

# Argentina: Prestación de Servicios Especializados para Apoyar el Desarrollo de una Hoja de Ruta para la Generación de Energía a partir de la Industria de la Caña de Azúcar

---

## Reporte Final

*Versión Preliminar*

Preparado para ONUDI



Autor: ADALID ASESORES Y CONSULTORES (ADAYC)

Cliente: ONUDI  
Ozunimi Iti (Gerente de Proyecto)  
Franz Mayer de la Rosa (ONUDI PAGE, Viena)  
Alessandra Bravin (Oficial de Adquisiciones)  
Gillian Ocampo-Goetzinger (N/A)  
María Pía Alonso Ribas (ONUDI/ PAGE, Oficina Regional))

Contraparte nacional: Dirección de Industria Sostenible  
del Ministerio de Desarrollo Productivo  
Santiago Borgna (Director)  
María Florencia Walger

## Hoja de control

### **Autores**

### **Función**

Vitor Ribeiro (autor)

Experto en cogeneración, biomasa, biogás, medioambiente y economía circular

Miguel Ullívarri (coautor)

Eduardo León (coautor)

Fernando Vilella (coautor)

### **Verificado**

### **Función**

Alejandro Gallino

Líder de proyecto/equipo

### **Aprobado**

### **Función**

Santiago Mirabal

Experto en cogeneración y biocombustibles

## Revisiones

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Modificaciones</b>
0	02.10.2022	-

## Glosario

<b>AELL</b>	Electrólisis alcalina	<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrato
<b>AEMEL</b>	Electrólisis de membrana de intercambio anionico	<b>NPV</b>	Valor presente neto
<b>AEP</b>	Ahorro de Energía Primaria	<b>OACI</b>	Organización de la Aviación Civil Internacional
<b>ATJ</b>	Alcohol para biojet	<b>OFC</b>	Captura de oxígeno
<b>ATJ-SPK</b>	Alcohol para biojet queroseno parafínico sintético	<b>OPEX</b>	Gastos operativos o de explotación
<b>Brownfield</b>	Situación de base ya con estructuras preexistentes	<b>PBG</b>	Producto Bruto Geográfico
<b>CAPEX</b>	Gasto en capital	<b>PCC</b>	Captura post-combustion
<b>CCU</b>	Captura y utilización de carbono	<b>PEM</b>	Membrana de intercambio de protones
<b>CCS</b>	Captura y almacenamiento de carbono	<b>PEMEL</b>	Electrólisis de membrana de intercambio de protones
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano	<b>PtCH<sub>4</sub></b>	Energía a metano
<b>CHP</b>	Calor y potencia combinados	<b>PtX</b>	(o P2X) Energía-a-x
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	<b>RAC</b>	Residuo Agrícola de Cosecha o Malhoja
<b>CNF</b>	Nanofibrillas de celulosa	<b>RE</b>	Energía Renovable
<b>CO</b>	Monóxido de carbono	<b>RSU</b>	Residuos Solidos Urbanos
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono	<b>SAF</b>	Combustibles sostenibles de aviación
<b>COD</b>	Demanda química de oxígeno	<b>SCC</b>	Carboxilato de cadena corta
<b>CORSIA</b>	<i>Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation</i>	<b>SFC</b>	Torta de filtro de cana de azúcar
<b>CSTR</b>	Reactor continuo de tanque agitado	<b>SiC</b>	Carburo de silicio
<b>DA</b>	Digestión anaeróbica	<b>SiO<sub>2</sub></b>	Óxido de silicio
<b>DVPE</b>	Equivalente de presión de vapor seco	<b>Si(OH)<sub>4</sub></b>	Silice
<b>ECN</b>	Centro de investigación de energía de los Países Bajos	<b>Si(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O</b>	opalo-A
<b>FT</b>	Fischer-Tropsch	<b>SOEL</b>	Electrólisis de óxido solido
<b>FTV</b>	Fotovoltaica	<b>SIP</b>	Iso-parafina sintética
<b>GEI</b>	Gases de efecto de invernadero	<b>SRT</b>	Tiempo de retención solido
<b>GN</b>	Gas Natural	<b>ST</b>	Solidos totales
<b>Greenfield</b>	Situación de base sin estructuras preexistente	<b>SV</b>	Solidos volatiles
<b>HEFA</b>	Ésteres y ácidos grasos hidroprocesados	<b>TIR</b>	Tasa Interna de Rentabilidad
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfato de Hidrógeno	<b>TKN</b>	Total Nitrógeno Kjeldahl
<b>HRT</b>	Tiempo de retención hidráulica	<b>TRB</b>	Reactor de lecho de goteo
<b>HVO</b>	Aceites vegetales hidrotratados	<b>TRE</b>	Tasa de retorno energético
<b>IEA</b>	Agencia Internacional de Energía	<b>TRL</b>	Nivel de preparación tecnológica
<b>INTI</b>	Instituto Nacional de Tecnología Industrial	<b>UASB</b>	Manto de lodo anaeróbico de flujo
<b>IP</b>	Índice de productividad	<b>UE</b>	Unión Europea
<b>IPP</b>	Productor Independiente de Electricidad	<b>Up-front costs</b>	Costos iniciales de desarrollo de proyecto
<b>IRENA</b>	Agência internacional para las energías renovables	<b>WBA</b>	Asociación Mundial de Bioenergía
<b>KOH</b>	Hidróxido de potasio	<b>VRE</b>	Electricidad renovable variable
<b>LCOE</b>	<i>Levelized cost of electricity</i>		
<b>Lenders</b>	Bancos de financiación		
<b>MCC</b>	Carboxilato de cadena media		
<b>MEM</b>	Mercado Eléctrico Mayorista		
<b>MER</b>	Tasa de evolución del metano		
<b>MFSP</b>	Precio mínimo de venta de combustible		
<b>Mt</b>	Tonelada métrica		
<b>MTBE</b>	Éter metil-terc-butílico		
<b>MW</b>	Megavatio		
<b>NA</b>	No Aplica		
<b>NDC</b>	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional		
<b>NFC</b>	Compuestos de fibras naturales		
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoníaco		
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Oxido nitroso		

## ÍNDICE

Glosario 3	
1. RESUMEN EJECUTIVO Y PRINCIPALES CONCLUSIONES .....	6
1.1. Presentación del Estudio.....	6
1.2. El volumen de producción.....	7
1.3. El sector agrícola .....	8
1.4. El Sector Industrial.....	10
1.5. El RAC y su utilización .....	10
1.6. La energía. Nuevas cogeneraciones .....	11
1.7. La Energía. Cogeneradores existentes.....	12
1.8. La producción de bioetanol .....	13
1.9. La producción de biojet (SAF) .....	14
1.10. La gestión de residuos y el medio ambiente .....	15
1.11. El procesamiento de efluentes. ....	15
1.12. Aspectos generales .....	16
1.13. Resumen de reducciones de GEI .....	18
2. PANORAMA DE LA INDUSTRIA SUCRO ALCOHOLERA .....	19
2.1. Áreas de siembra .....	19
2.2. Métodos de siembra.....	20
2.3. Métodos de labranza .....	20
2.4. Métodos de cosecha.....	21
2.5. Variedades transgénicas .....	24
2.6. El RAC y su utilización .....	25
2.7. La Energía. Nuevas cogeneraciones .....	26
2.8. La Energía. Cogeneradores existentes.....	26
2.9. La producción de bioetanol .....	28
2.10. La producción de biojet .....	32
2.11. La gestión de residuos.....	41
2.12. El procesamiento de efluentes .....	43
3. LA INDUSTRIA SUCRO ALCOHOLERA EN ARGENTINA.....	45
3.1. Áreas de siembra .....	45
3.2. Métodos de siembra.....	60
3.3. Métodos de labranza .....	70
3.4. Métodos de cosecha.....	80
3.5. Variedades transgénicas .....	103
3.6. El RAC y su utilización .....	105
3.7. La Energía. Nuevas cogeneraciones .....	116
3.8. La Energía. Cogeneraciones existentes .....	116
3.9. La producción de bioetanol .....	118
3.10. La producción de biojet .....	143
3.11. La gestión de residuos.....	143
3.12. El procesamiento de efluentes .....	149
4. RECOMENDACIONES .....	174
4.1. Áreas de siembra.....	174



4.2.	Métodos de siembra.....	176
4.3.	Métodos de labranza .....	176
4.4.	Métodos de cosecha.....	177
4.5.	Las variedades transgénicas .....	179
4.6.	El RAC y su utilización .....	179
4.7.	La Energía. Nuevas cogeneraciones .....	179
4.8.	La Energía. Cogeneraciones existentes .....	188
4.9.	La producción de bioetanol.....	190
4.10.	La producción de biojet .....	190
4.11.	La gestión de residuos.....	191
4.12.	El procesamiento de efluentes .....	192
4.13.	Resumen de Recomendaciones .....	193
5.	HOJA DE RUTA.....	196
5.1.	Objetivo de la Hoja de Ruta .....	196
5.2.	Parámetros condicionantes .....	197
5.3.	Parámetros operativos.....	214
5.4.	Los escenarios.....	215
5.5.	Los resultados .....	216
5.6.	La Hoja de Ruta.....	226
	ANEXO A. ECONOMÍA CIRCULAR. EL CICLO DE PRODUCCIÓN .....	232
	ANEXO B. AGRONOMÍA. PRODUCCION DE CAÑA Y VARIEDADES GENÉTICAS .....	253
	ANEXO C. AGRONOMÍA. ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y LA INDUSTRIA.....	261
	ANEXO D. EL PROCESO INDUSTRIAL .....	274
	ANEXO E. EL BIOETANOL.....	295
	ANEXO F. ACTAS DE REUNIONES .....	313
	ANEXO F.1. Acta de la reunión del 27 de junio de 2022.....	313
	ANEXO F.2. Acta de la reunión del 01 de julio de 2022.....	316
	ANEXO F.3. Acta de la reunión del 6 de julio de 2022 .....	319
	ANEXO F.4. Acta de la reunión del 04 de julio de 2022.....	323
	ANEXO F.5. Acta de la reunión del 18 de julio de 2022.....	326
	ANEXO F.6. Acta de la reunión del 18 de julio de 2022.....	328
	ANEXO F.7. Acta de la reunión de 19 de julio de 2022. ....	331
	ANEXO F.8. Acta de la reunión de 22 de julio de 2022. ....	333
	ANEXO F.9. Acta de la reunión del 8 de agosto de 2022. ....	336
	ANEXO F.10. Acta de la reunión del 8 de agosto de 2022. ....	338
	ANEXO F.11. Acta de la reunión del 25 de agosto de 2022. ....	339
	ANEXO G. BASE DE DATOS .....	342
	ANEXO H. MEMORIAS DE CÁLCULO COMPLEMENTARIAS.....	350
	ANEXO I. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	355
	ANEXO J. DOCUMENTACIÓN RECOPIADA .....	361

## 1. RESUMEN EJECUTIVO Y PRINCIPALES CONCLUSIONES

### 1.1. Presentación del Estudio

El presente resumen ejecutivo pretende describir las actividades, análisis realizados y recomendaciones resultantes de la ejecución del contrato Contrato Nro. 30000101399 entre LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONU DI) y ADALID ASESORES Y CONSULTORES (ADAYC), ONU DI Project No.: 130090, cuyo objeto es la **Prestación de Servicios Especializados para Apoyar el Desarrollo de una Hoja de Ruta para la Generación de Energía a partir de la Industria de la Caña de Azúcar.**

El presente Estudio dio inicio con una acabada revisión de la literatura e identificación de los datos disponibles más recientes y de los recursos técnicos de avanzada, tanto en Argentina como a nivel internacional.

Con el fin de realizar la actualización de la información disponible, recabar información el estado de la situación actual y sus perspectivas, se mantuvieron reuniones con los sectores productivos y referentes del sector azucarero de la Argentina. Se destaca que se han gestionado once reuniones con calificados interlocutores del sector, teniendo en consideración su participación en cada uno de los segmentos de la producción e industrialización de la caña de azúcar. De ese modo se tomó contacto directo con protagonistas de los siguientes sectores.

- Desarrollo tecnológico e investigación
- Producción Agropecuaria.
- Agroindustrial integral
- Agropecuario cosecha y transporte de caña
- Procesamiento industrial de efluentes
- Cámaras empresarias del azúcar
- Producción y comercialización de energía eléctrica y combustibles.

De cada una de las reuniones mantenidas se ha redactado un Acta con detalle de los temas tratados, que se adjuntan como Anexo de este Estudio.

En el presente Estudio fueron reconocidos los beneficios potenciales generados para los principales actores de la cadena de valor que gestionan y utilizan alguno de los productos elaborados a partir de la actividad sucro alcoholera. Los informes correspondientes a cada actividad se presentan en este Reporte Final en calidad de Anexos, cuya temática seguidamente se resume.

Los informes correspondientes a cada actividad se presentan en este Reporte Final en calidad de Anexos, cuya temática seguidamente se resume.

Se han identificado y descrito cada una de las componentes del ciclo de la caña de azúcar desde el laboreo, plantación, cosecha, proceso industrial de producción de azúcar y de bioetanol. Se han reconocido las modalidades de trabajo que se desarrollan actualmente en la Argentina y plantear los nuevos desarrollos en cada segmento, con especial evaluación de su posible aplicación en la Argentina.

Desde el punto de vista de la estructuración de una economía circular se han contemplado los recursos no utilizados y los residuos, a la luz de procesos de recuperación, reciclaje y reúso, sobre la base de aplicaciones no tradicionales o procesos que se muestran con un desarrollo futuro auspicioso.

Se ha contemplado permanentemente el aspecto social y ambiental, tanto en la situación actual como en las medidas estudiadas de posible futura implementación.

De modo general se destaca que la diversificación del uso de la caña de azúcar, además de la obtención de un producto fundamental de la alimentación humana, constituye materia prima energética, que es objeto de este estudio. Además, la caña de azúcar se ha convertido en un sistema biológico orientado a la biosíntesis de productos novedosos como proteínas de valor farmacológico, biopolímeros y carbohidratos de alto valor, además de sustitutos de azúcar

El cultivo de caña de azúcar no solo es un muy productivo proveedor de alimentos, combustibles y productos químicos, sino que también genera un importante volumen de residuos, desde el RAC hasta la vinaza, muchos de los cuales pueden ser reconvertidos en productos de utilidad para la actividad económica, a la par que dicha reutilización constituye un mecanismo de mitigar el impacto ambiental que la deposición de tales residuos generaría.

Asimismo, se presentan las posibilidades de eficiencia energética sobre la base de las instalaciones existentes.

En cuanto al índice de productividad se destaca que los suelos con drenajes pobre demandan una sistematización en el diseño de los campos, rápida eliminación del agua superficial con red de drenajes y como mejora mayor, la tecnología de drenajes subterráneo permitiría que estos suelos recuperan producción equivalente a suelos bien drenados.

Las mejoras tecnológicas en las tareas de campo no son generalmente de alto costo sino más bien procesos de buen manejo, realizados oportunamente, que impactan de manera directa en los resultados productivos. Esto también es evaluado con la rentabilidad comparativa entre distintos niveles de productividad. Se recomienda una mejora de la gestión varietal, fertilización adecuada a la demanda del cultivo, el control de enfermedades, gestión eficiente de la cosecha, adecuada administración del RAC (residuo agrícola de cosecha), riego gravitacional y utilización de energías renovables.

La opción del uso energético del RAC conforma la alternativa de mayor proyección, si bien la de mayor costo asociado a su implementación. Incorporar RAC al proceso de combustión o digestión contribuye, además de eliminar el exceso de material orgánico que queda en los campos post-cosecha, permite completar la carga de las calderas bagaceras destinadas a producir energía que consumen los ingenios azucareros y las destilerías de etanol.

Asociado a la producción de bioetanol, la vinaza representa al mismo tiempo un problema y una oportunidad. Si bien actualmente la disposición de la vinaza está controlada mediante el ferti riego, el esperable incremento de producción de bioetanol a futuro, generará mayor cantidad de vinaza, que requerirá implementar otras soluciones.

Desde el punto de vista forrajero, la caña de azúcar es un forraje de bajo costo relativo, debido a sus altos rendimientos por unidad de superficie; asimismo, constituye una buena alternativa cuando otros forrajes escasean, dado su estabilidad en la composición nutricional conforme avanza el tiempo.

La vinaza presenta un amplio panorama en cuanto a los tratamientos para su aprovechamiento energético, compostaje y fertilizantes. Se destaca la potencialidad para la ganadería la utilización de levaduras proteicas que pueden ser obtenidas a partir de la reutilización de residuos de la caña de azúcar.

En cuanto al bioetanol se destaca la importancia económica que reviste para el sector privado como parte integral del proceso de industrialización de la caña. Los niveles de producción se encuentran asociados a medidas externas al sector como niveles de corte y precios de transacción. Se reconoce que es un producto que presenta ventajas medioambientales en su uso para la movilidad como sustituto de combustibles fósiles, complementando el proceso de electromovilidad, perspectivas de uso aeronáutico y una variedad de aplicaciones como insumo de otras industrias.

En este Estudio se profundizan los conceptos planteados y se proporciona un panorama internacional, perspectivas de evolución, las características particulares de la actividad en la Argentina con recomendaciones de aplicación en la realidad nacional y una ponderación de beneficios. Finalmente se efectúan pronósticos en cada una de las actividades de la cadena de valor, planteando escenarios de la actividad sucro alcoholera, plasmados en una hoja de ruta.

Seguidamente se presenta un resumen de los principales conceptos en cada segmento de la actividad.

## **1.2. El volumen de producción**

Un análisis del mercado internacional de azúcar mostraría a mediano plazo un equilibrio entre la producción y la demanda de sus productos. Esto se sostendría por transferencia de azúcar a bioetanol y crecimiento principalmente del consumo interno de China y la India, atento a la restricción de sus exportaciones para afrontar demanda interna.

En la Argentina entre 2004 y 2020, incrementó el área bajo producción un 37,7 % y la productividad de toneladas de caña por hectárea solo creció un 2,25 %. En tanto que el rendimiento de azúcar por ciento caña muestra una caída del 7 %. Ambos parámetros provocaron un decrecimiento de 302 kilos de azúcar por hectárea.

Los desarrollos tecnológicos a lo largo de 16 años no han impactado en los procesos productivos de la manera esperada. Un escenario hacia el futuro con mayor demanda de azúcar y bioetanol presenta dos alternativas. La expansión del área de siembra o crecimiento vertical, que implica una mayor productividad.

La expansión se podría realizar hacia áreas menos productivas y más alejadas, que implica mayor costo logístico, bajas producciones y mayor incertidumbre. Esto implicaría el incremento de costos fijos.

El crecimiento vertical exige la adopción de mejoras tecnológicas y competirá por recursos con los afectados a la expansión. Las prácticas agrícolas actuales que afectaron productividad se trasladaran a la expansión y el resultado sería un incremento de caña, no proporcional al incremento de superficie con mayores costos por tonelada de caña y de azúcar.

En cuanto a la opción crecimiento vertical se aplican recursos al área actual bajo cultivo, se asignan recursos para identificar factores limitantes a la productividad y se incorporan nuevos desarrollos tecnológicos. El resultado sería un incremento de productividad, menores costos por tonelada de caña y toneladas de azúcar, reducción de incidencia de costos fijos. Esto resulta de alto impacto en reducción de consumos de combustibles en las tareas agrícolas al incrementar la productividad y mejorar los rendimientos

Una clara recomendación es que el crecimiento en superficie debe ser precedido por la adopción de mejores prácticas agrícolas que generen buenos resultados productivos.

### **1.3. El sector agrícola**

Se recomienda la implementación de buenas prácticas de preparación de suelos y sistematizar un diseño de plantación a mantener en el tiempo de idéntico diseño, avanzar hacia preparación de suelos en franja y adoptar implementos de labranza profunda con mínima potencias, de acuerdo con las experiencias del INTA Famailla.

Se reconoce que la compactación de la tierra es un aspecto que tiene un impacto significativo en la merma del potencial de rendimiento de cultivo de la caña. El sistema de producción de cultivo actual con un espaciado de filas de 1.6 m tiene como resultado la compactación de más del 83% del terreno debido a las ruedas durante la operación de cosecha mecanizada. La adopción de un sistema de guía GPS desde el diseño inicial permitiría un tránsito por las líneas entre surcos evitando la compactación, tanto a los equipos de cosecha como a los de transporte. La proporción del campo compactado se reduciría hasta aproximadamente el 35%.

En cuanto a las recomendaciones en la plantación, toda plantación debería realizarse con semilla proveniente de semilleros certificados, ante falta de mano de obra, desarrollar plantación mecánica. Es recomendable avanzar con plantación a partir de plantines, con mínimo uso de semilla, que proporciona mayor calidad de plantación con mínima energía invertida y alta ocupación de mano de obra con equidad de género, en la preparación de plantines.

La renovación realizada cada 5 o 6 años, intercalando leguminosas entre renovaciones y que la caña semilla provenga de semilleros núcleos certificados.

Es recomendable la sistematización de los campos para erradicar excesos de agua y reducir afectación por napa freática. La fertilización según dosis recomendada a partir de evaluación de limitantes edáficos, napa freática, sales y materia orgánica.

Es deseable incorporar modelos productivos bajo cobertura sin incorporar como modelo ideal, con concepto de mínima labranza. El modelo productivo de cosecha en verde, incorporando RAC ante riesgo de quema es modelo posible y deseable. Fomentar el extensionismo al sector productivo, trasladar investigación al sector productivo y evaluar transferencia efectiva, tipo Modelo Crea.

Las variedades transgénicas se deben incorporar al modelo productivo de caña de azúcar. Brasil lidera este desarrollo con una fuerte inversión y sostenimiento financiero. Argentina debería seguir el modelo y en lo posible avanzar en integraciones estratégicas comunes.

En el corto y mediano plazo la biotecnología impactara en control de plagas y enfermedades como también resistencia a herbicida. Se descuenta que impactara en aumento de toneladas de caña, de rendimiento sacarino y en incremento de fibra. La alta diversidad genética de la caña demandara seguramente tiempos mayores de investigación.

Debe tenerse en consideración que las alternativas transgénicas no reemplazan malas prácticas agrícolas. Son fuertemente complementarios bajo buenas prácticas agrícolas.

Se recomiendan buenas prácticas de cosecha, esto es cosechas bajo criterio de mínima pérdida por limpieza de caña, incorporación paulatina de máquinas cosechadoras de última generación. Estos equipos cumplen doble función, cosechar y generar información de resultados:

- Genera mapa de productividad de cada lote.
- Consumo específico combustible según tarea.
- Control de pérdida de caña por limpieza.
- Conectividad a distancia en tiempo real.
- Aplicación de inteligencia artificial para asistencia remota.

Para pequeños productores deben generarse las condiciones que permitan adoptar e incorporar la cosecha mecanizada con maquina no autopropulsada, modelo INTA. Esto elimina quema, reduce costos y mejora calidad de materia prima.

El transporte de la caña es diferente en el Norte, Salta y Jujuy, que en Tucumán que resulta de menor eficiencia, que se recomienda sea mejorado con mayor eficiencia y de ese modo reducir costos.

En el sector agrícola es recomendable sostener y fortalecer las Instituciones de investigación y transferencia efectiva, que permitan la aplicación y generación de cambios. Téngase en cuenta que investigación sin transferencias es costo y no valor agregado. Los pequeños productores son los más alejados de buenas prácticas y debe ser el grupo de mayor interés para la transferencia de tecnologías agrícolas.

El desarrollo de la máquina de cosecha de caña entera no autopropulsada debe continuar y alcanzar estatus y disponibilidad comercial. Es una herramienta indispensable para productores chicos.

Las líneas de fomento al sector agrícola deben promover posibilidades de acceso al crédito a cooperativas ya constituidas o en formación, estimulando su capacidad de asociatividad. Se debe promover estímulos al acceso de nuevas tecnologías que colaboren con el sector de pequeños productores.

El programa como el desarrollado a través de PROICSA o similares, debe continuar para asistir a pequeños productores. Es imprescindible que se integren a la producción con capacidades productivas competitivas y sostenibles en el tiempo. Acceso a nuevas variedades, información de nuevas tecnologías, capacitación y estímulos a la integración tanto productivas como comercial y de gestión, son acciones para desarrollar para este numeroso grupo de pequeños agricultores.

Las medidas propuestas significan un ahorro de uso de combustibles en el laboreo, siembra, cosecha y transporte que redundan en una mejor ecuación energética y en emisiones de GEI

#### 1.4. El Sector Industrial

Resulta importante eliminar contrataciones de comercialización donde la calidad de la materia prima no este contemplada. Es beneficioso acordar con el sector productivo niveles de trash que contribuyan con la menor perdida de azúcar en campo al momento de cosecha. Se posibilita así incrementar la eficiencia de recuperación de azúcar ya que a mayor proporción de trash, mayores pérdidas en la industria.

Se recomienda la separación de trash en ingreso de caña a molienda como la herramienta más efectiva. Esto redundará asimismo beneficiosamente en la producción energética.

Es conveniente compartir con productores en tiempo real información de calidad de materia prima ingresada, mediante la incorporación de Core Sample.

La eficiencia  
La cogeneración existente  
El uso del GN  
La cogeneración nueva  
La co-combustión  
El uso del RAC  
Los GEI  
La energía eléctrica entregada a la Red. Los GEI

#### 1.5. El RAC y su utilización

Brasil cuenta con buena experiencia en la gestión de RAC, Residuo Agrícola de Cosecha, con fines energéticos y se han desarrollado industrias para producción de bioetanol de segunda generación, pero estas tecnologías aun presentan problemas tecnológicos asociados al tiempo de digestión de carbohidratos complejos.

El porcentaje de hojas y despuntas representan entre el 26 al 32 % del total del vuelo del cultivo, parte aérea de la caña. En cuanto a su contribución nutricional y de materia orgánica, las hojas y despuntas contienen relevantes cantidades de Nitrógeno, Potasio y Fosforo. Si no se retira para su utilización energética, el RAC contribuye con nutrientes y como reposición de materia orgánica.

El promedio de RAC depositado post cosecha resulta, como promedio de 15 toneladas por hectárea, con alto grado de variabilidad. Contribuye a la conservación de humedad y reduce periodo de stress temporales. Además, la caña se desarrolla inicialmente sin competencia de malezas y por lo tanto reduce uso de herbicida por hectárea.

Recuperar el 50 % del RAC depositado en campo permitiría, con humedades menores al 30 % y bajo tenor de inorgánicos, reemplazar un decámetro cubico de gas natural con el aporte de 3 toneladas de RAC. Los valores resultan variables según eficiencias de calderas y calidad de RAC aportado.

El RAC en caldera de biomasa convencionales solo puede ser agregado con una participación del 20 % de aporte en calor junto al bagazo de caña. Mayores porcentajes de RAC, generarían material fundente que afectaría negativamente la operación e intercambio térmico de las calderas.

Esto restringe el uso de RAC solo al periodo de zafra. Para producción de energía en periodo interzafra con RAC se requerirá de nuevas calderas con tecnologías adaptadas a esta fuente.

Por lo tanto, resulta recomendable el uso energético del RAC, en hasta un 50 % del que se origina en campo y coleccionarlo con humedades reducidas por un corto periodo de oreado. El uso en calderas existentes puede sustituir el uso del gas natural actual mediante el quemado conjunto con el bagazo en una proporción máxima del 20 %.

Por otra parte, es una buena oportunidad de uso energético del RAC en mayor proporción en calderas proyectadas al efecto, que pueden de ese modo generar energía eléctrica en periodo interzafra.



## 1.6. La energía. Nuevas cogeneraciones

La cogeneración, como generador de energías eléctrica y térmica para la industria, es una actividad de capital intensivo, con periodos relativamente largos de retorno, y por lo tanto necesita para un su desarrollo, tener un régimen regulatorio transparente, estable, previsible y sostenible, entre otros aspectos, que confiera la seguridad para que los inversores privados reconozcan tener un límite aceptable de riesgo.

Además, siendo la cogeneración una actividad muy madura, los CAPEX específicos son bien conocidos y sus variaciones tienen tradicionalmente que ver con factores ajenos a la tecnología.

La cogeneración presenta ventajas sustanciales respecto a las tecnologías VRE como la eólica o la solar FTV, por lo que una comparativa simple solamente basada en conceptos como el LCOE, no es adecuada. De hecho, las comparativas entre los diferentes tipos de generación de electricidad son obviamente necesarios, pero no solamente comparando los precios posibles de venta de electricidad. Debe contemplarse la garantía de suministro de electricidad a un determinado precio, la garantía de potencia, la garantía de calidad de red, y la contribución para la reducción de GEI.

Por lo tanto, respecto a la cogeneración las ventajas que deberán tenerse en cuenta en una comparativa de contribución real total con las demás alternativas de generación de electricidad son las siguientes:

- ✓ Su disponibilidad
- ✓ Su estabilidad de generación de electricidad.
- ✓ Su producción conjunta de calor y electricidad.
- ✓ Su capacidad de generar empleo.
- ✓ Contribuir para una importante reducción de GEI.

En ese sentido, se recomienda la adopción por el sector público de las siguientes medidas:

La adopción oficial de un estatuto/marco regulatorio para la actividad de cogeneración.

La aceptación que toda la electricidad neta generada por la cogeneración, incluyendo la auto consumida por el usuario asociado, y no solo la electricidad excedente inyectada en la red tiene los mismos méritos medioambientales en la reducción de GEI.

La aceptación de concesión de precios fijos de venta de electricidad a la red, en conjunto con el tiempo garantizado para esos precios, durante un período retributivo.

Un sistema remunerativo en subastas con objeto de definir cual podrá ser el mejor precio ofertado o un sistema basado en precios garantizados de venta de electricidad a la red (o *FIT*).

La aceptación de adoptar una separación de medición de la electricidad consumidas por el industrial y neta generada por la cogeneración.

Que los precios de venta de la totalidad de electricidad neta a la red tengan idealmente una componente fija conectada con la componente "energía", y de otra componente variable función de la garantía de potencia.

En la aplicación de un nuevo estatuto/marco regulatorio específico para las nuevas cogeneraciones, se recomienda también el siguiente por parte del sector público:

Que sean revisadas y adecuadas las actuales alternativas las cogeneraciones existentes, a saber, los estatutos de autogenerador, cogenerador y autogenerador distribuido, con el objetivo de eliminar posibles conflictos de marco legal.

La ejecución de un estudio a un nivel nacional, de la totalidad del potencial de instalación de nuevas cogeneraciones por sectores de actividad económica.

Con base en el conocimiento de los desfases de instalación de la tecnología cogeneración por sector de actividad económica, el sector público estará en condiciones de conceder, de una forma equilibrada entre sectores de actividad económica, cupos de licencias de nuevas potencias de cogeneraciones.

Respecto a la valoración del calor, la práctica habitual tomada como referencia en estudios semejantes en la UE, es la de cuantificar la cantidad de gas natural (y coste) necesaria para producir una cantidad igual de calor usando una caldera dedicada con un rendimiento térmico estándar.

La correcta valoración de los precios de venta a la red a establecer por nuevas cogeneraciones de alto rendimiento, serán superiores a los precios de mercado, siendo pues necesaria la adopción de un mecanismo que garantice la sostenibilidad de los pagos del extra-coste a los cogeneradores.

### **1.7. La Energía. Cogeneradores existentes.**

La adopción por parte de los cogeneradores de las medidas de seguida recomendadas conlleva la aceptación no solo de inversiones (CAPEX) que en algunos casos podrán ser importantes, función de la complejidad de la medida a adoptar, como también a costes añadidos de operación (OPEX).

Aunque una parte del retorno de las inversiones necesarias para implementar estas medidas pueda resultar de los ahorros internos que las mismas generan, ese ahorro podrá no ser suficiente para justificarlas.

Todavía, la adopción de estas medidas conlleva igualmente a un correspondiente ahorro de emisión de GEI, y como tal contribuyendo para las metas del Estado Argentino en términos de reducción de huella de carbono y de las NDC. Por lo tanto, será lícito por parte de los cogeneradores esperar que el Estado Argentino reconozca esta contribución, y la compense, complementando las necesidades de retorno de capital invertido.

Se recomiendan entre otras las siguientes medidas:

- a. Reemplazo de quema de gas natural por quema de RAC "verde".  
En términos generales, las actuales cogeneraciones de baja presión nominal de vapor (23 bar) tienen un bajo rendimiento de conversión térmica y eléctrica asociado a la presión del ciclo. Por lo tanto, y con objeto de producir la energía eléctrica para el proceso que la quema sola del bagazo no logra suministrar, estas cogeneraciones utilizan la capacidad sobrante de las calderas para quemar un combustible fósil que además de ser caro, emite GEI, este es el Gas Natural.  
  
En consecuencia, se recomienda que los actuales ingenios con calderas de bajo rendimiento térmico y eléctrico de quema de bagazo sustituyan la quema de GN por RAC.
- b. Incremento de la eficiencia de conversión eléctrica de centrales de baja presión por su cambio por centrales con al menos una presión nominal de vapor de 63 bar.  
En alternativa a la medida recomendada antes. los cogeneradores existentes tienen la posibilidad de cambiar su ciclo de bajo rendimiento, de 23 bar de presión nominal de vapor, por un ciclo de más alto rendimiento, de al menos 63 bar de presión nominal de vapor, lo que podría posibilitar lograr una auto suficiencia energética del usuario industrial sucro alcoholero, y reservar la utilización del RAC para otras soluciones, igualmente con valor añadido de un punto de vista económico y ambiental.
- c. Uso adicional de RAC para generación de energía eléctrica "verde" para la red.  
Existe una tercera medida alternativa de desarrollo, correspondiente a la utilización de las disponibilidades de RAC para la generación de la electricidad "verde" para la red, definiendo dentro del concepto de "disponibilidad", las cantidades de RAC no utilizado para generar vapor para el proceso.



En esta tercera medida, lo ideal será operar todo el año, con excepción obvia de un período normal y oficialmente aceptado como de "mantenimiento técnico anual", para así inyectar siempre la misma potencia "verde" a la red.

### 1.8. La producción de bioetanol.

En el comercio mundial de bioetanol, los Estados Unidos son el principal exportador con 51% de participación, seguido de Brasil, 22%, y la Unión Europea, 8%. Respecto a las importaciones, la UE se ubica en primer lugar, 16%, seguido por Canadá, 14%, y Estados Unidos, 13%. EEUU exporta bioetanol de maíz y entre los que importa se incorpora bioetanol de caña de azúcar.

De la producción mundial de maíz, el 14% se deriva a producción de bioetanol y para la caña de azúcar la proporción alcanza al 18%.

A nivel nacional los porcentajes de participación actual de maíz y caña otorgados por decisión nacional en el marco de la Ley es el 6% para cada producto, en el total de naftas estimadas a consumir cada año. Este porcentaje de corte fue variando en los últimos diez años.

La producción máxima de bioetanol a partir de caña fue de 553 mil m<sup>3</sup> de en año 2017, asociado a un año de buena producción de caña, además de cumplimentarse la proporción asignada a cada origen.

La mejora de la productividad de caña por hectárea y la mejora de rendimiento de azúcar en caña en 1/2%, para el mismo tonelaje de caña representa un plus de azúcar equivalente a 65,5 mil m<sup>3</sup> de alcohol.

En la medida que las situaciones de mercado lo demanden, la producción de bioetanol se podrá adaptar en cuanto a la producción agrícola y la industria, que deberían implementar un proceso de mejora y ampliaciones posible, ya logrado años atrás.

El marco legal que establece la nueva Ley de biocombustibles, Nro. 27640 expresa que *"la autoridad de aplicación arbitrará los medios necesarios para sustituir la importación de combustibles fósiles con biocombustibles, con el objeto de evitar la salida de divisas, promover inversiones para la industrialización de materia prima nacional y alentar la generación de empleo"*

Es recomendable que desde los referentes del sector y de la región se efectúen las gestiones que den cumplimiento al mandato de los legisladores. Estas medidas no se están llevando a cabo en la actualidad.

Resulta relevante recordar que la balanza comercial de exportación – importación de naftas entre 2017 al 2021 muestra un promedio a favor de importaciones de 514.000 m<sup>3</sup> por año. Frente a esta situación, el bioetanol podría incrementar su participación hasta un 15%, sin inconvenientes. Además, el parque automotor actual admitiría un corte de hasta 20% sin inconvenientes técnicos y sin límites de corte si se autorizara la movilidad Flex, cuyos motores ya se fabrican en el país.

En cuanto al aspecto ambiental el bioetanol a partir de caña de azúcar, su TRE (tasa de retorno energético) resulta atractiva. Varía entre 8 y 11 unidades energéticas entregadas por cada unidad energética aportada para su elaboración. Esta variación depende del uso o no de subproductos como vinaza o RAC con fines energéticos.

Cada empresa productora tiene su propia TRE, dependiendo de sus prácticas agrícolas e industriales como insumos y energía aplicada en cada etapa de estos procesos. Es importante desarrollar e implementar un modelo de certificación que garantice la tasa de mitigación por cada m<sup>3</sup> aportado a la matriz energética.

Para el caso del maíz en la provincia de Córdoba, INTA e INTI determinaron y certificaron que el etanol de maíz cuadruplica la energía invertida en el proceso productivo.

Actualmente se registran inconvenientes para efectuar los cortes, asociados con precios que dependen de la autoridad de aplicación, de la disponibilidad y del transporte.

Se recomienda gestionar una modalidad de fijación de precios retributiva, que tenga en consideración los costos asociados al proceso y las diferencias con el maíz, el establecimiento de cupos, sostenibles en el tiempo para generar reglas claras.

Sobre esta base se generaría la decisión de incrementar la capacidad instalada de producción y se deberían mejorar la capacidad y costos de transporte. Actualmente solo la cuarta parte de la producción de bioetanol se mezcla en la Provincia de Tucumán, el resto se procesa en Litoral y vuelve al NOA. Por lo tanto, se recomienda realizar el transporte de naftas a Tucumán y ampliar la capacidad de mezclado en el NOA para evitar el doble transporte.

Actualmente toda la producción de bioetanol se realiza en camiones. Por lo tanto, se considera una oportunidad recomendable poder utilizar un ducto existente que se encuentra fuera de operaciones. En la Localidad de Caimancito Jujuy, existe un ducto, hoy a cargo de Transportadora de Gas del Norte, que enlaza dicho punto con Refinor en Banda del Río Salí de Tucumán. Esta propuesta fue analizada con la Empresa Refinor en año 2019 como alternativa potencial a ser evaluada. Es interesante además analizar la alternativa de bitrenes.

### **1.9. La producción de biojet (SAF)**

Entre los SAF (Sustainable Aviation Fuel) se destaca el biojet, un tipo de biocombustible que ya se está fabricando a partir de residuos biológicos orgánicos. En otras palabras, para su obtención se pueden aprovechar los desechos de industrias como la agricultura o la ganadería, así como la basura doméstica o las actividades relacionadas con limpieza, mantenimiento y trabajos forestales.

En la Argentina no cuenta con proyectos para la promoción de la utilización de combustibles de aviación sostenible, SAF, como una herramienta para reducir la huella de carbono a corto plazo. En este sentido, sólo se organizó un grupo de trabajo y se firmaron convenios con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), pero aún no hay certezas sobre su potencial utilización en el mercado argentino.

La Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), dispuso la aprobación del texto de la Edición 2021 del "Plan de Acción del Estado Argentino para la Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub> en la Aviación", que refuerza el compromiso de la República Argentina con los objetivos planteados en relación a las emisiones de CO<sub>2</sub> y al cambio climático. Pero en este Plan solo se consideran medidas sobre la renovación de la flota, eficiencia en la gestión aeroportuaria, la renovación de aeropuertos, la instalación de radares primarios, secundarios y meteorológicos, y la optimización del espacio aéreo. Pero no se contempla el uso de combustibles de bajas emisiones.

Además de reducir emisiones, la principal ventaja de este biocombustible es que constituye una solución inmediata, ya disponible para los aviones y para otros medios de transporte.

La Comisión Europea presentó el paquete de medidas Fit for 55, que incluye la iniciativa RefuelEU Aviation, cuyo objetivo es impulsar la oferta y demanda de combustibles de aviación sostenibles en la Unión Europea, alcanzando un uso del 2% en 2025, del 5% en 2030 y del 63% en el año 2050.

Se necesitarán políticas ambiciosas, estables y relevantes a nivel internacional para que se produzca un aumento significativo de la producción y el uso de los biocombustibles. En varios informes recientes se han evaluado los tipos de políticas que se necesitarán para aumentar la producción y el uso de los biojets.

Dichas políticas tendrán que hacer frente a factores como la economía desfavorable, la disponibilidad limitada de materias primas, la competencia de otros usos de combustibles con bajas emisiones de carbono y las tecnologías inmaduras, que actualmente limitan el uso de combustibles sostenibles para la aviación, incluido el biojet.

La aviación internacional está bajo la jurisdicción de la OACI y es probable que sea más difícil de aplicar. Este "sistema de doble política" probablemente supondrá una carga administrativa adicional para las compañías aéreas y podría dar lugar a anomalías. Por ejemplo, el sistema de compensación CORSIA se aplica a los vuelos internacionales, mientras que los impuestos nacionales sobre el carbono/combustible pueden aplicarse a los vuelos nacionales según la normativa local.

Sin embargo, la tecnología para la fabricación de biojet está disponible. Ocurre que existe una competencia entre el gasoil obtenido por esta vía y el biojet. De tal manera, a menos que exista una política que favorezca el uso de éste, su expansión aun utilizando el proceso HEFA está muy limitado.

Una barrera relevante es que para todos los productos clasificados como biojet, el precio mínimo de venta es significativamente mayor que su equivalente derivado de combustibles fósiles. Estas cuestiones podrán ser resueltas en el futuro, cuando las tecnologías avancen, se reduzcan los costos de las materias primas, se optimicen las cadenas de abastecimiento y se obtengan mayores rendimientos finales. No obstante, y a pesar de estas mejoras que se puedan alcanzar en el tiempo, el costo del combustible biojet estará siempre ligado a las políticas que incentiven su producción y uso.

Del conjunto de tecnologías que han sido certificadas por ASTM, solo HEFA está actualmente dominando el mercado y se cree que lo hará por los próximos 5-10 años hasta que otras tecnologías estén suficientemente maduras como para ingresar, para luego ir retrocediendo a medida que las otras tecnologías brinden sus resultados.

Debido al relativo bajo grado de maduración de una tecnología competitiva y las indefiniciones en el panorama de la Argentina en el uso del biojet, no se consideró el mercado que puede constituir este combustible en el presente Estudio.

### **1.10. La gestión de residuos y el medio ambiente**

Las industrias, donde la producción, la calidad y costo constituían las directrices empresarias, hoy adquieren relevancia los aspectos de sostenibilidad, agenda ambiental, gestión ambiental, mejora continua, conservación, mitigación, certificación, comunidad, capacitación e innovación.

Esto ha permitido visualizar la importancia que, la gestión ambiental, tiene en el desempeño de las industrias. Se suma a ello, en la industria sucro alcohólica, el uso extenso del territorio donde se desarrolla la actividad productiva. El entorno ambiental toma un valor y es identificado como un bien a preservar, cuidar y mejorar.

El cambio climático por la evidencia de sus consecuencias puso sobre la gestión personal y colectiva, responsabilidades, ya no como meras sugerencias o ideas sino en compromisos asumidos por los países, que, a su vez, transfieren a los responsables de cada segmento productivo o de servicios del país.

El cambio, a distinto ritmo, se debe incorporar en las empresas, ya que es un factor determinante en sus resultados. Futuros créditos estarán condicionados a la verificación y validación de buen desempeño ambiental. Se plantean exigencias de publicar huella de carbono, declarando la emisión por unidad de producto, que incide en el aspecto comercial.

Frente a esto, el concepto de residuo cambió y cobró importancia en su real dimensión. Un residuo hoy es parte del proceso de gestión integral y se transforma en valor que, llevado a escala de empresa, no solo reduce pérdidas, sino que impacta en el modo de gestión industrial y en los resultados económicos.

Estos conceptos se han observado en el desarrollo del presente Estudio de tal modo que se puedan incorporar a medidas de desarrollo, desde el inicio del planteo de metas y objetivos de los cambios en complejo sucro alcohólico.

### **1.11. El procesamiento de efluentes.**

El principal efluente del proceso industrial está asociado a la elaboración del bioetanol, es la vinaza, que en realidad posee un elevado valor desde el punto de vista energético.

El tratamiento de vinaza dependerá del objetivo que se defina:

- Para generación de energía y reducción de la carga orgánica (DQO) hasta al menos 60% de su valor de base, será recomendable la biodigestión anaeróbica con producción de biogás,

siendo que el contenido de agua y nutrientes, incluyendo el potasio, continuará disponible para el ferti riego a través de la disponibilidad del digestato generado;

- También para la generación de energía, aunque más moderada respecto a la solución técnica anterior, y para la reducción de carga orgánica (DQO), aunque bastante más relevante respecto a la situación técnica anterior, será recomendable la combustión o co-combustión. En esta solución técnica, el potasio tendrá porcentajes semejantes de recuperación, aunque probablemente más bajos respecto a la situación anterior, pero la recuperación del nitrógeno irá seguramente a disminuir, teniendo en cuenta los mecanismos de formación de Fuel NOx en los procesos de combustión. Sin embargo, esta solución técnica novedosa, que aún tiene la necesidad de probar su capacidad de sobrepasar algunos aspectos técnicos expectables, podrá aún presentar dos conceptos distintos de implementación:
  - ✓ La solución puede ser implementada en un ámbito regional, a través de una central de combustión *greenfield*, recibiendo los flujos de vinaza de varios ingenios regionales a través de una vinaza ducto, y en este caso una posible solución de reutilización de los condensados resultantes del incremento de la concentración de la vinaza continuará siendo el ferti riego, o
  - ✓ La solución implementada integrada con un ingenio existente y entonces sería posible la reutilización de los condensados resultantes de la concentración de la vinaza en etapas del proceso productivo sucro alcoholero, sustituyendo consumos existentes de agua, pero no permitiendo el retorno de nutrientes a los campos.

Para generación de energía a partir de biogás, si se asume un tratamiento de 100.000 m<sup>3</sup> anuales de vinaza en biodigestor se producirían 65.000 kWh al año, utilizando moto generadores. La inversión unos 490 dólares por kW, incluyendo instalaciones del biodigestor.

Si se trataran 100.000 m<sup>3</sup> de vinaza anuales por combustión, la inversión por m<sup>3</sup> sería de aproximadamente 320 dólares por cada m<sup>3</sup> incinerado.

Sin dudas que el tratamiento de la vinaza generada por la producción de bioetanol debe ser resuelta con tecnologías que garanticen que los sistemas naturales no serán afectados por el impacto que este efluente ocasiona. Se pueden plantear alternativas superadoras donde, lo que hoy se visualiza como un pasivo de no sencilla solución, puede transformarse en un activo de valor que se integre a una economía circular y un sistema eficiente en el uso de los recursos y contributivo a una matriz energética menos dependiente de energías no renovables.

Resulta relevante la información que proporciona sobre componentes nutricionales de suelos de Entre Ríos, el litoral de Santa Fe y Buenos Aires. Los principales parámetros evaluados fueron el contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, capacidad de intercambio. Con información relevada en 2011 y la que se realizó durante la campaña 2018 en solo ocho años los datos relevados muestran una preocupante declinación y reducción de nutrientes que demandará cambios en el modelo de producción.

Entre los componentes removidos con muy baja reposición se encuentra el potasio que en un futuro próximo podría alcanzar valores de déficit que afectara la capacidad productiva de estos sitios. Es sin dudas una oportunidad de futuras disposiciones a sales de potasio obtenidas de los sistemas de tratamiento de vinaza.

### **1.12. Aspectos generales**

Resulta ampliamente conocido el perjuicio ocasionado por el incremento del dióxido de carbono en la atmosfera a raíz de su incidencia en fenómenos de cambio climático.

La Argentina se ha comprometido en su Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional, con la implementación del Acuerdo de Paris y el cumplimiento colectivo del objetivo de la CMNUCC y se ha elaborado una visión compartida de país al año 2030.

La meta declarada por la República Argentina es que no excederá la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $\text{MtCO}_{2\text{eq}}$ ) en el año 2030, aplicable a todos los sectores de la economía.

El objeto de este Estudio apunta a contribuir en su medida, a alcanzar el compromiso asumido, en cada etapa de la cadena productiva y en particular la producción y uso del bioetanol como sustituto de las naftas en el sector transporte resulta apropiada.

Bajo este escenario de incremento del 6% en el consumo de energía, explicado por el efecto rebote a causa de la pandemia mundial, derivó en un incremento de las emisiones de dióxido de carbono por el uso de energía, los procesos industriales, la quema y el metano, expresados en dióxido de carbono equivalente, aumentaron un 5,7% en 2021. Las emisiones de dióxido de carbono de la energía aumentaron un 5,9%, cerca de los niveles de 2019.

Las emisiones de dióxido de carbono de la quema y las emisiones de metano y procesos industriales aumentaron más modestamente en un 2,9 % y un 4,6 %, respectivamente.

La creciente necesidad de ampliar de modo sostenible el uso de fuentes renovables de energía, para proporcionar mayor seguridad al suministro energético y reducir los impactos ambientales asociados a los combustibles fósiles, derivó en la búsqueda de alternativas de todo orden. Entre ellas, el bioetanol de caña de azúcar es sin dudas una alternativa económicamente viable y con un potencial de mitigación elevado.

Debe tenerse en cuenta que en este Estudio el aprovechamiento del bagazo con fin energético ha sido priorizado respecto de otros usos. Es destacable que la utilización del bagazo en la industria papelera se ha desarrollado exitosamente en la Argentina. Pero en Tucumán los ingenios han optado por la alternativa energético y la industria sustituyo al bagazo por el papel recuperado y pasta. En tanto que en Jujuy continua el uso del bagazo en la industria papelera propiedad de un único Ingenio. De acuerdo a esta realidad, en el presente Estudio se ha optado por no incluir la industria papelera y considerar esa actividad ajena al objeto del análisis energético.

La dificultad en acceder a financiamiento en Argentina constituye un problema en la mayor parte de las medidas de desarrollo del sector sucro alcohólico y las recomendaciones que se proponen para esta hoja de ruta.

La ley de biocombustible tiene un plazo de vigencia hasta el 2030, con la potestad no garantizada de ampliar 5 años más, que no permite que inversiones de magnitud como las descriptas tengan un periodo de recupero bajo reglas claras y estables.

Si además a ese periodo limitado a vigencia de la Ley, que contiene artículos donde la autoridad de aplicación tiene la potestad de reducir el porcentaje de mezcla en las naftas y establecer precios con un cierto grado de incertidumbre, los proyectos carecerán de financiamiento.

Solo podrían recurrirse a créditos que operan a alto riesgo, con tasas elevadas y cortos periodos de recupero y esto no sería una solución efectiva. Por lo tanto, se recomienda que el mismo estado permita el acceso a Fondos de financiación específicos y pautas claras durante el período de repago.

### 1.13. Resumen de reducciones de GEI

TB1: Resumen Gases de Efecto de Invernadero ( $T_{CO_2 eq}$  /año)

Recomendación	Gas natural	CHP (calor y electric.)	Electric. (exportación a la red)	Diesel	Nafta	Electric. (consumo)	Total GEI evitados	Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	Objetivo NDC en 2030	Necesidad reducción GEI (%) hasta lograr NDC (en base a 2016)	Reducción en las emisiones nacionales de GEI (%)		
											Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Totalidad RAC disponible para proceso DA		1 232 459		-2 738			1 229 721	364 440 000	349 000 000	4,24	0,34		
Totalidad vinaza disponible para proceso DA		573 309					573 309				0,16	0,16	
Totalidad cachaza disponible para proceso DA		296 799					296 799				0,08	0,08	0,08
Potencial total proceso Digestión Anaeróbica (DA)		2 102 567		-2 738		0	2 099 829				0,58	0,24	0,08
Sustitución GN por RAC en CHP de bajo rendimiento	227 370			-1 015		-355	226 000					0,06	0,06
Uso de RAC para incremento generación electricidad			119 067	-683		-239	118 145					0,03	0,03
Corte máximo para el bioetanol, movilidad Flexi, largo plazo (Reemplazo de 1.868.000 m <sup>3</sup> /año de nafta)							4 427 132					1,21	1,21
<b>TOTALES</b>	<b>227 370</b>	<b>2 102 567</b>	<b>119 067</b>	<b>-7 174</b>	<b>4 427 132</b>	<b>-594</b>	<b>8 970 935</b>				<b>1,79</b>	<b>1,55</b>	<b>1,39</b>

**Escenario 1:** Todo el RAC, vinaza y cachaza disponibles, son utilizados en el proceso de DA. La conversión para electricidad es hecha por motogeneradores. Corte máximo para el bioetanol y movilidad Flexi

**Escenario 2:** Parte del RAC es utilizado para sustituir GN. Lo restante es utilizado para la producción de electricidad en condensación total. La vinaza y cachaza disponibles son utilizadas en DA. Corte máximo para el bioetanol y movilidad Flexi

**Escenario 3:** Igual al escenario 2 con la diferencia que la vinaza se concentra y quema en caldera propia. Corte máximo para el bioetanol y movilidad Flexi

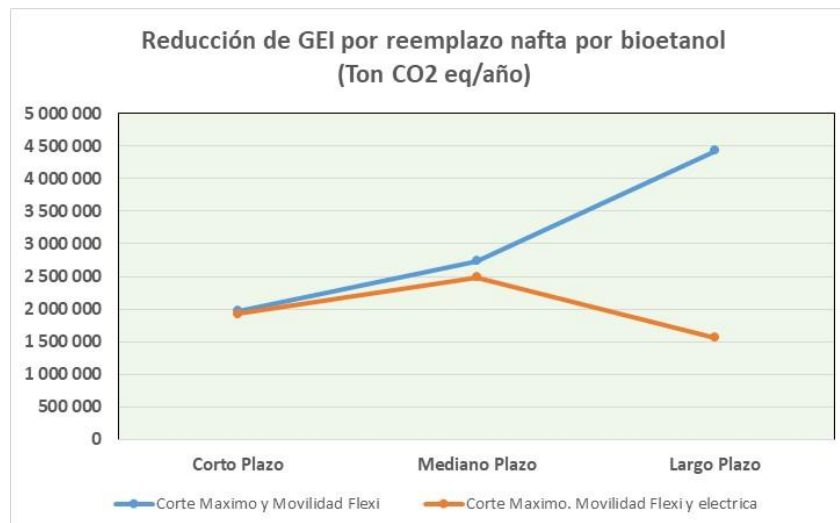
**Escenario 4 (no simulado):** igual al escenario 1 pero el biogás es utilizado en quema directa en cogeneración, para sustitución del GN

TB2: Resumen Gases de Efecto de Invernadero, solo reemplazo nafta por bioetanol en diferentes escenarios ( $T_{CO_2 eq}$  /año)

Alternativa de utilización de bioetanol	Por reducción de consumo de nafta						Total GEI evitados	Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	Objetivo NDC en 2030	Necesidad reducción GEI (%) hasta lograr NDC (en base a 2016)	Reducción en las emisiones nacionales de GEI (%)
Corte Máximo y Movilidad Flexi (Corto Plazo)	1 966 496						1 966 496	364 440 000	349 000 000	4,24	0,54
Corte Máximo y Movilidad Flexi (Mediano Plazo)		2 733 671					2 733 671				0,75
Corte Máximo y Movilidad Flexi (Largo Plazo)			4 427 132				4 427 132				1,21
Corte Máximo. Movilidad Flexi y Eléctrica (Corto Plazo)				1 926 666			1 926 666				0,53
Corte Máximo. Movilidad Flexi y Eléctrica (Corto Plazo)					2 489 899		2 489 899				0,68
Corte Máximo. Movilidad Flexi y Eléctrica (Corto Plazo)						1 557 058	1 557 058				0,43
<b>TOTALES</b>	<b>1 966 496</b>	<b>2 733 671</b>	<b>4 427 132</b>	<b>1 926 666</b>	<b>2 489 899</b>	<b>1 557 058</b>					



FG1: Reducción de GEI por reemplazo nafta por bioetanol (Ton CO<sub>2</sub> eq/año)



## 2. PANORAMA DE LA INDUSTRIA SUCRO ALCOHOLERA

### 2.1. Áreas de siembra

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es originaria del Sudeste Asiático, específicamente de la región de Nueva Guinea e Indonesia siendo clasificada taxonómicamente como perteneciente a la familia Poaceae. La caña de azúcar es una de las especies C<sub>4</sub> de gran importancia económica y alimentaria, proporcionando cerca del 75% del azúcar mundial. Según estadísticas, Latinoamérica y el Caribe constituye la principal región productora de caña de azúcar del mundo, con un promedio de 52% de la producción (2007-2016), a su vez esta región es la principal exportadora de azúcar con un promedio de 68% del total (2004-2013).

Brasil es el mayor productor de caña de azúcar del mundo (con el 23% de la producción mundial), siendo también el mayor exportador de azúcar (con más del 50% de las exportaciones mundiales). Además de Brasil, la caña de azúcar es también producida en México, Colombia, Guatemala, Argentina, Cuba, Perú, Ecuador, El Salvador, Bolivia, Nicaragua, Paraguay, Honduras, República Dominicana, Costa Rica y Venezuela.

En términos de producción, se destaca la drástica reducción ocurrida en Cuba el gran incremento en Brasil, los menores aumentos en México, Colombia, Guatemala y Argentina. Así como la reducción de la producción de la República Dominicana que, a partir del año 1984, cuando su producción comenzó a descender de los 10 millones de toneladas, continuando la reducción paulatinamente en las décadas siguientes hasta llegar al nivel de producción de solo 4 millones de toneladas anuales en 2016; y la de Venezuela que también disminuyó por debajo de los 9 millones de toneladas a partir del 2007 manteniendo este decrecimiento hasta la actualidad (Tabla 3).

En la mayoría de estos países, como en las regiones de Asia y África, la historia de la caña de azúcar se mezcla con la historia política y económica de sus respectivos países. La India produce más azúcar que Brasil, ya que no tiene un proyecto bioenergético como lo tiene Brasil. La caña principalmente se destina a la producción de azúcar.

Australia y Sud África son países con larga trayectoria de producción, siendo Australia el que mayor desarrollo científico tiene aplicado al sector industrial como al sector agrícola. En Brasil, específicamente, además de la importancia alimentaria y económica (como generadora de empleos y de divisas oriundas de la exportación de azúcar), la caña de azúcar tiene también importancia energética fundamental, siendo responsable por cerca del 15% del suministro total de la energía en el país. Esta energía se suministra principalmente a través del etanol para el transporte vehicular y por medio de la quema del bagazo de la caña y de los restos del cultivo para la generación de electricidad.

## **2.2. Métodos de siembra**

### **2.2.1. Causas que determinan un modelo de siembra**

Las economías donde el cultivo de la caña se desarrolla, condicionan los sistemas y modelos de siembra. La disponibilidad de mano de obra fue determinante en los cambios de modelo.

Australia, con un costo alto costo de mano de obra, como también la indisponibilidad de esta, lleva a que el 100% de la plantación se realice mecánicamente, no existiendo modelos de cosecha ni de plantación tipo manual.

Dentro de un mismo país, tomando como ejemplo Brasil, el nordeste no siguió las transformaciones que se llevó adelante en el centro sud. El desarrollo industrial de San Pablo y alrededores, donde también se encuentra la mayor concentración de caña del País, obligo a cambios que se van desarrollando continuamente. El norte, con mano de obra disponible y sin la competitividad de la región central, mantiene muchas actividades manuales, como la cosecha y la plantación.

### **2.2.2. Modelos de plantación**

Cada país o región adopto modelos distintos que tienen singularidades a destacar:

#### **2.2.2.1. Plantación en manojos**

Colombia, Guatemala, Nicaragua y otros países plantan con la modalidad de manojos. Son 30 trozos de semilla de 60 cm de largo. Cada manojos se prepara en el semillero, con un sistema totalmente manual, atándolo con las propias hojas de la caña. Se carga en carretas y se distribuye en los campos a distancias predeterminadas. Para mantener control de las separaciones entre manojos, los campos, ya surcados, son jaloneados con marcas de referencia.

#### **2.2.2.2. Plantación en franja. Meiosis**

Brasil tiene entre sus alternativas, la meiosis, un sistema donde se planta el año anterior 2 surcos de caña, dejando entre estas líneas terrenos sin plantar. Cuando a los 8 a 10 meses alcancen desarrollo adecuado servirán de semilla para los surcos que se han dejado entre cada línea plantada. Tiene por objeto reducir el costo logístico del traslado de la semilla.

#### **2.2.2.3. Plantación de tacos con yemas**

Brasil también desarrollo las plantaciones a partir de yemas con parte de los entrenudos, promovida comercialmente por Syngenta, empresa de servicios agropecuarios.

#### **2.2.2.4. Plantación de plántulas**

Colombia también desarrollo la plantación de plántula pregerminadas, con el fin de usar menos caña y obtener plantaciones más vigorosas y con mejor sanidad, sumado a la reducción de caña como semilla.

## **2.3. Métodos de labranza**

Labranza para preparación de suelos y cultivo de caña:

En el proceso de producción agrícola mundial de caña de azúcar, la tarea más importante y una de las más costosa es la preparación de suelos. Es un factor clave para el logro de una buena producción.

La labranza de cultivo que se realizan posteriormente, a lo largo de los años siguientes, buscan mantener niveles de producción óptimos. Décadas atrás estos procesos era solo de tipo mecánico. Actualmente son mixtos, Químico- mecánico y hacia el futuro la tendencia es de mínima roturación, buscando conservar propiedades físicas y fisicoquímicas en condiciones óptimas. En este proceso trabajar con cultivos alternativos.



Hoy prima el siguiente concepto. "Cuanta más labranza, más rápida es la descomposición de la materia orgánica en la tierra y la alteración de los organismos útiles como las lombrices, las que mantienen la estructura del suelo, y los hongos micorriza, los cuales benefician el crecimiento de la planta ayudando en la asimilación del nutriente".

El modelo de cosecha en la industria sucroalcoholera mundial, incorporó masivamente la cosecha integral de caña de azúcar. El paso del modelo de cosecha manual a semimecánica y posteriormente a mecánica, fue acompañado con mejoras de costos y productividad operativa, pero a costa de la afectación al suelo, incrementado principalmente el grado de compactación, lo que implicó afectación en la salud del mismo.

Australia hasta el año 1975, por ley, posterior a un fin de ciclo de un cañaveral, debía realizarse el cultivo de una leguminosa u otro cultivo intercalar. A partir de ese año, las restricciones legales caducaron y el modelo de producción fue renovar caña sobre caña, sin un periodo de barbecho prolongado o la instalación de un cultivo alternativo.

Renovar un cañaveral e instalar otro dentro del mismo ciclo llevo a que las tareas de preparación de suelos se realizaran sin la calidad debida. El escaso tiempo entre eliminación del cultivo anterior y la nueva plantación, como también tenores altos de humedad elevados en el perfil del suelo, generaron condiciones que contribuyeron al deterioro del perfil edáfico. Entre los aspectos de mayor incidencia se observó el incremento de la compactación, que, entre otros efectos, reduce infiltración, afecta el desarrollo de las raíces como también los procesos de intercambio físico químicos suelo - planta.

El modelo de producción, con quema previo a la cosecha, demandó y aun demanda, trabajos de cultivo mecánico en todo el periodo de producción de caña para control de malezas principalmente. Roturación continua año a año como deficiente practica de preparación de suelos dieron por resultado un deterioro creciente de las capacidades productivas en las distintas áreas agrícolas del mundo cañero. Junto al incremento de la compactación se observó también reducción en el contenido de materia orgánica. Ambos procesos en la agroindustria mundial, preparación de suelos y cultivo de caña, pasan en la actualidad por una revisión y replanteo de estas prácticas.

Las conclusiones a las que arribaron investigaciones en distintas partes del mundo agrícola, como en este caso en Australia fueron las siguientes:

"En general, cuanto más tiempo un suelo está bajo labranza, y cuanto más frecuentemente es cultivado más grande es la pérdida de sus propiedades estructurales. Las propiedades del suelo se degradan bajo el cultivo prolongado, no mejoran. A pesar de que es imposible devolverlos a su estado fértil original bajo un sistema de cultivo, hay una necesidad urgente de adoptar estrategias que reduzcan la tasa de degradación".

La tabla siguiente es una muestra del impacto que los procesos agrícolas generan en y alteran las condiciones y características originales de los suelos.

TB3: La influencia de la labranza en la materia orgánica del suelo

Sistema	% Carbono
Selva tropical	2,97
Selva tropical limpiada y con pasto por 15 años	1,62
Selva tropical limpiada y cultivada por 15 años	1,14

La pérdida de materia orgánica y de nutrientes es una constante y dispara investigaciones y objetivos de producción que incorporan los procesos productivos bajo criterios de sustentabilidad.

## **2.4. Métodos de cosecha**

### **2.4.1. Cosecha en Australia**

Australia marco el ritmo y la dinámica de los cambios tempranamente. En el año 1956 desarrollo la primera máquina de cosecha integral, la MF 515, montada y traccionada sobre un tractor. En el año 1964 ya las maquinas integrales ocupaban un porcentaje significativo de cosecha. En 1975, el 98% de la cosecha era realizada por máquina que realizaban las tareas de corte, trozado y carga a transporte de manera simultánea.

Estos cambios no estuvieron exentos de dificultades. El trozado, agregado a la quema previa daba lugar a aun un prematuro deterioro en la calidad de la caña, afectando a la industria. A partir de ello, se trabajó en mejoras en la dinámica de transporte como también evitar el estoqueo y acumulación de caña en los patios de caña<sup>iii</sup>. Se desaconsejo la modalidad de cosechar el cupo de caña necesario para la semana toda en solo 5 días. Ese sobre estoqueo generaba un estacionamiento excesivo y perdidas de azúcar significativos.

En el norte de Queensland,<sup>iv</sup> donde la ocurrencia de precipitaciones durante el periodo de molienda era habitual, una lluvia imprevista daba lugar, a que parcelas ya quemadas, no podían ser cosechadas con la consiguiente pérdida, cuya magnitud estaba relacionada al tiempo de demora entre quema y molienda. Se sumaba el daño a los suelos excesivamente húmedos eran afectados por compactación o daños mayores al intentar retirar la caña. Se iniciaron investigaciones y nuevo desarrollo en las máquinas que el mercado ofrecía. En 1998 ya el 65% de la caña de Australia se cosechaba en verde.

#### 2.4.2. Cosecha en Guatemala

En la zafra 2010/2011 se cosechó el 88 por ciento (16.9 millones de t de caña) en forma manual y el 12 por ciento en forma mecanizada. La cosecha de caña quemada fue del 87.77 por ciento, principalmente de la caña que se cortó en formar manual; de caña verde fue el 12.23 por ciento, en su mayoría con cosecha mecanizada.

FG2: Proyecciones de % de área mecanizada



#### 2.4.3. Cosecha en Brasil

Hacia 1979, Brasil cultivó casi dos y medio millones de hectáreas de caña y disponía de 456 máquinas integrales y 295 cosechadoras de tallo entero, dotación que colectó el 12 % del total de la materia prima. (Ripoli & Segalla Lazzarini, 1981). Es decir que el sistema de cosecha manual todavía era el predominante.

En Brasil, la migración de mano de obra rural hacia tareas del sector urbano fue tan marcada y repentina que afectó el desempeño de la economía, debido a los problemas sociales ocasionados.

Diez años después en San Pablo, estado que concentraba el 60 % de la superficie cultivada de caña en Brasil, la proporción de cosecha mecánica se estimó en el 19 % equivalente a una tasa de crecimiento anual menor al 1 %.

Para la zafra 1997 – 1998, en el conjunto de los ingenios paulistas, que sumaba casi la mitad del área cosechada, se cosechó mecánicamente solo el 17 % de la superficie; pero las tareas de preparación de suelos, la plantación, el cultivo y la carga fueron realizadas casi exclusivamente con medios mecánicos, sobre todo en las grandes empresas.

Uno de los motivos que aceleró la mecanización de la cosecha fue la ley 70 ambiental aprobada en San Pablo durante 2002. La misma estableció un cronograma obligatorio para la reducción de la quema de los cañaverales. A la imposición legal se agregó, en 2007, un protocolo ambiental de adhesión voluntaria que involucró a 179 agroindustrias y 29 asociaciones de agricultores que sumaban el 90 % de la caña cultivada.

Los resultados de la aplicación del protocolo ambiental, asociados con la práctica de cosecha en verde, fueron notables. En la zafra 2006/07, con una zafra de duración de 132 días y 163.000 trabajadores ocupados, la superficie cañera cosechada mecánicamente fue del 41 %. Proporción que aumentó al 90 % en la cosecha de 2016/17 (unos 5,6 millones de hectáreas). El 10 % restante, cosechado manualmente, significó la suma de 39.000 puestos de trabajo, una reducción de 124.000 sobre la cantidad empleada en 2007.

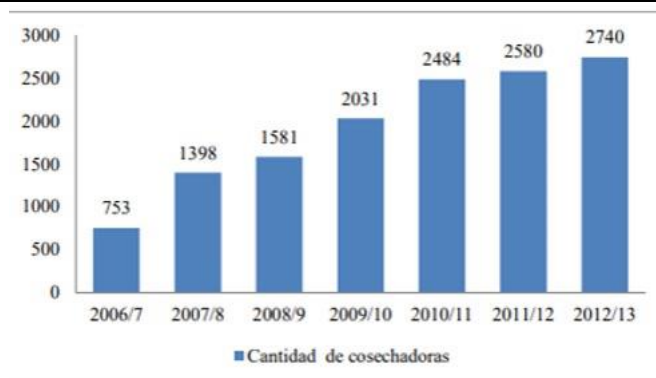
Por otro lado, los años previos al protocolo coincidieron con un ciclo económico expansivo entre 2000 y 2004, sobre todo para la elaboración de biocombustibles.

Tanto la ley como el protocolo establecieron dos situaciones distintas: un área factible de mecanizar y otra integrada por las explotaciones menores a 150 hectáreas o ubicadas en terrenos con pendientes mayores al 12 %. Condiciones ambas que dificultan el trabajo de las cosechadoras integrales. No todas las fincas cañeras chicas quemaban caña, pues la producción se destinaba a la elaboración de cachaza. En Brasil existen más de 5000 marcas y 76000 establecimientos que elaboran cachaza de manera artesanal, en alambique, o industrial, en columna de fraccionamiento.

Otros estados, como Paraná y Mato Grosso do Sul, han aprobado normas similares, y algunos avanzaron en regulaciones para el control de la quema, como Minas Gerais movido el cambio por el uso de alcohol en vehículos con motores tipo Flex. También los mercados internacionales de alcohol etílico fueron más propensos a reconocer productos elaborados con menor impacto ambiental. Este proceso de modernización se financió, en gran parte, con fondos públicos, incluso con capital proveniente de organizaciones dedicadas a la protección de los trabajadores que, de manera paradójica, contribuyeron a la compra de máquinas e implementos, mediante créditos con tasas subsidiadas, que generaron mayor desempleo.

En este sentido, con la superficie cañera mecanizada en su totalidad, solo se absorbería el 15 % de la mano de obra empleada en la cosecha manual, por lo que sería necesario la aplicación de políticas públicas para incentivar el empleo en otras áreas y capacitar a los trabajadores en las nuevas funciones que depara el proceso de mecanización.

**FG3: Evolución de la cantidad de cosechadoras en San Pablo -Brasil- (2007–2013)**



Como se observa en la figura 3, la cantidad de cosechadoras creció de manera paralela al proceso de mecanización cañera; aunque la información presentada se refiere a San Pablo, la tendencia fue seguida por otros estados brasileños como el de Paraná, segundo productor nacional de caña de azúcar con el 7,5 % del total, en donde se mecanizó el 10 % de la superficie en la zafra 2007/08.

#### **2.4.4. Cosecha en EEUU**

EEUU cultiva caña en Texas, Florida y Louisiana. Este último estado protagonizó el cambio más acelerado de incorporación de cosecha mecanizada en menos tiempo. Hasta principio del 2000 la cosecha era de tipo mecánica, pero combinada. Corte por un lado y levantar y cargar por otro. La irrupción de la variedad LCP 85-384, la más difundida en el área cañera de Tucumán, modificó 2 condiciones imprescindibles para cosecha. Por un lado, mejoró la precocidad, lo que permitió adelantar la cosecha un mes y ampliar el periodo anual de zafra. Por otro lado, su porte erecto la hacía óptima para el corte mecánico. En 4 años todo el parque de cosechadoras migró a mecanizadas integrales 100%. No hubo región cañera en el mundo que transformara en tan poco tiempo su tecnología de cosecha. (Dr Ben Legendre. Investigador USDA)

## 2.5. Variedades transgénicas

### 2.5.1. Método de obtención de variedades transgénicas

Existen 2 métodos para la obtención de eventos transgénicos.

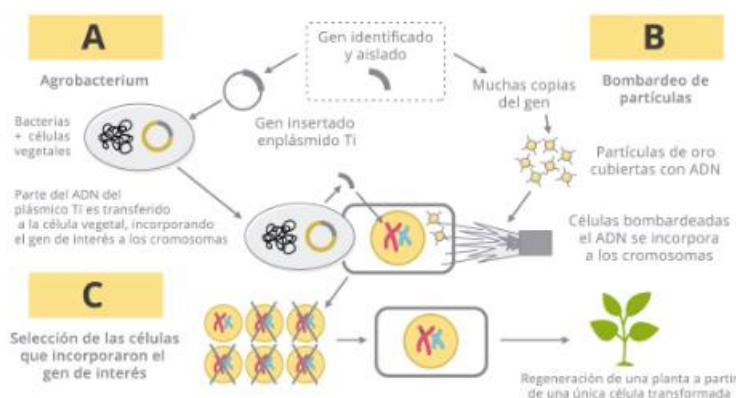
#### 2.5.1.1. Método biológico

En este método, el vehículo que permite la inserción es el gen de un microorganismo denominado *Agrobacterium* sp. El gen que se desea incorporar en el ADN de una determinada variedad, previamente se lo introduce en un plásmido proveniente de dicha bacteria que opera como un vector biológico. El microorganismo, con el gen ya incorporado, es puesto en contacto con los tejidos de la planta, lo que permite transferir una parte de su material genético hasta el núcleo de la célula receptora, integrándolo al ADN de la misma.

#### 2.5.1.2. Método holístico

En un método de inserción físico a través de un bombardeo de partículas a las células de la variedad a ser transformadas. Este bombardeo es con partículas de oro o tungsteno que tienen la construcción cromosómica que se desea incorporar, ya adherida. A diferencia de lo obtenido con el método biológico, este método logra obtener varios eventos, pero muchos de ellos fallidos. Deben identificarse luego, la efectividad de la incorporación de gen a las células y al cromosoma de las mismas.

FG4: Esquema del método de inserción físico



### 2.5.2. Líneas de investigación en Brasil

#### 2.5.2.1. Transformación y eventos disponibles

Desde aquel año 1999 Brasil abrió distintas líneas de investigación, contando hoy con el staff de empresas, instituciones de Investigación y Universidades más amplio del mundo en la búsqueda

de la obtención de cañas de azúcar OGM (Organismo Genéticamente Modificado). Entre las instituciones de apoyo a la investigación se encuentra FAPESP, fundación localizada en São Paulo, Brasil, con el objetivo de proporcionar becas, fondos y programas de apoyo a la investigación en el Estado de Sao Paulo.

Sin dudas que este tipo de organización de toda la actividad integrada permite no solo contar con fondos sino también dinamizar las transferencias entre instituciones afines.

Brasil espera que, en el año 2030, el 20 % de las áreas cultivadas con caña, sean de origen transgénico, expresa Paulo Cesar de Luca, fundador de una empresa de biotecnología denominada Pangeia Biotech. Esta empresa recibe colaboración de Universidades y organismo de financiamiento.

Entre los logros alcanzados se cuentan un evento de doble transgénesis que incorpora simultáneamente resistencia a gusano perforador como resistencia a Round up, todo en un solo evento de transformación. Resistencia a Round up permite trabajar con este herbicida de amplio espectro que elimina competencias de malezas y potencia la producción esperable.

También el CTC (Centro Tecnológico Canaviera) cuenta con variedades transformadas habiendo obtenido eventos de caña Bt. ya aprobados. Estas aprobaciones las realiza la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad, ente que evalúa los eventos varietales OGM.

### **2.5.2.2. Mapeo genético**

La planta de caña de azúcar posee 10 mil millones de pares de genes. La caña es un híbrido poliploide, originario del cruce de 2 especies. *Sacharum spontaneum* y *Sacharum officinaris* y contiene varias copias de sus 10 cromosomas básicos. Esta particularidad lleva a que su genoma tenga esta cantidad de pares básicos, la unidad química que contiene el ADN. Solo a modo de comparación, los seres humanos contienen 2 copias de cada cromosoma. Uno aportado por el padre y otro por la madre. La caña posee 6 a 12 copias de cada cromosoma. Esta diferencia complejiza el estudio de su base genética y como se combinan para expresar caracteres, entre estos, su capacidad productiva o rendimiento. Un gran desafío por delante sin dudas.

Se han realizado mapeos de una variedad determinada, identificando 373869 genes. Esta cantidad es 10 veces mayor que la cantidad de genes identificado con anterioridad y permite conocer de mejor manera la base génica de esta planta tan compleja.

### **2.5.3. Desarrollo en EEUU**

En idéntica línea, investigadores de EEUU en la Universidad de Illinois, desarrollaron cañas con la capacidad de incrementar la capacidad de producción aceite en sus hojas y tallos para la producción de biodiesel, como también incrementar la capacidad de producción de bioetanol. El proyecto se denomina "Plant Engineered to Replace Oil in Sugarcane and Sweet Sorghum" desarrollado en el Instituto Carl R. Woese de Biología Genómica en Illinois.

Este evento puede lograr que la caña de azúcar tenga la capacidad de producción de bioetanol incrementada a partir de estas transformaciones.

## **2.6. El RAC y su utilización**

Es el siguiente, el panorama de uso de RAC en otros países:

### **2.6.1. Brasil**

De los países que han desarrollado alternativas de uso de biomasa con fines energéticos, se destaca principalmente Brasil. De igual manera que el proyecto pro alcohol, que llevo adelante el desarrollo del bioetanol aplicado a la industria automotriz y exportación como segundo destino, el RAC fue incorporado con fines de cogeneración. Avanzaron en recolección a campo teniendo ya en el año 2009, un amplio desarrollo entre las usinas de dicho país.

La limpieza en seco también fue incorporada como proceso de mejora de la calidad de la caña ingresante a proceso. Reciclaron las viejas instalaciones de lavado de caña para incorporar proceso de limpieza y separación neumática.

### 2.6.2. Australia

Australia, lidero el sistema de limpieza en seco desde temprano, con instalaciones en varios ingenios, destacándose el Ingenio Condong desde sus comienzos.

### 2.6.3. Guatemala

Guatemala incorporo maquina chipeadoras de alta capacidad de chipeo pero no de RAC sino de madera proveniente de campos aledaños a sus instalaciones. Ese aporte de fuente de energía renovable, principalmente a partir del tratamiento de vinaza de destilerías, le permite hoy contribuir con el 30 % de la energía nacional, por ciento generado a partir de subproductos de la Industria sucroalcolera guatemalteca.

## 2.7. La Energía. Nuevas cogeneraciones

## 2.8. La Energía. Cogeneradores existentes

### Introducción

De acuerdo con las definiciones generales de IEA:

*"Cogeneración (también conocida como calor y electricidad combinados [CHP]) representa una solución comprobada, rentable y limpia para entregar electricidad, calefacción y refrigeración. Algunas regiones han invertido estratégicamente en la cogeneración como herramienta para satisfacer objetivos energéticos y medioambientales más amplios. Sin embargo, hay muchos más países que podrían beneficiarse de una mayor investigación sobre la cogeneración. La mayoría de los países tienen un potencial significativo para un mayor desarrollo de cogeneración, pero algunas barreras clave impiden su realización. La cogeneración es también una Tecnología Energética Sostenible, que muestra que la clave para desbloquear este potencial radica en la desarrollo e implementación de políticas efectivas".*

### Tecnologías aplicables

Por definición general, la cogeneración es la producción conjunta de electricidad y calor, y al revés de la producción separada de electricidad y calor, la producción de calor en una cogeneración es normalmente alcanzada a partir de una fuente de calor más o menos degradada, emitida aguas arriba por el proceso termoeléctrico de la producción de electricidad. Es el aprovechamiento de una fuente degradada de calor para la producción de una otra cualquiera forma de calor útil, que permite a la cogeneración alcanzar valores de eficiencia energética total (eficiencia combinada de electricidad y calor) muy elevados.

Hay diversas tecnologías que pueden ser aplicadas a operaciones en cogeneración, con selección función entre otros de las características de consumos del usuario final, siendo las siguientes las más importantes: turbina de gas en ciclo simple, turbina de gas en ciclo combinado, turbina de vapor de contrapresión (ciclo de Rankine), motores alternativos de combustión, micromotores, microturbinas, otros.

### Rendimientos alcanzados

Los rendimientos tanto eléctricos como globales (eléctrico + térmico) alcanzados en una cogeneración son muy variables, y dependen fundamentalmente de los siguientes parámetros:

- Del equilibrio del balance de consumos de electricidad y calor;
- Del perfil de consumos de electricidad, y sobre todo calor por el usuario final;
- De la tecnología que se seleccione para el ciclo de la cogeneración: Turbina de gas en ciclo simple, turbina de gas en ciclo combinado, turbina de vapor de contrapresión (ciclo de Rankine), motores alternativos de combustión, micromotores, microturbinas, otros.
- De las características del calor demandado por el usuario final, en particular la temperatura;
- De las características del calor residual emitido por el proceso termoeléctrico, en particular la temperatura;



- De las características del combustible utilizado, sea fósil o renovable, en particular el poder calorífico, humedad, características de cenizas, etc

Una cogeneración con un consumo equilibrado y estable de electricidad y calor, y con un proceso termoeléctrico generando calor residual de razonable temperatura, puede alcanzar rendimientos energéticos globales por encima de los 80%.

### **Porcentaje de producción de energía eléctrica al nivel mundial**

De acuerdo con las estadísticas publicadas por la WBA para el año de 2018, se han producido a un nivel global en torno de los 900 TWh de electricidad a partir de fuentes bioenergéticas, siendo que 25% (226 TWh) han sido producidos por cogeneraciones basadas en diversas calidades de biomasa. Un total 60% de toda la electricidad producida en cogeneraciones fue producida por biocombustibles sólidos, seguida por 21% por RSU.

TB4: Generación global de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones

<b>Año</b>	<b>Total</b>	<b>RSU</b>	<b>Residuos industriales</b>	<b>Biocomb. sólidos</b>	<b>Biogases</b>	<b>Biocomb. líquidos</b>
<b>2000</b>	<b>87</b>	<b>15,8</b>	<b>11,8</b>	<b>57,3</b>	<b>2,55</b>	<b>0</b>
<b>2005</b>	<b>118</b>	<b>27,6</b>	<b>10,1</b>	<b>75,5</b>	<b>4,4</b>	<b>0,42</b>
<b>2010</b>	<b>150</b>	<b>34,4</b>	<b>11,3</b>	<b>90,3</b>	<b>12,6</b>	<b>1,69</b>
<b>2015</b>	<b>208</b>	<b>44,4</b>	<b>11,4</b>	<b>124</b>	<b>26,5</b>	<b>1,58</b>
<b>2016</b>	<b>215</b>	<b>47,7</b>	<b>12,1</b>	<b>126</b>	<b>27,8</b>	<b>1,42</b>
<b>2017</b>	<b>225</b>	<b>49,7</b>	<b>12,4</b>	<b>133</b>	<b>29,0</b>	<b>1,39</b>
<b>2018</b>	<b>226</b>	<b>48,4</b>	<b>12,7</b>	<b>133</b>	<b>30,1</b>	<b>1,69</b>

Todos los valores en TWh

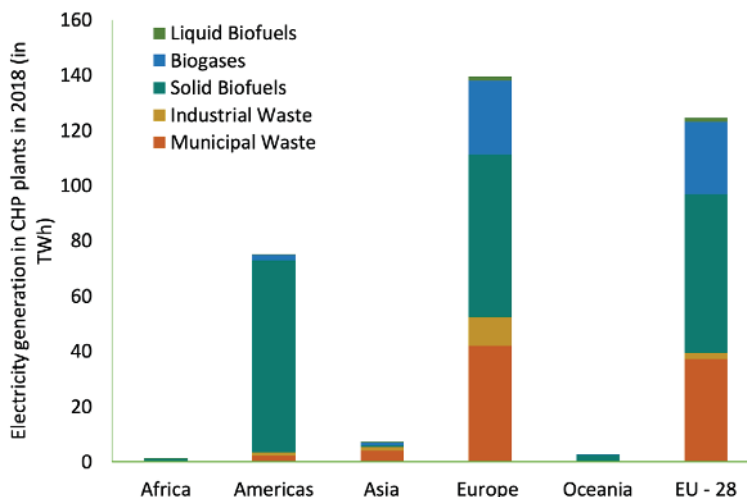
Al nivel de continentes, Europe lidera la bioelectricidad producida en cogeneraciones. Europa ha producido 139 TWh de bioelectricidad en cogeneraciones, alcanzando 62% de la producción global. Excluyendo los biocombustibles sólidos, Europa detiene la mayor porcentaje de bioelectricidad producida a partir de las demás materias primas biomásicas, incluyendo RSU (87%), residuos industriales (82%), biogas (88%) y biocombustibles líquidos (87%).

TB5: Generación de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones, 2018, por continente

<b>Año</b>	<b>Total</b>	<b>RSU</b>	<b>Residuos industriales</b>	<b>Biocomb. sólidos</b>	<b>Biogases</b>	<b>Biocomb. líquidos</b>
<b>África</b>	<b>1,21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Américas</b>	<b>75,1</b>	<b>2,32</b>	<b>1,14</b>	<b>69,4</b>	<b>2,04</b>	<b>0,21</b>
<b>Asia</b>	<b>7,08</b>	<b>4,13</b>	<b>1,18</b>	<b>0,65</b>	<b>1,12</b>	<b>0</b>
<b>Europa</b>	<b>139</b>	<b>41,9</b>	<b>10,4</b>	<b>59</b>	<b>26,6</b>	<b>1,47</b>
<b>Oceanía</b>	<b>2,86</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,52</b>	<b>0,34</b>	<b>0</b>
<b>EU - 28</b>	<b>125</b>	<b>37,4</b>	<b>2,13</b>	<b>57,4</b>	<b>26,2</b>	<b>1,47</b>

Todos los valores en TWh

FG5: Generación de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones, 2018, por continente



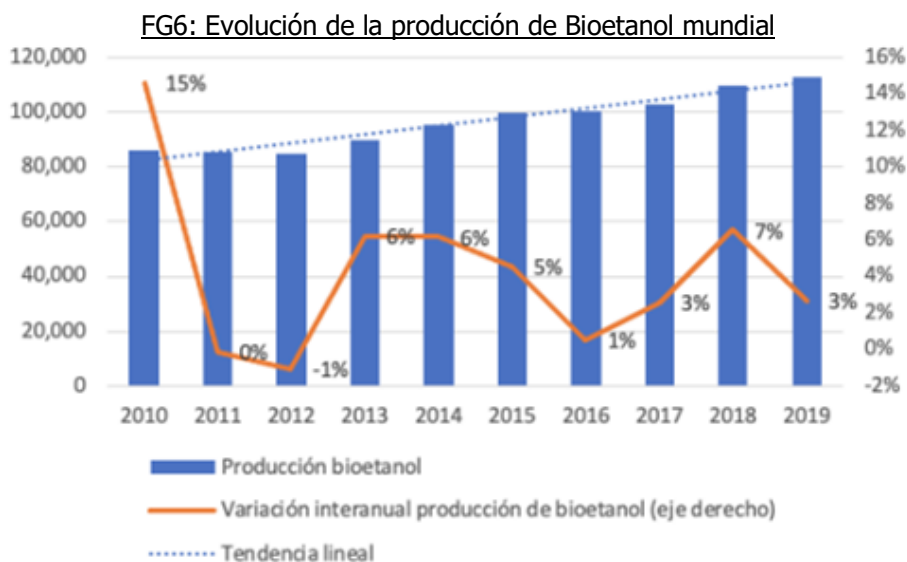
## 2.9. La producción de bioetanol

### 2.9.1. Producción mundial de bioetanol

El uso de bioetanol combustible, que a comienzos de siglo tenía un bajo consumo y cuya producción estaba focalizada principalmente en Brasil, que por entonces generaba el 60 % de la producción mundial, fue aumentando a una tasa acumulada promedio de 32 % interanual.

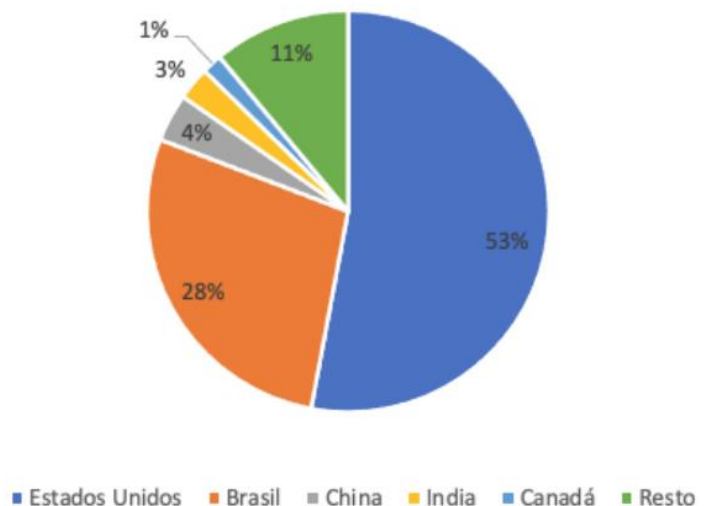
De manera creciente se incorporaron nuevos países a su producción y consumo. En forma simultánea, fue creciendo la participación del bioetanol elaborado con base en maíz, siendo hoy este grano la materia prima más utilizada en el mundo para la producción de bioetanol.

Analizando la evolución de la producción y la variación interanual, esta osciló entre -1 % y 15 %, con una clara tendencia creciente de la producción, llegando en el año 2019 a una producción mundial de 112 millones de metros cúbicos<sup>5</sup>.



FG7: Distribución porcentual de producción de bioetanol (año 2019)



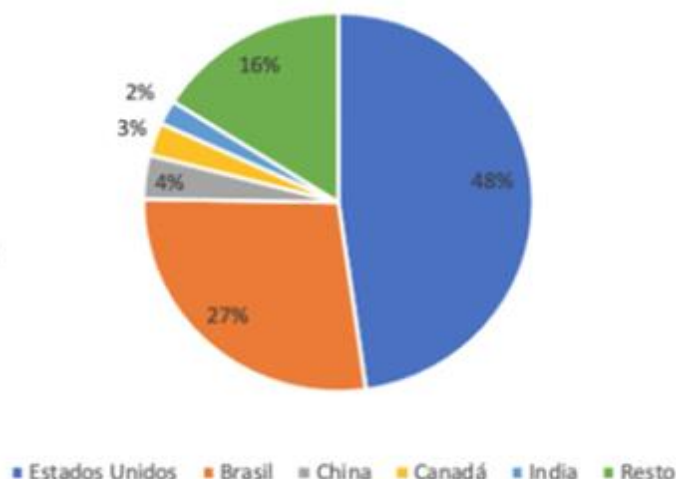


### 2.9.2. Consumo mundial de bioetanol

El consumo de bioetanol en el mundo tuvo un crecimiento acumulado del 50 % en la última década (2010-2019). Con una tasa de variación interanual que osciló entre el 0 % y el 12 %, el consumo mostró una clara tendencia creciente, alcanzando los 115 millones de metros cúbicos en 2019.

El consumo de bioetanol está fuertemente concentrado en dos países: Estados Unidos, con el 48 % del total, y Brasil, con el 27 %. Les siguen China (4 %), Canadá (3 %) e India (2 %). El 16 % restante se distribuye en los demás países del mundo, con una participación destacada de Tailandia, Alemania, Argentina, Reino Unido y Francia.

FG8: Distribución porcentual del consumo de bioetanol en el mundo (año 2019)



Comparando producción y consumo de los principales países responsables de estos 2 procesos observamos lo siguiente:

Sobre una producción mundial en el año 2019 de 112 millones de metros cúbicos, EEUU es responsable del 53 %. China, Brasil el 28% y China 11 % del total mundial.

A nivel consumo el volumen es levemente mayor pues se consumen 115 millones de m<sup>3</sup>. EEUU consume el 48 % y China Crece al 16 % sobre el total mundial. Brasil mantiene un balance equilibrado a pesar de que exporta al mercado de EEUU. Un cruce de exportaciones e importaciones entre Brasil y EEUU, relacionado más a temas arancelarios que productivos.

### **2.9.3. Exportaciones de bioetanol**

El comercio exterior de bioetanol representa el 12 % del consumo mundial, con un volumen de aproximadamente 12 millones de metros cúbicos. En lo que respecta a las exportaciones, Estados Unidos concentra el 40 % de ellas. La Unión Europea ocupa el segundo lugar (36 %) y en el tercer lugar se ubica Brasil (11 %). Los demás países del mundo dan cuenta del 13 % restante de las exportaciones.

### **2.9.4. Importaciones de bioetanol**

En lo que respecta a las importaciones de bioetanol, la Unión Europea concentra el 37 % de ellas, de las cuales aproximadamente el 80 % son de origen intrazona. Le siguen Brasil y Estados Unidos (10 % cada uno) y Canadá (9 %). El restante 34 % de dichas importaciones está concentrado en el resto de los países del mundo.

### **2.9.5. Reglamentación para mezclas**

La obligación de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles se lleva a la práctica a través de diferentes mecanismos. La más difundida es el "mandato de mezcla obligatoria", Dichas mezclas suelen expresarse en unidades volumétricas mezclas volumen/volumen.

Se han contabilizado 53 países con obligaciones de uso de bioetanol mediante distintos tipos de acuerdos o reglamentaciones. Brasil se destaca en el uso de mecanismos de "mandatos de mezcla obligatoria", con un rango de mezcla de 18 %-27,5 % de bioetanol en gasolinas. El segundo lugar lo ocupa Paraguay, con un mandato obligatorio del 25 %. En tercer lugar, se posiciona Argentina con 12 %, seguida por una larga lista de países con un mandato obligatorio del 10 %, que es el mandato más utilizado en el mundo, entre ellos China.

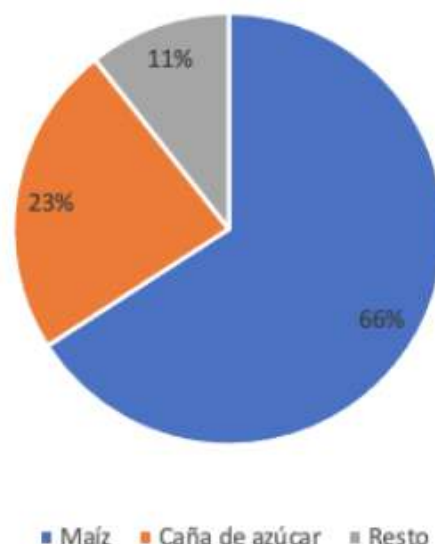
En cuanto al uso promedio de bioetanol en gasolina (vol./vol.), se destaca Brasil, con un porcentaje del 54 %. Dicho país, además de tener una mezcla del 27 % de bioetanol anhidro en gasolina, utiliza en forma pura más de 22 000 m<sup>3</sup> de bioetanol hidratado puro en vehículos flex fuel.

El ranking de los cinco países con mezclas efectivas más elevados lo completan Paraguay, con una mezcla efectiva del 25 %, Tailandia (13,5 %), Argentina (11,6 %) y Estados Unidos (10,2 %). El ranking de los cinco países con mezclas efectivas más elevados lo completan Paraguay, con una mezcla efectiva del 25 %, Tailandia (13,5 %), Argentina (11,6 %) y Estados Unidos (10,2 %).

### **2.9.6. Materia prima para la producción de bioetanol**

Las materias primas más utilizadas para la producción de bioetanol en 2019 fueron el maíz y la caña de azúcar, con una participación del 66 % y 23 %, respectivamente. En el caso del maíz, se utilizaron más de 170 millones de toneladas para la producción de bioetanol, siendo Estados Unidos, Canadá, Argentina y varias naciones de la Unión Europea algunos de los países donde se utiliza este cereal en forma masiva.

En el caso de la caña de azúcar, se destinaron más de 370 millones de toneladas a la producción de bioetanol, destacándose la producción a partir de esta materia prima en Brasil, Paraguay, Colombia, Argentina y varios países de la Unión Europea. Tanto en el caso de la Unión Europea como de Argentina, el maíz y la caña de azúcar tienen una importancia destacada como materia prima para el proceso productivo. La producción del restante 11 % del bioetanol se realiza a partir de otras materias primas, como la remolacha azucarera y la mandioca, entre otras.



El 15,8 % de la cosecha 2019/2020 de maíz<sup>vi</sup> se destinó a la producción de bioetanol, mientras en el caso de la caña de azúcar, más del 18,2 % de esa cosecha se habría orientado a dicha producción.

### 2.9.7. EEUU y Brasil. Capacidad productiva y políticas publicas

Actualmente entre EEUU y Brasil producen el 81% del total de bioetanol que se produce en el mundo. Las razones que impulsaron al desarrollo fueron distintas, pero en ambos países fue el parque automotor el gran receptor de esta innovación que permitió el reemplazo parcial de fuentes fósiles de combustibles. El mercado de exportación también dinamizó el crecimiento permanente de bioetanol. De todos modos, el mercado de biocombustibles está fuertemente impulsado por la política y las regulaciones que en cada país se implementan.

#### 2.9.7.1. Bioetanol en EEUU

Los aspectos que justifican la supremacía de Estados Unidos en la producción de etanol podemos identificarlos por las siguientes razones, según lo documenta información de la Bolsa de Cereales de Rosario que reproduce la fuente Portal Caña<sup>vii</sup>.

Cuentan con 198 instalaciones industriales de ese tipo mientras Argentina solo posee 14, donde se incluyen las que producen a partir de maíz y caña de azúcar. Además de las plantas instaladas, la capacidad de producción individual permite superar los 58,6 millones de metros cúbicos tomando como referencia el año 2016. En 2018 superarían los 60 millones de metros cúbicos.

La planta de mayor capacidad está en Illinois con una capacidad de producción anual de 1,419 millones de metros cúbicos anuales. En Argentina, la planta de mayor capacidad produce anualmente 150.000 metros cúbicos. Se estimó que el maíz utilizado en el ciclo 2016/2017 para la fabricación de bioetanol fue de 138,4 millones de toneladas, sobre un total de 384 millones de toneladas totales producidas en EEUU. Esto representa que el 36 % del total producido.

Estándar de Combustible Renovable (RFS)<sup>viii</sup> es un programa federal estadounidense que requiere que el combustible de transporte vendido en los Estados Unidos contenga un volumen mínimo de combustibles renovables.

La fijación de los cupos de mezcla es determinada por la EPA<sup>ix</sup> estableciendo regulaciones a nivel federal para usar combustibles bajos en carbono. El Estándar de Combustible Renovable (RFS) se originó con la Ley de Política Energética de 2005 y fue ampliada por la Ley de Independencia y Seguridad Energética de 2007.

Las automotrices estimularon el mercado lanzando versiones con motores adaptados al uso de niveles de mezclas hasta el 15 %. En 2018 el 90% de los modelos ofrecidos al mercado contaban con dicha aprobación.

Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en Inglés, a fines de mayo del 2019, firmó una nueva regla administrativa que permite el corte de la gasolina con 15% de combustible de etanol durante todo el año. La nueva norma aplica una exención a las reglas que prohibían la venta de E15 desde el 1 de junio hasta el 15 de septiembre.

### 2.9.7.2. Bioetanol en Brasil

Brasil desde hace más de 40 años reformuló su matriz energética a partir del bioetanol. La crisis del petróleo de los años 70 definió políticas de estado y sostenimiento a la actividad con fuertes incentivos y aporte crediticios.

**Plinio Nastari<sup>x</sup>**, fundador y presidente de Datagro, principal consultora agrícola de Brasil señaló en su reciente visita a Argentina *“En los últimos 40 años, la sustitución de gasolina con etanol permitió a Brasil el ahorro de 3.000 billones de barriles de gasolina, que permiten tener reservas de 12.500 millones de barriles de petróleo condensado. Se estimó que el reemplazo de bioetanol por gasolina contribuyo a las reservas del en una suma equivalente a U\$S 388.000 millones por el reemplazo de gasolina por etanol”*.

En este sentido, aseguró que *“los consumidores de los países del Mercosur respondieron de forma positiva. Actualmente en Brasil más del 90% de los vehículos tienen sistema flex (mezcla y sólo alcohol). La sustitución de gasolina llega al 45,7%. Se está avanzando a través del programa RenovaBio en una regulación nueva, muy moderna y eficiente, que promueve aumentos de eficiencia energética. El objetivo es alcanzar el 55% de bioetanol en 10 años. Es el país más avanzado en esta mezcla”*

## 2.10. La producción de biojet

### 2.10.1. España

Entre los SAF (Sustainable Aviation Fuel) destaca el biojet, un tipo de biocombustible que ya se está fabricando a partir de residuos biológicos orgánicos. En otras palabras, para su obtención se pueden aprovechar los desechos de industrias como la agricultura o la ganadería, así como la basura doméstica o las actividades relacionadas con limpieza, mantenimiento y trabajos forestales. Tras varias etapas de procesado que implican reacciones a alta presión y temperatura, además de fases de purificación, se pueden obtener versiones 'bio' de "casi" todos los hidrocarburos conocidos, tales como "biopropano, bionafta y, por supuesto, biojet”.

Al margen de reducir emisiones y permitir el reciclado de residuos, la principal ventaja de este biocombustible es que constituye una solución inmediata, ya disponible para los aviones y para otros medios de transporte. "Tienen propiedades físico químicas similares a los combustibles que usamos hoy en día y elevada densidad energética, lo que permite su uso en los motores actuales de las aeronaves, y aprovechar, por tanto, las infraestructuras ya existentes de repostaje y distribución. Además, los aviones podrán cargar, con los mismos estándares de seguridad, una cantidad de energía equivalente a la que llevan ahora, lo que les permitirá seguir cubriendo grandes distancias”, explica Miguel Ángel García Carreño, gerente de Economía Circular y Descarbonización Industrial de Repsol Technology Lab.

El biojet tiene propiedades similares a los querosenos tradicionales, lo que permite usarlos en los motores de los aviones, y aprovechar las infraestructuras ya existentes de repostaje.

A la vista de sus ventajas, las compañías aéreas ya están realizando pruebas para utilizar biojet en los motores de los aviones, de momento mezclándolo con los querosenos convencionales, tal y como establece la legislación europea. En España, Iberia y Repsol realizaron en noviembre del año pasado el primer vuelo con biocombustible producido a partir de residuos. Tuvo lugar entre Madrid y Bilbao y logró reducir la emisión de 1,4 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, gracias al uso de un biojet fabricado por la compañía energética en su refinería de Petronor.

Y esto supone solo el primer paso de la producción en España de estos biocombustibles generados a partir de residuos, que se pueden usar en todo tipo de vehículos, no solo en los aviones. El próximo año estará operativa la planta que Repsol está construyendo en su refinería de Cartagena, que producirá 250.000 toneladas de biojet, biodiésel, bionafta y biopropano, que permitirán reducir casi un millón de toneladas anuales de CO<sub>2</sub><sup>xi</sup>.

Primer vuelo con biojet en España a cargo de Iberia, Repsol-Petronor. Realizado el miércoles 3 de noviembre de 2021, el primer vuelo con el biojet con residuos vegetales fabricado por Petronor el pasado mes de agosto. El vuelo regular Madrid-Bilbao IB 426 fue operado con el Airbus A320neo de la aerolínea, con capacidad para 180 pasajeros y actualmente uno de los aviones más eficientes del mundo.

Petronor ha fabricado el primer lote de biojet del mercado español producido a partir de residuos vegetales, lo que marca un hito relevante en la producción de combustibles con baja huella de carbono y supone una evolución en la descarbonización de los combustibles para transporte aéreo, un segmento donde la electrificación no es viable por el momento.

El lote fabricado consta de 5.300 toneladas de combustible y cumple con los estrictos requisitos de calidad del producto y con las condiciones de sostenibilidad de la cadena de producción, logística y de comercialización. Su uso evitará la emisión de 300 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El vuelo logró reducir la emisión de 1,4 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, gracias a la mejora de la eficiencia en el consumo que aporta el avión, unida al uso del biocombustible sostenible.

### 2.10.2. Europa fomenta el biojet en el sector aeronáutico

Las instituciones comunitarias han establecido diferentes medidas para fomentar el uso de biojet en el sector aeronáutico. Los biocombustibles avanzados procedentes de residuos están incluidos en la lista de combustibles sostenibles en la Directiva Europea de Energías Renovables.

El pasado 14 de julio la Comisión Europea presentó el paquete de medidas Fit for 55, que incluye la iniciativa RefuelEU Aviation, cuyo objetivo es impulsar la oferta y demanda de combustibles de aviación sostenibles en la Unión Europea, alcanzando un uso del 2% en 2025, del 5% en 2030 y del 63% en el año 2050. De este modo, se reduce la huella ambiental de la aviación, al tiempo que se contribuye a la consecución de los objetivos climáticos de la Unión Europea.

En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima reconoce que los biocombustibles constituyen la tecnología renovable más ampliamente disponible y utilizada en la actualidad en el transporte, especialmente en sectores como el de los vehículos pesados y el de la aviación, donde la electrificación presenta dificultades actualmente.

Las rutas de fabricación de biojet deben estar aceptadas en las exigentes especificaciones técnicas internacionales y **debe mezclarse con el JET A1** convencional respetando los límites máximos establecidos en las especificaciones técnicas.

La ruta aplicada en el lote utilizado en este vuelo es la que dispone de la tecnología más madura y, en la práctica, es la que puede suministrar SAF (Combustibles Sostenibles de Aviación, por sus siglas inglés) en cantidades industriales. La mezcla máxima aceptada es de un 5% para poder cumplir con los requisitos de calidad establecidos por las especificaciones internacionales<sup>xii</sup>.

### 2.10.3. EEUU

La compañía especializada en el desarrollo y producción de biocombustibles con intensidad de carbono negativa, Aemetis, dijo que ha firmado una carta de intención para proveer 1,3 millones de metros cúbicos de biojet a 8 compañías aéreas nucleadas en la alianza One World.

Una vez finalizados, los acuerdos cubrirán el despacho en el Aeropuerto Internacional de San Francisco de combustible de aviación sostenible (SAF) durante un período de siete años a partir de 2024.

Los miembros de One World incluidos en la carta de intención son Alaska Airlines, American Airlines, British Airways, Cathay Pacific, Finnair, Iberia, Japan Airlines y Qatar Airways. Aemetis dijo que otros miembros de la alianza podrían sumarse a la iniciativa en los próximos meses.

El combustible de Aemetis contiene 40% de biocombustible y 60% de combustible de aviación de petróleo para cumplir con los estándares internacionales de combustible de aviación sostenible combinado. One World tiene el objetivo de utilizar 10% de combustible de aviación sostenible en todas las aerolíneas que componen la alianza para 2030. El combustible de aviación sostenible se producirá en la planta 'Aemetis Carbon Zero', actualmente en desarrollo en Riverbank, California. La instalación utilizará madera de desecho para producir hidrógeno celulósico, que luego se combinará con desechos y aceites sostenibles no comestibles y electricidad hidroeléctrica con intensidad de carbono cero para producir combustible de aviación sostenible.

Si bien la tecnología existe hoy en día, el combustible de aviación sostenible aún no está disponible a gran escala. Los acuerdos de compra, como este compromiso de One World, así como las inversiones específicas, las regulaciones y los mecanismos de apoyo del gobierno, ayudarán a permitir la migración de la industria hacia los biocombustibles.

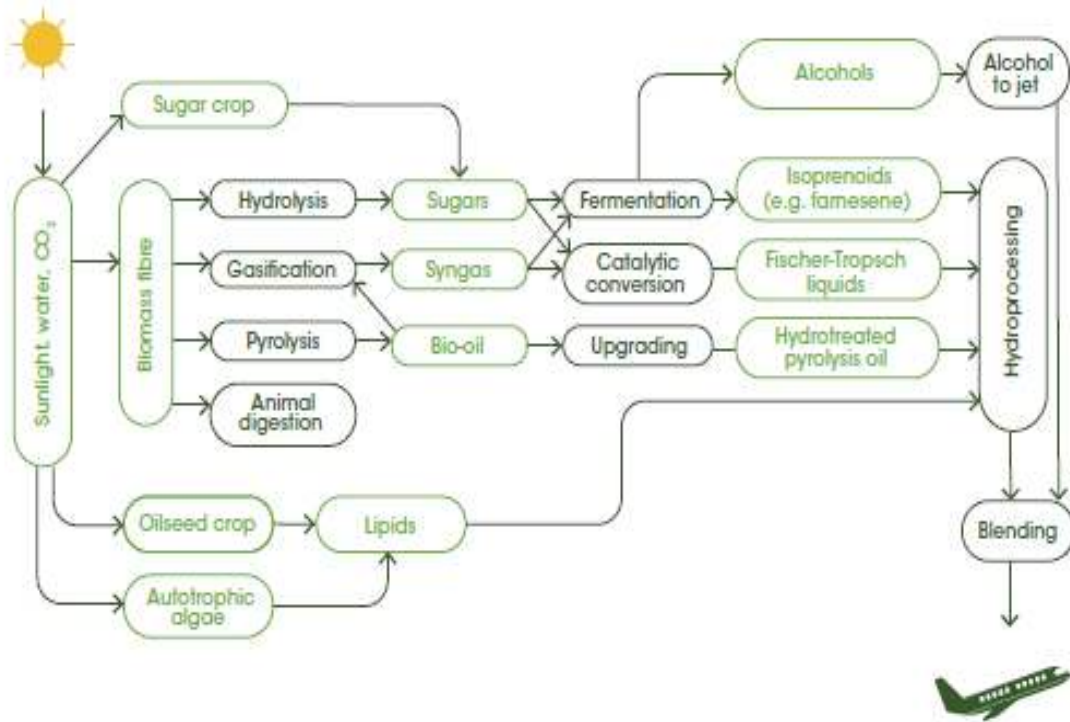
El presidente de One World y director ejecutivo de Qatar Airways Group, Akbar Al Baker, dijo que «Nuestra alianza se une a la industria para respaldar la transición a cero neto. Dado que el combustible de aviación sostenible (SAF) desempeñará un papel importante en el cumplimiento de los objetivos de descarbonización de la aviación, estamos orgullosos de establecer otro hito e impulsar el uso de SAF a escala comercial<sup>xiii</sup>

#### **2.10.4. Combustibles a partir de la caña de azúcar**

Al Costa, director general de Alkol, consultora especializada en etanol y caña de azúcar, defiende el cultivo de esta planta en España por su capacidad para generar variados productos. Destaca especialmente los relacionados con la energía (etanol y electricidad) y añade la última aportación en este campo: biodiésel. En Brasil ya funcionan cientos de autobuses con biodiésel a partir de caña de azúcar, obtenido gracias a la modificación genética de la levadura de la cerveza. Además, una misma planta puede producir etanol y biodiésel.



FG10: Opciones de producción de biojet (informe IRENA)



Existen 8 tecnologías de producción de biojet con certificado ASTM (Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo.), la norma que rige este sector es la ASTM D7566.

Los niveles de certificación tienen un rango de 1 a 9, por lo que, si se encuentra en el nivel 9, es una tecnología de producción que se puede comerciar. En un rango 1-3 está en investigación.

Actualmente la única vía tecnológica con nivel 9 es HVO/HEFA, que trata en la mayoría de los casos aceites para convertirlos en biocombustibles.

En particular, la tecnología ATJ (alcohol-to-jet) se encuentra ya en los niveles 7-8, lo que la convierte en una posibilidad viable a corto plazo.

El proceso alcohol-to-jet queroseno parafínico sintético (ATJ-SPK) fue certificado en 2016 (utilizando un isobutanol intermedio) y 2018 (utilizando un etanol intermedio) para los niveles de mezcla hasta el 50%. Las materias primas pueden incluir azúcares de almidones, p. ej., maíz, caña de azúcar o remolacha azucarera, o de la biomasa de celulosa. La vía que usa etanol como intermediario se basó en el LanzaTech proceso, que implica la fermentación del CO<sub>2</sub> gases de escape al etanol. La producción de alcohol intermedio, utilizando un proceso de fermentación bioquímica, es seguido por la producción de hidrocarburos, mediante deshidratación, oligomerización e hidrogenación para producir hidrocarburos.

**2.10.5. Ventajas y desafíos de las diferentes vías tecnológicas para hacer combustibles biojet. (en particular la tecnología usada para tratar la caña de azúcar)**

El proceso de combustible de alcohol-to-jet (ATJ) ha sido demostrado con dos intermedios de alcohol, isobutanol y etanol, recibiendo la certificación ASTM para el uso en mezclas del 50% con el combustible convencional del jet. Son posibles rendimientos teóricos de chorro de hasta el 70%, con gasolina siendo el otro producto. Aunque este rendimiento es considerablemente superior a la alcanzable a través de la HEFA o termoquímicos, un desafío continuo es el valor del alcohol intermedio. Por ejemplo, el isobutanol tiene un valor de mercado más alto como sustancia química que como materia prima de combustible biojet potencial. El etanol tiene un problema, que se utiliza ampliamente en el transporte por carretera. La sostenibilidad global de las materias primas también

tendrá que ser de carbono de las emisiones de carbono de la combustible biojet final. Aunque las materias primas a base de maíz pueden resultado en combustibles de bajo consumo de carbono, lignocelulósicos se prevé que las materias primas basadas en la biomasa reducciones de emisiones mucho mayores (OACI, 2019d).

**2.10.6. Resumen de los precios mínimos de venta de combustible (MFSP) de combustible de biojet para diferentes vías tecnológicas calculadas por diferentes autores basados en evaluaciones tecno-económicas.**

TB6: Resumen de precios mínimos de venta de biojet para diferentes tecnologías

Technology	Feedstock type	MFSP in units used in reference	MFSP in USD/tonne	Source
HEFA/HVO	UCO	EUR 30.8/GJ	1 593	(de Jong et al., 2015)
	Yellow grease	USD 0.66-1.24/L	825-1 550	(Bann et al., 2017)
	Tallow	USD 0.79-1.42/L	988-1 775	(Bann et al., 2017)
	Soybean oil	USD 0.87-1.60/L	1 086-2 000	(Bann et al., 2017)
	Jatropha oil	EUR 2 000/tonne	2 360	(Neuling and Kaltschmitt, 2018)
	Palm oil	EUR 890/tonne	1 050	(Neuling and Kaltschmitt, 2018)
	Vegetable oil	USD 2.22/kg	2 220	(Diederichs et al., 2016)
	UCO	EUR 51-91/MWh	721-1 089	(Brown et al., 2020)
Gasification/FT	Forest residues/wheat straw	EUR 41.1-60.5/GJ	2 124-3 127	(de Jong et al., 2015)
	Biomass	EUR 75-144/MWh	898-1 724	(Brown et al., 2020)
	All wastes	EUR 53-104/MWh	635-1 245	(Brown et al., 2020)
	MSW	USD 0.95-1.39/L	1 188-1 738	(Bann et al., 2017)
	Lignocellulose	USD 2.44/kg	2 440	(Diederichs et al., 2016)
Pyrolysis, bio-oil and upgrading	Forest residues/wheat straw	EUR 29.68-42.24/GJ	1 534-2 183	(de Jong et al., 2015)
	Forest residues/wheat straw (bio-oil co-processing)	EUR 79-139/MWh	946-1 664	(Brown et al., 2020)
	Forest residues/wheatstraw (bio-oil stand-alone)	EUR 82-127/MWh	982-1 520	(Brown et al., 2020)
	Forest residues/wheatstraw (FP bio-oil)	USD 3.39/gallon	1 120	(Jones et al. 2013)
	Woody biomass (FPH)	USD 1.02–2.10/L	1 275-2 625	(Bann et al., 2017)
ATJ	Forest residues (mixed alcohols)	EUR 54.80-79.91/GJ	2 832-4 130	(de Jong et al., 2015)
	Ethanol	USD 2.84/gallon	938	(Geleynse et al. 2018)
	Isobutanol	USD 2.23-3.37/gallon	736-1 113	(Geleynse et al. 2018)
	Wheat straw/isobutanol	EUR 1 325/tonne	1 564	(Neuling and Kaltschmitt, 2018)
	Wheat grain/isobutanol	EUR 827/tonne	976	(Neuling and Kaltschmitt 2018)
	Corn grain/ethanol-nth plant	USD 4.20/gallon	1 387	(Tao et al. 2017)



	Corn stover/ethanol-nth plant	USD 5.37/gallon	1 773	(Tao et al. 2017)
	Sugarcane	USD 0.96/L	1 200	(Yao et al. 2017)
	Corn grain	USD 1.01/L	1 263	(Yao et al. 2017)
	Switch grass	USD 1.38/L	1 725	(Yao et al. 2017)
	sugarcane fermentation	USD 2.54/kg	2 540	(Diederichs et al. 2016)
Advanced Fermentation	Sugarcane (advanced)	USD 1.10–1.96/L	1 375-2 450	(Bann et al., 2017)
	Corn grain (advanced)	USD 1.30–2.10/L	1625-2 673	(Bann et al., 2017)
	Herbaceous biomass (advanced)	USD 2.16–2.92/L	2700-3 650	(Bann et al., 2017)
	Lignocellulose (syngas)	USD 3.43/kg	3430	(Diederichs et al. 2016)
Catalytic hydrothermolysis	Brown grease	USD 2.51/gallon	829	(Mcgarvey, Tyner, and Lafayette 2018)
	Yellow grease	USD 3.52/gallon	1162	(Mcgarvey, Tyner, and Lafayette 2018)
	Carinata oil	USD 5.35/gallon	1767	(Mcgarvey, Tyner, and Lafayette 2018)
SIP	Forest residues/wheat straw	EUR 109.59-146.12/GJ	5664-7552	(de Jong et al., 2015)

### 2.10.7. La intensidad de carbono de los combustibles de biojet y las reducciones potenciales de emisiones

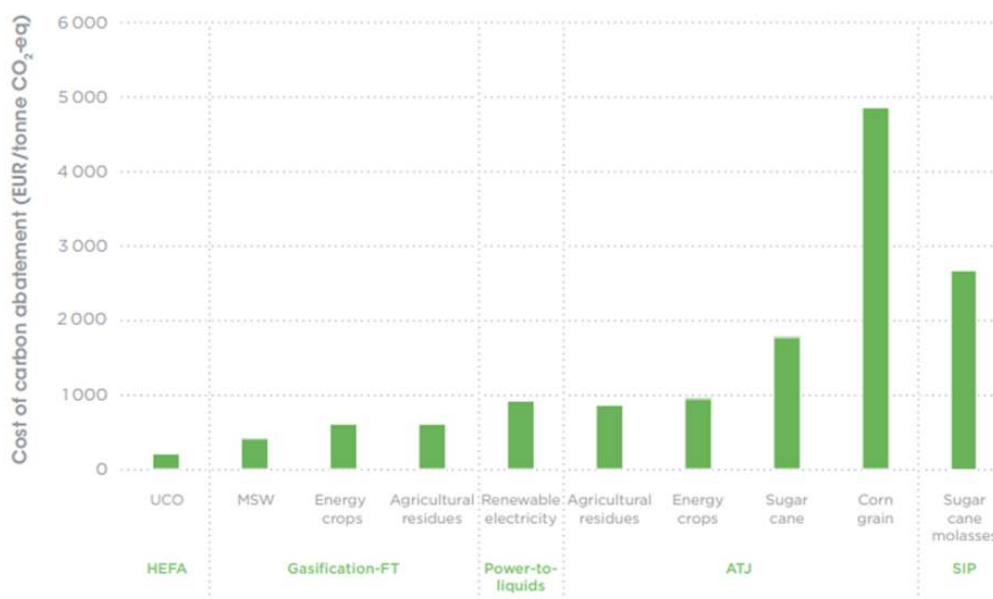
TB7: Emisiones del ciclo de vida por defecto de la OACI para los combustibles elegibles para CORSIA

Fuel conversion process	Region	Fuel feedstock	LSf (g CO <sub>2</sub> -eq/MJ) (core LCA plus ILUC)	
FT	Global	Agricultural residues	7.7	
	Global	Forestry residues	8.3	
	Global	MSW (0% NBC)	5.2	
	Global	MSW (NBC as a %)	NBC*170.5+5.2	
	USA	Poplar	7.0	
	USA	Miscanthus	-22.5	
	EU	Miscanthus	-11.6	
	USA	Switchgrass	6.6	
	HEFA	Global	Tallow	22.5
		Global	UCO	13.9
Global		Palm fatty acid distillate	20.7	
Global		Corn oil (dry mill ethanol plant)	17.2	
USA		Soybean oil	64.9	
Brazil		Soybean oil	67.4	
EU		Rapeseed oil	71.5	
Malaysia and Indonesia		Palm oil – closed pond	76.5	
Malaysia and Indonesia		Palm oil – open pond	99.1	
ATJ (isobutanol)		Global	Agricultural residues	29.3
	Global	Forestry residues	23.8	
	Brazil	Sugarcane	31.3	
	USA	Corn grain	77.9	
	USA	Miscanthus	-10.7	
	EU	Miscanthus	12.4	
	USA	Switchgrass	28.9	
ATJ (ethanol)	Brazil	Sugarcane	32.8	
	USA	Corn grain	90.8	
SIP	Brazil	Sugarcane	32.8	
	EU	Sugarbeet	52.6	

\* g = gram; ILUC = indirect land-use change; LSf = life-cycle emission factor under CORSIA; NBC = non-biogenic carbon

## 2.10.8. Una comparación del costo de la reducción de carbono para diferentes tecnologías de combustible de biojet

FG11: Comparación costo reducción carbono por tecnologías



## 2.10.9. Reducción de costes entre los combustibles convencionales y los biojets.

Dado que la diferencia de precios entre los combustibles convencionales para aviones a reacción y los combustibles para aviones a reacción está restringiendo actualmente la expansión del combustible para aviones a reacción, a continuación, se presentan algunas formas en las que esta brecha de precios podría gestionarse:

- 1- La aerolínea podría comprar el combustible a un precio más alto y aumentar el costo de los boletos para cubrir el aumento del costo del combustible. En mezclas bajas (5%), esto puede ser solo una pequeña cantidad por pasajero;
- 2- Las compañías aéreas pueden comprar el combustible de biojet y dar a los pasajeros la opción de agregar voluntariamente una tarifa adicional al precio del boleto para cubrir el costo del combustible de biojet o para compensar las emisiones asociadas con su vuelo según lo determinado por una calculadora de carbono. Alternativamente, los pasajeros pueden optar por pagar una cantidad global independientemente de las emisiones específicas asociadas con su vuelo;
- 3- Los aeropuertos también pueden ofrecer iniciativas para cerrar la brecha de precios. Por ejemplo, la reducción de las tasas de aterrizaje para las compañías aéreas que utilizan biocombustibles o el uso de otras tasas aeroportuarias para contribuir a la diferencia de precios.

Desde el punto de vista de las aerolíneas, se prefieren políticas que igualen las condiciones entre las aerolíneas. Por esta razón, el mayor impacto en el crecimiento de los combustibles de biojet será, sin duda, las políticas que promueven directamente o exigen un aumento de la producción, como los incentivos para los productores y las mezcladoras. Las políticas conexas que reducen el riesgo financiero para los inversores mediante mecanismos como las garantías de préstamos y las subvenciones para la construcción de instalaciones también contribuirían directamente a mejorar la producción de combustible para reactores biológicos.

## 2.10.10. Desafíos que limitan la producción de combustible de biojet

### 2.10.10.1. Desafíos con respecto a la tasa de comercialización de la tecnología

La tecnología HEFA es actualmente la única vía totalmente comercial y otras tecnologías están en diferentes TRLs. Por lo tanto, el ritmo de comercialización de la tecnología desempeñará un papel importante en la expansión y comercialización generales de la producción de biocombustibles. Tenga en cuenta que la comercialización se define como múltiples instalaciones de la misma tecnología que operan a capacidad o cerca de ella.

La progresión de la tecnología de biocombustibles de un nivel de TRL al siguiente ha sido muy lenta y se estima en 3-5 años por nivel de TRL (Mawhood et al., 2016). Además, la puesta en marcha y la ampliación de una instalación de nueva construcción pueden tardar hasta cinco años. Como ejemplo, la gasificación con vía de síntesis FT basada en biomasa recibió la certificación ASTM en 2009, pero las primeras instalaciones pioneras a escala comercial solo están actualmente en construcción.

En ausencia de políticas de apoyo estables para mitigar el riesgo a largo plazo, una refinería de biojet plantea un alto riesgo para los inversores, particularmente cuando se considera el fracaso de algunas instalaciones de biocombustibles recientes (Fehrenbacher, 2015).

### 2.10.10.2. El reto de los importantes costes de inversión de capital

Los costos de capital varían significativamente entre las diferentes tecnologías. El informe de IRENA determinó que oscilaban entre 129 y 100 dólares por tonelada de combustible, sobre la base del costo medio de capital de cada grupo tecnológico. En el extremo inferior de la gama se encuentra la tecnología HEFA/HVO, que ya está madura y bien comercializada. Sin embargo, la creciente demanda de biojet en el futuro y la limitada disponibilidad de materia prima requerirá una gama más amplia de otras tecnologías que tienen un mayor costo de inversión. El escenario 1.5°C de IRENA (1.5-S), que tiene como objetivo mantener el aumento de la temperatura global a no más de 1.5°C, estima que se necesitarán alrededor de 200 mil millones de litros de combustible de biojet por año. Esto supondrá unos 5000 millones de dólares estadounidenses de costes de inversión anuales hasta 2050. Según el análisis de la ICAO, el crecimiento lineal de la capacidad para proporcionar suficiente biojet para la sustitución completa de combustible convencional para vuelos internacionales requeriría aproximadamente 170 nuevos bio-refinerías que se construirán cada año de 2020 a 2050 con un coste de capital aproximado de USD 15 mil millones a USD 60 mil millones por año (ICAO, 2019a).

El estudio completo fue publicado por Staples y muestra en detalle múltiples escenarios basados en la disponibilidad, costo y asignación de materia prima a diferentes aplicaciones de energía renovable (Staples et al., 2018).

TB8: Escenarios basados en la disponibilidad, costo y asignación de materia prima

Achievement scenario	Production volume in 2050 (Mt/yr)	No. of biorefineries in 2050	New biorefineries per year (2020-2050)	Capital investment per year (2020-2050) (billion USD <sub>2015</sub> /yr)
S2A3F2	30.2	286	9	0.7-2.8
S2A2F2	133.1	1262	41	3.4-13.4
S2A1F2	349.9	3 317	110	9.0-35.9
S2A1F1	850.3	8 061	268	21.9-87.6

**Note:** It is assumed that the biojet fraction is 50% of each biorefinery's total fuel production.

**Scenarios:** S2 = 178.7 EJ/yr of feedstock availability (an intermediate scenario).

A1 = feedstock cost of USD 1/GJ; A2 = feedstock cost at USD 2/GJ; A3 = feedstock cost at USD 4/GJ.

F1 = maximum feedstock going to jet production; F2 = proportional allocation of feedstock to multiple applications; F3 = feedstock used for other applications first.

**Source:** Staples et al. (2018).

### 2.10.10.3. El reto regulatorio; la necesidad de políticas efectivas para la producción de biojet.

La mayoría de las políticas de biocombustibles exitosas en el mundo se han centrado en biocombustibles "convencionales" (etanol, bio/ diésel renovable) y se han basado principalmente en mandatos volumétricos que no especificaban reducciones mínimas de emisiones de carbono (Lane, 2018). Aunque algunas políticas han tratado de promover la producción y el uso de biocombustibles avanzados/de caída directa, en general hay una escasez de políticas asertivas y estables para promover los biocombustibles dropin y los combustibles de biojet en particular (Lane, 2018).

La regulación de la aviación internacional es única y se basa en acuerdos bilaterales o multilaterales entre países.

A nivel internacional, las negociaciones para un mecanismo basado en el mercado (CORSIA) tomaron mucho tiempo, con fechas de implementación progresiva que significan que algunas aerolíneas solo comenzarán a compensarse después de 2027.

Aunque CORSIA proporciona motivación, es probable que tenga un impacto limitado en el desarrollo de combustible de biojet, con la responsabilidad de los desarrolladores de biojet de bajo consumo de carbono para llevar estos combustibles al mercado. Algunas jurisdicciones han desarrollado políticas para abordar las emisiones de la aviación, como el Sistema de Comercio de Emisiones de la UE, que rige alrededor del 40% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE (incluida la producción de electricidad y calor, la producción de cemento, la producción de hierro y acero y el refinado de petróleo (Comisión Europea, n.d. a). Sin embargo, solo es aplicable a los vuelos dentro de la Unión Europea y no se aplica a los vuelos internacionales. Otras jurisdicciones han desarrollado iniciativas relacionadas como los impuestos verdes y el apoyo al desarrollo del biojet (GreenAironline, 2020).

## **2.11. La gestión de residuos**

### **2.11.1. Situación actual de la gestión de residuos**

Las disposiciones de los residuos generados por la industria han sido revalorizadas en los últimos tiempos. La práctica habitual y generalizada de décadas atrás de disponer los residuos no metálicos en predios de disposición pública ya no se realiza, sino que se han incorporado conceptos de reúso y reciclado.

La primera etapa, muy similar en las distintas industrias en distintos países fue la de concentrar en un solo punto los residuos generados. Ese cambio inicial permitió cuantificar e identificar los distintos tipos de residuos con fines de reúso o reciclado.

La toma de conciencia de lo dispuesto en dichos sitios incorporó la práctica de reducir, pues se tomó conciencia en muchos del uso incorrecto y pérdidas de productos.

La clasificación en origen fue la medida que permitió que los materiales a reciclar o reutilizar crecieran y casi se minimizaran los residuos sin valor por el grado de contaminación.

Tomando solo el ejemplo del Ingenio Incauca de Colombia pueden observarse esto que se describe.

### **2.11.2. Modelo de gestión Ingenio Incauca; Colombia**

En dicho Ingenio se desarrolla un modelo de gestión de residuos industriales  
Clasificación de residuos no metálicos:

- Cartón
- Papel
- Polipropileno
- Polietileno (plástico de alta y baja densidad)
- Maderas

- Vidrio.

FG12: Puntos de disposición y clasificación en origen



FG13: Predio de chatarra



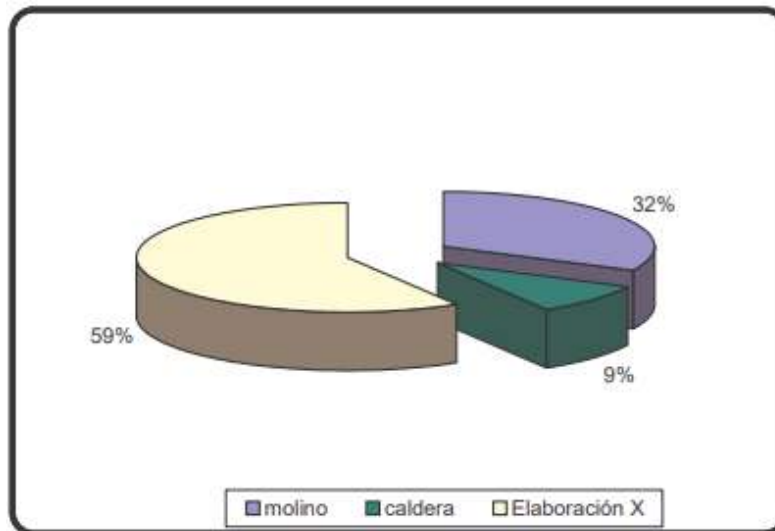
FG14: Tanque recolector de aceite y tanque de almacenamiento de aceite usado



Cuando se identifican los orígenes de los materiales, pueden a partir de esta información adoptarse medidas de corrección o cambios que colaboren en la mejora continua de la gestión ambiental. Como ejemplo puede observarse la cantidad de un determinado producto y su origen

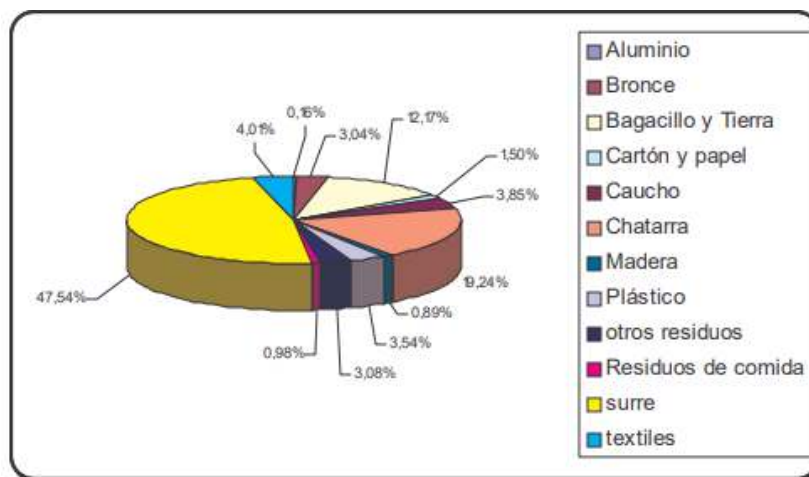


FG15: Cuadro de análisis de origen de material metálico para chatarra



Analizado a nivel general puede observarse un grado de detalle de todos los tipos de materiales con fines de reciclado que han permitido valorizar separadamente y al momento de comercializarlos, que los mismos guarden un nivel de calidad que le agregue valor.

F16: Descripción de los porcentajes por tipo de residuos



Sin dudas que la incorporación de un modelo de gestión ambiental bajo los principios de la economía circular permite recuperar valor y evitar la disposición en sitio público de residuos, que, por carecer de gestión, degradaban su calidad.

Se destaca como principio de orden general, la clasificación en origen, lo que permite que un determinado

## 2.12. El procesamiento de efluentes

La vinaza es un material líquido resultante de la producción de etanol, ya sea por destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa de los jugos de la caña. Su origen es, entonces, las plantas de caña de azúcar por lo que su composición elemental debe reflejar la del material de procedencia. Se trata de un material orgánico líquido que puede contener como impurezas sustancias procedentes del proceso de extracción de los jugos y de la fermentación. En ningún caso elementos extraños, tóxicos o metales pesados; tampoco puede contener elementos en exceso.

Colombia se usa concentrada, incorporándola a compost en la mayoría de las empresas. Para procesa compost todo el año en espacios bajo cobertura. También empresas de biotecnología dan



valor agregado a la misma extrayendo subproductos de alto valor agregado como empresa Sucromiles.

Guatemala lideró el desarrollo en Latinoamérica para procesarla en biodigestores, produciendo biogás para reemplazo de bunker, un combustible de alto costo relativo y tasa elevada de emisión. Servicios manufactureros desarrollo un biodigestor a partir de una destilería que produce 120.000 litros de alcohol día<sup>xiv</sup>. Por la elevada carga orgánica de este efluente, 98.000 de DQO producen 5000 m<sup>3</sup> de biogás/ día tratando un caudal diario de 1440 m<sup>3</sup>/día.

La India cuenta con 440 ingenios con 220 destilerías. En una primera etapa desarrolló la tecnología de biodigestores anaeróbicos, derivando el volumen digestado a campos de caña. Por restricciones a este método de disposición, desarrollo la tecnología de incineración previa concentración, obteniendo cenizas de potasio. Hoy es el país con mayor cantidad de sistemas de tratamiento en operación y es líder a nivel mundial en extender estas tecnologías en otros países productores.

Brasil frente al déficit de potasio de sus suelos, uso la fertirrigación con el método principal de distribución. Vía compost, vinaza cruda o vinaza concentrada, la actividad azucarera recibió la vinaza como sustituto del potasio faltante. Hoy inicio el desarrollo de biodigestores o calderas que permitirán generar energía a partir de esta materia prima.

La cachaza, en su totalidad es dispuesta en campo, vía compost principalmente. Sus contenidos nutricionales, principalmente materia orgánica y nitrógeno, la hacen muy demandada como complemento a la producción.

Raízen, empresa integrada con capitales de Cosan, mayor conglomerado azucarero de Brasil y Shell anunció la construcción de la planta de biogás más grande de América, la cual se ubicará en la ciudad de Guariba, en el estado de Sao Paulo. De esta forma estará próxima al segundo mayor ingenio azucarero que la empresa posee en Brasil. Raízen es una de las mayores empresas de Brasil. Es la principal productora de etanol de caña derivado de caña de azúcar y la mayor exportadora de azúcar en el mercado internacional, además de ser uno de los principales jugadores en la distribución y comercialización de combustibles en Brasil.

La tecnología de los digestores será la de baja tasa y están proyectados para recibir 9.200 metros cúbicos de vinaza por día, produciendo 187.000 Nm<sup>3</sup> de biogás. El volumen mencionado triplica la producción estimada de todo Tucumán.

Según trascendió, los biodigestores podrán recibir 9.200 metros cúbicos de vinaza por día cuya carga total sería 500 toneladas de DQO por día, produciendo 187.000 Nm<sup>3</sup> de biogás diarios. El biogás producido se utilizará para la generación de 17,5 MW por hora de electricidad, que se incorporará a la red de distribución nacional. El digestado de vinaza, que mantiene las concentraciones de componentes nutricionales, se utilizará como fertilizante en las plantaciones de caña de azúcar.

### 3. LA INDUSTRIA SUCRO ALCOHOLERA EN ARGENTINA

#### 3.1. Áreas de siembra

##### 3.1.1. Desarrollo de la actividad en el tiempo

En el año 1963 los registros muestran lo siguiente.

TB9: Producción de toneladas de caña, rendimiento y azúcar total producida

Producción ton. de caña , rendimiento y azúcar producido zafra 1963				
Provincia	Ton. caña	Rendimiento	Az. Total	Partic. %
Tucuman	7.243.979	8,51	616.463	65,0%
Salta	875.009	9,95	87.063	9,2%
Jujuy	2.283.840	10,74	245.284	25,9%
<b>Total</b>	<b>10.402.828</b>	<b>9,12%</b>	<b>948.810</b>	<b>100,0%</b>

El reporte elaborado por el INTA<sup>xv</sup>, publicado en febrero de 1966, página 17 y 18 describe a la actividad azucarera nacional a partir de una amplia información estadística que brinda información de la realidad cambiante a lo largo de más de 32 años.

El trabajo del INTA describía así la realidad de la actividad azucarera nacional antes del cierre de 11 Ingenios en el año 1966. El valor de la producción azucarera ocupa el cuarto lugar dentro de los productos agrícolas nacionales. Este valor asciende a 30.000 millones de pesos anuales, de los cuales el 57 % corresponde a la materia prima (caña de azúcar) y 43 % a la faz industrial. Sumando el valor de la melaza y el alcohol se adicionan mil millones de pesos más. En Tucumán, la caña de azúcar ocupa el 62 % del área destinada a agricultura y el número de productores se estima en 20.000. De este total el 75 % son productores de 10 o menos has y abastecen el 22% de la materia prima. 650 productores con campos de más de 60 has. aportan aproximadamente el 62 % de la caña a moler. En tiempo de zafra se movilizan más de 100.000 obreros para el levantamiento de la caña en el periodo de zafra”.

Analizando Salta y Jujuy, el documento señala lo siguiente. “En Salta y Jujuy, el número de productores es muy reducido. Por lo general el área cultivada por cada productor oscila entre 50 y 500 has. Existen Ingenio que no cuentan con cañeros. Son productores de toda la materia prima que muelen”.

Reflexionando sobre esta realidad diferencial entre áreas, señalan lo siguiente: “Los procesos económicos de Tucumán están directamente ligados a su estructura social, cuya muestra principal es el grave problema del minifundio. Por más que se logre tecnificar las explotaciones, nunca se podrá dar al productor los ingresos necesarios para sus necesidades vitales”.

Analizando las posibilidades de producción a futuro, en página 37 del mismo documento señala “En las provincias de Salta y Jujuy se observa hace 4 años (el año analizado era 1965) una marcada tendencia a mejorar sus rendimientos y en un futuro cercano podría esperarse un promedio zonal de 10.000 kilos de azúcar por ha. Estos logros, de alcanzarse, colocaría al norte en el tercer lugar en el mundo. No se pretende colocar a Tucumán en igualdad de posibilidades, pero existen grandes posibilidades de lograr mejoras sustanciales. Para ello un factor importante es el ordenamiento de la cosecha, reduciendo las pérdidas por estacionamiento, lo que mejorara el rendimiento sacarino, incrementando ingresos. Las fábricas deben alcanzar mejoras de eficiencia de molienda y fabricación que garanticen una mayor recuperación de azúcar”.

Este análisis estadístico y productivo de la actividad toda, se publica 4 meses antes del cierre de 11 ingenios, en junio de 1966. Entre las medidas drásticas que se dictaron, se sumó la quita del cupo de producción de azúcar que los minifundistas poseían. Este cupo era otorgado por la autoridad de

aplicación en función de la capacidad productiva de cada uno. Lo curioso era que el cupo no estaba adherido a la tierra, por lo que se dieron situación de productores que tenían cupos sin contar con el respaldo de la materia prima. En sentido inverso, había productores que tenían materia prima y no cupo asignado, que los obligaba a comercializar a precio de quebranto. Esta situación, a todas luces inequitativa, generó un comercio espurio de caña con y sin cupo, afectado a parte del cuerpo social involucrado en la actividad.

Esto que se describe, expulsó a productores minifundistas y obreros asociados a este modelo productivo, hacia centros urbanos del país, con gran concentración en Buenos Aires. Este colapso cambió la realidad productiva de la Provincia, pero el impacto mayor se dio, sin dudas en la realidad social de esta. Esto, ocurrido hace ya 56 años, generó cambios que son parte de la realidad actual. Hoy el minifundio aporta estimativamente el 5% de la caña que se muele en Tucumán. Creció la figura del arriendo y un fuerte cambio en la tenencia de la tierra.

Consultas a técnicos que asesoran a grupos de productores, respecto a la tendencia que se observa, señalan lo siguiente. Entre invertir en tecnología (riego por goteo como ejemplo) o expandirse, la opción es crecer en superficie. Señalan lo siguiente. "hay inversiones en mejoras tecnológicas pero el foco principal está puesto en adquirir mayores superficies ya con caña y crecer en volumen.

Esto resiente el crecimiento vertical pero el productor incrementa su oferta con mayor volumen de caña con las ventajas que ello representa. La figura que creció es la de arriendo a pagar por bostas de azúcar. El valor promedio estipulado, que tiene sin dudas variaciones en más y menos, es de 11 bolsas de 50 kilos por ha y por año.

En el año 2004, el NOA<sup>xvi</sup> se reportaban 280.830 ha cultivadas con caña de azúcar, creciendo al 2.018 a 371.829 ha entre las provincias de Tucumán, Jujuy y Salta, lo que implicó un incremento superior al 24% en el territorio. En este sentido, analizando el crecimiento del área por provincia se observa lo siguiente: Salta creció sobre la ocupación de áreas cultivadas con hortalizas, citrus y banana, especialmente en el departamento Orán. En Jujuy fue sobre áreas con granos y tabaco en los departamentos El Carmen, Palpalá y San Antonio. En Tucumán fue sobre áreas ocupadas con granos en los departamentos Burreyácu, Cruz Alta y Leales, principalmente.

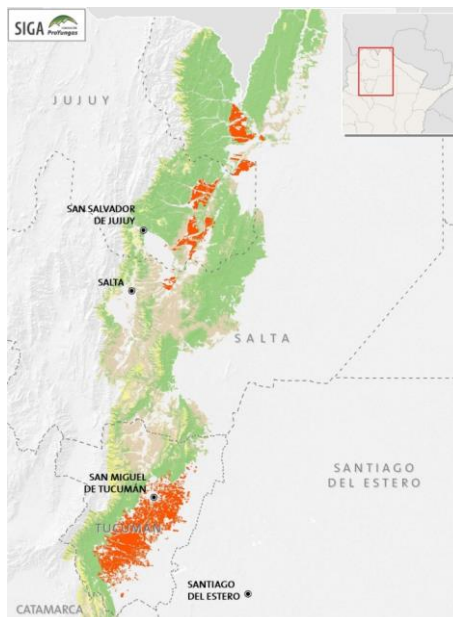
**TB10: Superficie con caña de azúcar e incremento entre 2004 y 2018**

Provincia	Superficie 2004	Superficie 2018	% incremento
Tucumán	195500	273737	39,5
Salta	26040	34934	34,5
Jujuy	59290	63158	6,5
Total	280830	371829	32,4

Sin dudas que el gran incremento de área con caña de azúcar ocurre en la provincia de Tucumán con un porcentaje cercano al 40 % que representaron 78200 ha incrementales. Salta con un 34,5 de incremento, solo suma 8900 has. Jujuy crece menos aún, solo 3800 has.

El mapa de distribución de la producción cañera del año 2018, la observamos en el siguiente mapa de las 3 provincias azucareras<sup>xvii</sup>

**FG17: Áreas bajo producción en Salta, Jujuy y Tucumán**

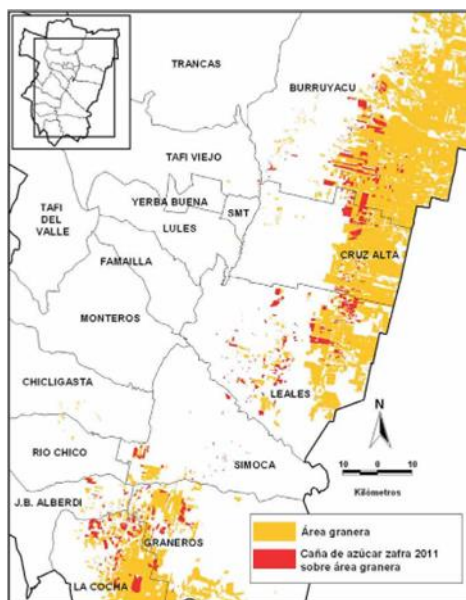


Esta amplia distribución tiene requerimientos hídricos diferentes debido a su localización geográfica.

### 3.1.2. Expansión del cultivo de caña de azúcar en Tucumán

El crecimiento de las áreas bajo cultivo en Tucumán, como claramente lo señala el informe de la EEAO, se realizó sobre áreas típicas de producción de soja, un área de bajo régimen de precipitaciones. Es importante analizar la relación entre la producción y el requerimiento hídrico del cultivo.

**FG 18: Área tradicional de soja. Reemplazo por caña de azúcar**

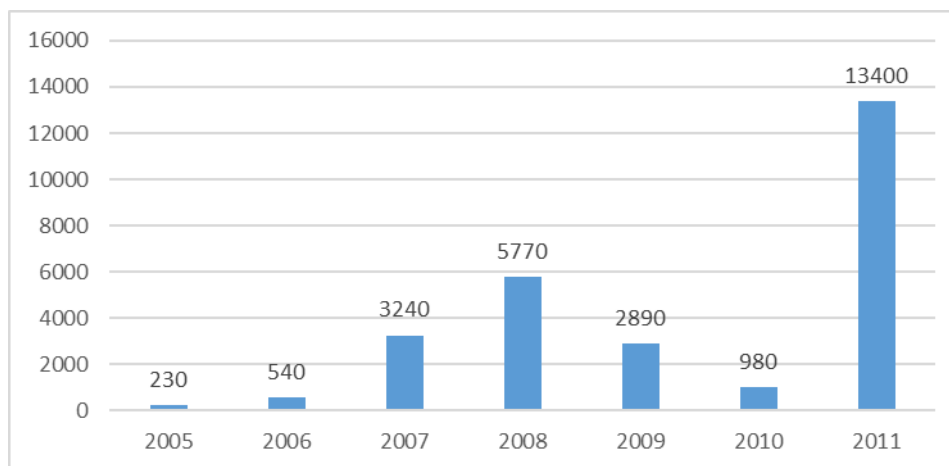


Ente el 2001 al 2011, por buenos precios en los primeros años y buenas rentabilidades, estimuló en crecimiento. Por la apertura de producción de bioetanol a partir del año 2008, la agroindustria visualizo positivamente la diversificación de la producción, iniciando su participación en el mercado de biocombustibles.

Las has que año a año se fueron reemplazando, avanzaron con la expectativa de una mayor rentabilidad que el cultivo que reemplazaban, en este caso, la soja. También es necesario señalar que la estacionalidad del cultivo de la leguminosa y el periodo de en qué se lleva a cabo son

determinantes también. La simultaneidad de ocurrencias del periodo estival con lluvias con el periodo del cultivo de soja permite su realización sin inconvenientes con régimen hídricos normales para la regio sojera. La caña tiene un requerimiento hídrico sensiblemente mayor, por lo que la expansión a dichos territorios mostro resultados no del todo óptimos. Lo observamos en la siguiente tabla<sup>xviii</sup>

**FG19: Incremento de superficie con caña de azúcar entre 2005 y 2011**



La expansión se hizo principalmente en 3 departamentos de la Provincia, Burruyacu, Cruz Alta y Leales. Lo observamos a nivel de cada departamento de la Provincia de Tucumán.

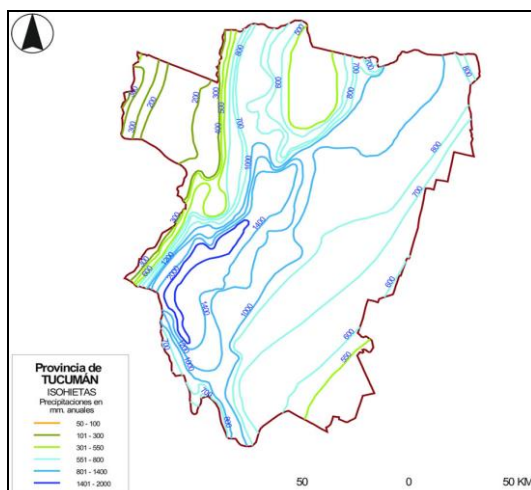
**TB11: Área granera sustituida por caña de azúcar<sup>xix</sup>**

Área granera sustituida con caña de azúcar (ha)*								
Fecha	Burruyacu	La Cocha	Leales	Cruz Alta	Graneros	Simoca	J. B. Alberdi	Total
Marzo a mayo años 2001 a 2004	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo 2005	110	50	30	10	0	30	0	230
Abril 2006	30	130	100	140	100	40	0	540
Abril 2007	450	1.260	660	480	390	100	80	3.420
Abril 2008	2.020	1.510	1.160	290	680	110	0	5.770
Abril 2009	860	560	450	850	10	160	0	2.890
Marzo 2010	190	80	380	260	20	50	0	980
Mayo 2011	4.230	1.520	4.190	1.420	1.320	260	460	13.400
<b>Total</b>	<b>7.890</b>	<b>5.110</b>	<b>6.970</b>	<b>3.450</b>	<b>2.520</b>	<b>750</b>	<b>540</b>	<b>27.230</b>

Estas áreas no tienen la capacidad productiva de la zona núcleo. Menores precipitaciones hacia el este afectan a ambos departamentos. Se suma a ello la marginalidad por salinidad hacia el sud-este, en la zona de Leales. Estas son las condiciones y características de los sectores hacia donde se expandieron las nuevas áreas cañeras.

El mapa de Isohietas de Tucumán<sup>xx</sup> elaborado por la Oficina de Riego Agropecuario, muestra los niveles medio de precipitaciones. Toda información de datos promedio están compuestos por información de menos y más milímetros. Años de bajas precipitaciones, estas áreas marginales se conviertan en áreas no aptas para el cultivo de caña de azúcar.

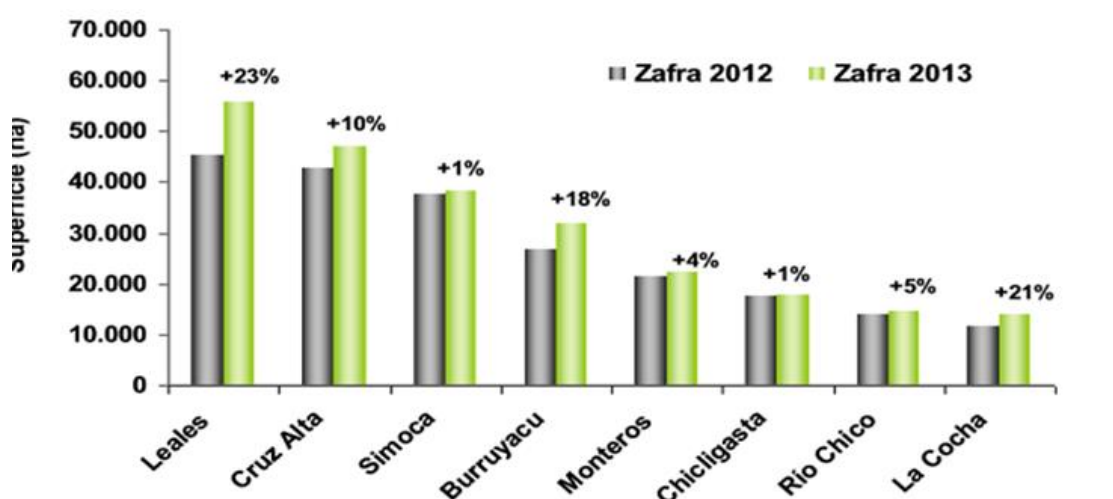
FG20: Mapa de Isohietas de la Provincia de Tucumán



De las 27.300 has transformadas en el periodo 2005-2011, el 50% ocurre en el año 2010, como se señaló, coincidente con el lanzamiento del programa de bioetanol. A pesar de ello el crecimiento de superficie caña no es acompañado con mayores producciones totales.

Analizando además un mapa de isohietas, se observa que es en la región este de Tucumán donde se ubica la gran expansión de lo analizado entre 2005 y 2011. El departamento Burruyacu registra valores de lluvias promedio entre 600 y 700 mm con tierras de menor capacidad productiva, influenciado justamente por el régimen hídrico de dichos espacios. Esta decisión de crecer territorialmente se repitió el año siguiente plantando en año 2012 para cosecha del 2013<sup>xxi</sup>. Esto se observa en la Figura 21. Allí se observan el % de has incrementales entre zafra 2012 y 2013, principalmente en 3 áreas. Leales, Cruz Alta y Burruyacu.

FG21: Incremento porcentual de áreas con caña según departamento. Prov. Tucumán



En el Reporte Agroindustrial 94, de la EEAOC, reporta el área cosechable y la estimación de producción para zafra 2014, señalando "El ciclo vegetativo 2013-2014, no fue el óptimo debido a que el cañaveral tucumano arrastraba los efectos de 2 años anteriores con situación altamente desfavorables por sequías, heladas severas y quemas descontroladas".

Sin dudas que las 2 causas de origen climático afectaron en mayor medida a los sectores marginales. Por ello, en zafra 2014, a causa de malos resultados productivos, se reducen 13500 has. (278.780 has en 2013 vs 265.250 en zafra 2014). Parte de las hectáreas que se redujeron, fueron las implantadas entre el 2010 y 2013 en zonas marginales.



### 3.1.2.1. Capacidad productiva de Tucumán

El Ingeniero Franco Fogliata<sup>xxii</sup> analizó producción y productividad de la caña de azúcar en Tucumán. Los periodos analizados corresponden a 3 zafra, 2006, 2013 y 2018. Los resultados se observan en la siguiente tabla.

TB50: Áreas bajo cultivo y productividad en la serie de años

Año	Superficie (ha)	Total caña	Rendimiento Fabril	Total Azúcar	Ton/caña /Ha	Azúcar ha
2006	203.217	14.215.029	11,21	1.525.140	69,9	7505
2013	278.516	14.516.254	8,66	1.259.944	52,12	4513
2018	273.460	15.834.549	8,69	1.362.822	57,9	4983

La zafra del año 2006 fue la mejor de la serie. Contó con un buen nivel de renovación de los cañaverales a causa de óptimas rentabilidades tanto del sector industrial como agrícola. Los buenos precios del azúcar en esas campañas estimularon inversiones directas al cultivo. Es importante señalar que estos resultados estuvieron determinados también por acuerdos sectoriales para administrar excedentes y mantener ofertas equilibradas al mercado doméstico. En síntesis, se operó con visión y objetivos comunes.

Comparando zafra 2006 vs 2013, se cuenta con 37 % más de has. cosechadas, pero solo 2 % más de azúcar. El rendimiento industrial cae 2,55 puntos de rendimiento azúcar % caña. Contando con un 34% más de superficie entre 2006 y 2018, la producción de caña solo incrementa un 11% y el azúcar total cae a su vez un 11%. Este último dato muy influenciado por el bajo rendimiento fabril de dicha campaña. El azúcar por ha de zafra 2006 nunca se repite ni se alcanzan valores aproximados en años subsiguientes. Esa meta debe ser meta objetivo para la agroindustria de Tucumán.

### 3.1.2.2. Segmentación de la productividad de la caña de azúcar en Tucumán

La estación experimental de Tucumán eleva anualmente un reporte de estimación de producción global. Este relevamiento se realiza con Información de los satélites Sentinel 2<sup>a</sup> y 2B MSI<sup>xxiii</sup>, relevadas generalmente entre los meses de febrero y mayo de cada año.

A su vez estima la producción, segmentando en 3 niveles de toneladas de caña por ha. (TCH).

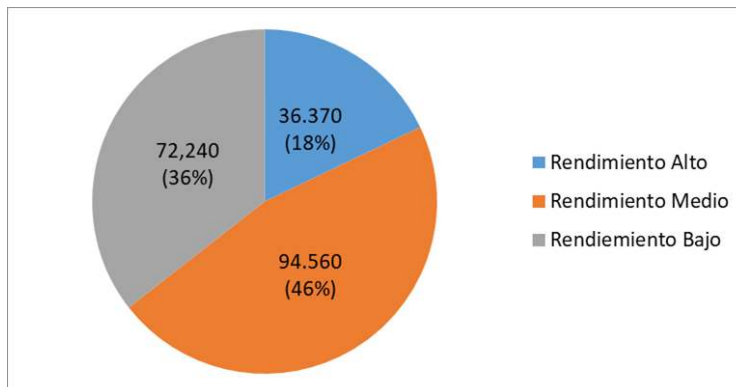
Los rangos son:

- Alta Productividad: > a 75 TCH
- Media Productividad: entre 55 y 75 TCH
- Baja Productividad < a 55 TCH

Analizando esta en zafra 2006<sup>xxiv</sup> el segmento de altas producciones, iguales o superiores a 75 TCH, representaban el 18 % de las has bajo cultivo. En el rango de baja producción, menor a 55 TCH, solo el 36 %.

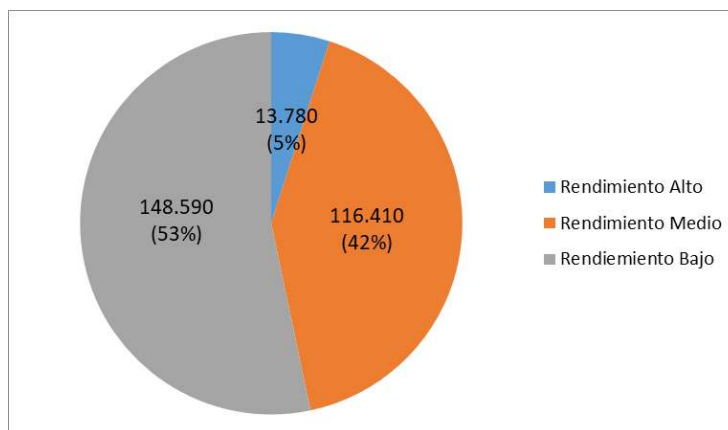


FG21: Clasificación de producción para zafra 2006. Fuente: SRySIG – EEAOC



Analizando el 2013<sup>xxv</sup>, con un crecimiento hacia el este de la provincia, con limitaciones hídricas, y 2 años fuerte déficit hídrico, da como resultado una producción de en has implantadas, las producciones de alto rango solo acumulaban el 5%. Las de menor producción el 53%.

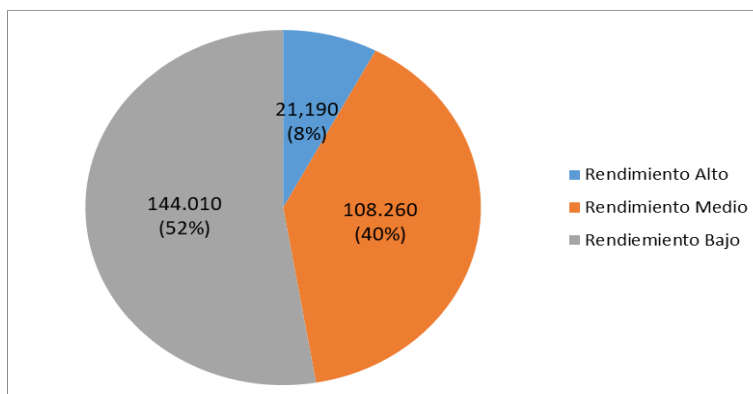
FG22: Clasificación de producción para zafra 2013. Fuente: SRySIG – EEAOC



Esto es sin dudas el resultado de lo que se describió precedentemente. Expansión a zonas marginales con la coincidencia de un ciclo de precipitaciones sensiblemente menores que el promedio anual. Analizando el área cosechada en 2013, suma 75300 has más y producen 265000 toneladas menos. Sin dudas que los años agrícolas fueron sensiblemente desfavorables e impacto en todo el sector cañero por igual, pero a ello debe sumarse estrategias de crecimiento con alto nivel de riego. Esto debe ser parte del análisis y las evaluaciones a tener en cuenta al futuro. Riego, biotecnología, prácticas agrícolas adaptadas al sitio específico pueden colaborar para que estos espacios sean parte de la expansión de áreas al futuro.

En zafra 2018, con 5000 has menos, crecen en 320.000 toneladas.

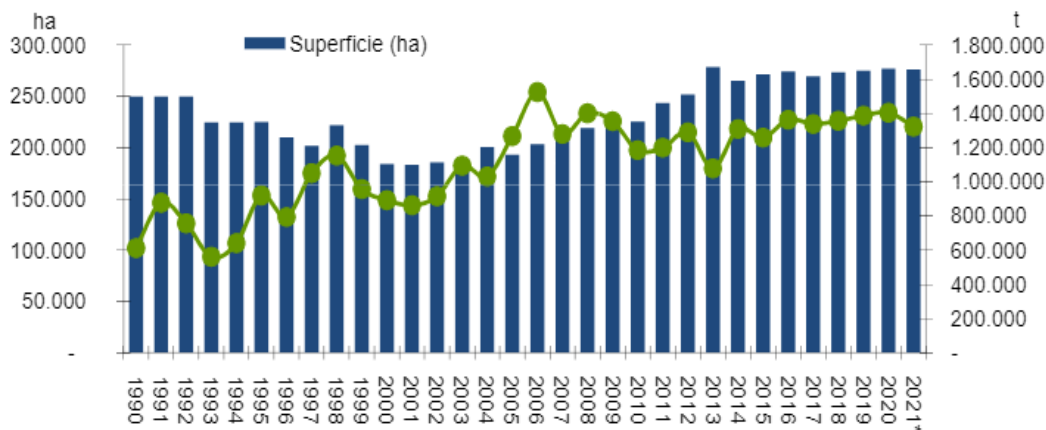
FG24: Clasificación de producción para zafra 2018. Fuente: SRySIG – EEAOC



FG25: Superficie producción de caña

### CAÑA DE AZÚCAR Y AZÚCAR. Tucumán, 1989/90 – 2020/21\*

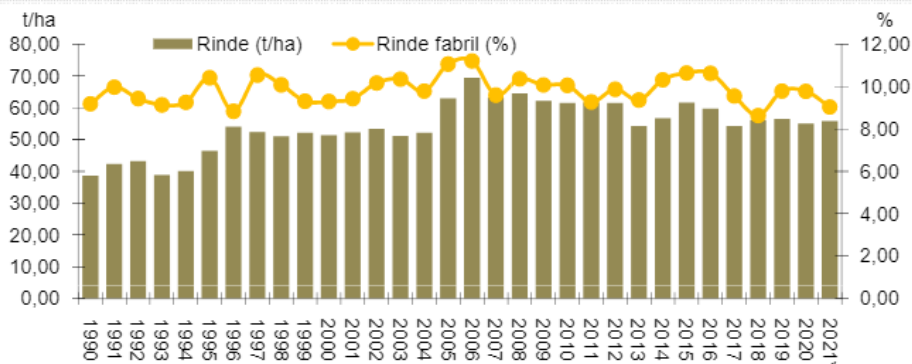
Superficie cosechable con caña de azúcar y producción de azúcar



El gráfico de la serie del 1990 al 2021 explica claramente que desde el 2005 al 2009, con menos superficie bajo cultivo en Tucumán, producen más toneladas totales que el promedio del 2010 al 2021, cuando el segundo periodo tiene como promedio xx has más que el periodo 2005 -2009.

FG26: Tabla de TCH y rto. azúcar % caña

Rinde cultural (t/ha) y rinde fabril (%)



En este cuadro se observa una situación similar para ambos periodos, con una caída en las TCH y un rendimiento fabril con valores menores en la última parte de la serie, sobre todo lo 2018 al 2021.

En ambos cuadros esta sintetizada la situación general de Tucumán, mostrando un diferencial de producción que, sin expansión, es la manera más económica de crecer en la oferta de caña y por ende de azúcar y bioetanol.

Como conclusión a este análisis incorporamos conceptos y sugerencias que desde la EEAOC se analizaxvi "Esta es la situación que ha sufrido nuestra Provincia en las 3 últimas campañas, incluida la que está en curso (2013). Analizando el impacto a nivel varietal, la LCP 85-384 es una variedad que sufre importante disminución de su potencial productivo ante situaciones de stress. Es un cultivar exigente en suelos fértiles con buen requerimiento hídrico" Analizando la distribución varietal de Tucumán. LCP 85-384 ocupa el 67 % del área cañera de la Provincia. Sin dudas un problema a ser tenido en cuenta.

Este interesante informe expone como conclusión lo siguiente "A la luz de las experiencias negativas vividas en estos ciclos secos, convendría revisar la estrategia de expansión y trabajar en

la implementación de todos los recursos tecnológicos disponibles para reducir y/o evitar el impacto de este fenómeno adverso”.

### **3.1.3. Expansión del cultivo de caña de azúcar en Salta**

Evaluando la producción en la Provincia de Salta, en el área de influencia de los Ingenios San Isidro y Tabacal no cuenta con disponibilidad de superficies importante para crecer salvo nuevas incorporaciones, muchas de ellas marginales por suelos, topografía o restricciones de acceso al agua. En el norte de la provincia los incrementos no fueron de magnitud. Distancia a Ingenio, y la competencia con otros cultivos, como el hortícola, de banana y cítrica son las limitantes más importantes. Hacia el sur de la provincia. Falta de agua para riego, como también la competencia con otros cultivos, entre ellos el tabaco, también fueron factores limitantes.

### **3.1.4. Expansión del cultivo de caña de azúcar en Jujuy**

Es la Provincia que menos creció en el periodo 2004-2018. La disponibilidad de nuevas áreas de producción está limitada en parte por las restricciones que desde el 2008, el Plan de Ordenamiento Territorial, definió y categorizó por tipo y niveles de conservación. La orografía de sectores aledaños, falta de riego y la competencia con otros cultivos son factores que limitan y limitaron el crecimiento. Hoy parte de las áreas recientemente implantadas se hicieron a secano, con el riesgo que implica periodos de baja pluviometría.

### **3.1.5. La caña de azúcar y su demanda hídrica**

Las EEAOC en su publicación Avance Agroindustrial N° 34-4-4xxvii analizan la problemática del cultivo de la caña de azúcar, su demanda hídrica y las consecuencias en resultados productivos a causa del déficit hídrico. Señalan en dicha publicación que “La caña tiene una elevada demanda hídrica. Por cada gramo de materia seca molible, se requieren 0,5 litro de agua. Esa misma cantidad se requiere para acumular 0,25 a 0,50 gramos de sacarosa”. Para una producción de 80 TCH y 30 % de materia seca, la demanda hídrica estará próxima a los 1200 mm, que en definitiva equivale al uso consuntivo de la caña para la ecorregión de Tucumán.

Para una región donde solo el 20 % del área bajo cultivo se riega, la dependencia de la producción a partir de las lluvias es determinante. El periodo crítico del cultivo es el de gran crecimiento, demanda el 60 % del total de la demanda hídrica anual. El mismo se desarrolla entre diciembre y marzo. Esto implica que en esos 4 meses el aporte hídrico debe promediar 700 mm distribuidos en dicho periodo. Déficit hídrico en ese periodo se traducen en pérdidas significativas de producción”

### **3.1.6. La rentabilidad asociada al crecimiento**

Con el escenario de rentabilidad reducida, el crecimiento del área agrícola y su expansión territorial tiene dificultades. En gran medida la producción agrícola es aportada por productores independientes que son los responsables de garantizar la oferta de caña para la industria. Cuando las rentabilidades son baja, nulas o hasta negativas, se convierte en menor inversión aplicada en las áreas bajo producción. impacta en reducción de renovaciones, menos tasa de fertilización, como también el no cumplimiento de las buenas prácticas para control de malezas. En resumen, se afecta la producción global de un gran segmento responsable de aportar la materia prima cada campaña.

Años atrás, sin la alternativa de derivar parte de la producción a bioetanol, los precios internos sufrían los excedentes de stock, agravado cuando simultáneamente, el mercado internacional se posicionaba a valores menores que el doméstico.

La apertura del mercado bioenergética generó un escenario de mayor previsibilidad y menor dependencias de contingencias de precios externos. Exportar a valores menores que el interno fueron decisiones que se adoptaron oportunamente y muy eventualmente. Esta práctica dio como resultado final, mayores utilidades al tonificarse el precio del azúcar en el mercado nacional, el de mayor volumen y clave para el éxito o no de un año agrícola.

Por ello, es imprescindible que la propia actividad agroindustrial genere las condiciones que promuevan utilidades tanto al sector industrial como al sector agrícola. La mayor o menor producción siempre descansara en las espaldas del quien produce. La caña que no se produce es azúcar que no se recupera y alcohol que no se destila. Sin dudas que la clave estará en los estímulos de los productores, sostenidos por rentabilidades positivas. Esto es una responsabilidad indelegable del sector privado.

Desde el sector público, las regulaciones del mercado de biocombustible requieren de leyes estables en el tiempo que brinde un horizonte de previsibilidad y estimulen inversiones bajo las reglas estables y claras. Es difícil convocar a quienes pueden ser los responsables de un proceso, a invertir, si las decisiones de fondo están en cabeza de funcionarios o de vaivenes políticos. Esto fue parte de una realidad que sometió a la actividad a un periodo de incertidumbre que aún no está totalmente despejado.

### 3.1.7. Estrategia de crecimiento

Las estrategias de crecimiento se cimentan en 2 alternativas:

#### 3.1.7.1. Crecimiento vertical Tucumán

Lo analizado precedentemente, es parte central de esta estrategia. El crecimiento vertical se dinamiza bajo un escenario de rentabilidad positiva. Analizando la producción de Tucumán, zafra 2021 pero asignándole las producciones de TCH y rendimiento sacarino, obtenido en el periodo 2005-2009, los incrementos de toneladas totales alcanzarían a 2.560.000 y 485000 toneladas de azúcar. Equivale a la producción actual de 8 ingenios. Obtener este incremento en nuevas áreas con una producción media de 60 TCH esperable, la expansión involucraría 42000 has adicionales.

TB13: Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Tucumán

Proyección producción Tucumán						
Referencia	Has bajo Cultivo	Ton. Caña producidas	Ton Az. Producidas	TCH	Az% /Caña	Azúcar/ Has
zafra 2021 actual	276880	15434210	1404016	55,74	9,10%	5,071
Zafra 2021 proyectada	276880	17997200	1817717	65,00	10,10%	6,564
<b>Diferencias Proy - actual</b>	<b>0</b>	<b>2562990</b>	<b>413701</b>	<b>9,26</b>	<b>1,00%</b>	<b>1,493</b>

Este análisis sobre la potencialidad del sector agrícola no son estimaciones teóricas, sino que se sostienen sobre información de productores que han alcanzado estatus productivos superiores a los aquí estimados, en áreas identificadas como marginales en algunos de los sitios. Los registros de producción los observamos a continuación.

#### 3.1.7.2. Crecimiento vertical en Salta y Jujuy

Los Ingenios de ambas provincias tienen un potencial de crecimiento importante. Con 10 TCH mas y un incremento de 0,30 puntos de azúcar, el incremento de toneladas obtenible equivale en azúcar a lo producido por 2 ingenios. Rio Grande y San Isidro. Estos incrementos en toneladas de caña en nuevas áreas demandarían incorporar 15300 has, asumiendo una producción de 70 TCH.

**TB14: Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Salta y Jujuy**

Proyección producción Salta y Jujuy						
Referencia	Has bajo Cultivo	Ton. Caña producidas	Ton Az. Producidas	TCH	Az% /Caña	Azucar/ Has
Promedio zafra 2018-2020 real	109828	7935439	825178	72,25	10,40%	7,513
Promedio zafra 2018-2020 real	109828	9005896	963631	82,00	10,70%	8,774
<b>Diferencia</b>	<b>0</b>	<b>1070457</b>	<b>138453</b>	<b>9,75</b>	<b>0,30%</b>	<b>1,261</b>

A partir de estos resultados, es requisito prioritario, identificar los factores limitantes o contributivos que afectan o potencian las capacidades productivas. A partir de ello trabajar en un plan de mejoras que permita, sobre el actual territorio alcanzar producciones mayores que las actuales.

### **3.1.7.3. Crecimiento territorial**

#### **3.1.7.3.1. Reemplazo de otros cultivos**

La primera opción es crecer en áreas que están en producción, pero con cultivos diferentes. Rentabilidades comparativas con otros cultivos sería la alternativa de crecimiento al futuro, si el cultivo de la caña ofrece una rentabilidad mayor y estable en el tiempo, por ser un cultivo con un ciclo mínimo de 5 años. Son escenarios que no pueden incorporarse como estrategia, pues las posibilidades son multifactoriales. Estimar rentabilidades comparativas favorables para caña de azúcar respecto a otros cultivos es algo difícil de determinar.

#### **3.1.7.3.2. Nuevas áreas sin transformación**

Es una posibilidad, pero cuenta con las dificultades ambientales y las restricciones que la ley de bosques impone. Tucumán, en áreas con registros pluviométricos aptos para el cultivo de la caña ya no cuenta en magnitudes significativas de áreas a ser transformadas. Las que podrían estar disponibles han sido descartadas por limitantes por salinidad principalmente.

### **3.1.8. Propuesta de INTA. Identificación de áreas potenciales de crecimiento<sup>xxviii</sup>**

Técnicos del INTA, pertenecientes al Instituto de clima y agua<sup>xxix</sup> como también al Instituto de Ingeniería rural<sup>xxx</sup>, realizaron una evaluación integral, del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El foco de interés del estudio estuvo en la caña de azúcar y la producción de bioetanol.

Del trabajo de referencia, se elaboró un mapa con identificación de sectores potencialmente aptos para la producción de caña de azúcar, elaborándose un mapa donde se identifican los territorios y se cuantifican las has potenciales para el crecimiento.

En el texto del trabajo se señala "Se han reconocido, a lo largo del territorio nacional, las áreas en las que potencialmente podría desarrollarse o expandirse el cultivo de la caña de azúcar destinado a la producción de biocombustibles con criterios de sustentabilidad agroecológica y ambiental. Es importante considerar que en las áreas indicadas como agroecológica y ambientalmente aptas para el cultivo, existen situaciones de solapamiento de superficie con otros cultivos aptos para diferentes zonas (soja, tabaco, algodón, sorgo, etc.).

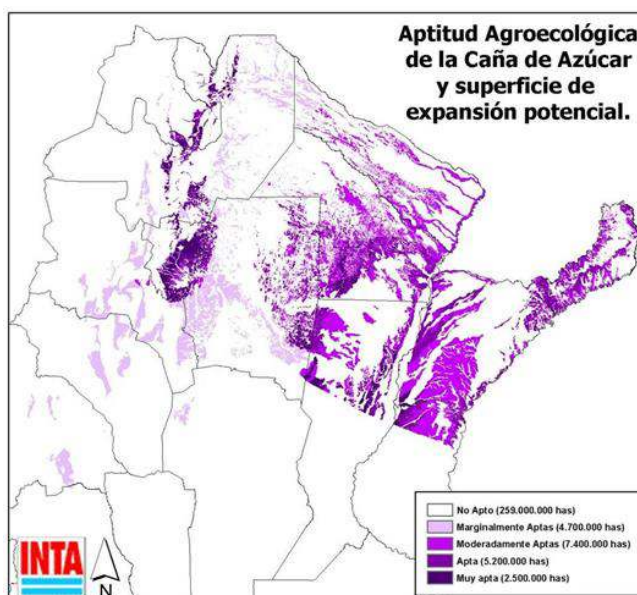
Existiendo otros cultivos, la expansión estará determinada por la rentabilidad neta, que en definitiva inclinará la preferencia por implementar el cultivo de caña de azúcar u mantener el existente".

Proponer e identificar superficies de expansión, en áreas con cultivo existente, es sin duda una propuesta técnica, pero con una elevada incertidumbre en la efectiva transformación a futuro. La rentabilidad de uno u otros estará condicionada por innumerables variantes de difícil resolución. No es clara la cuantificación de superficie bajo estos condicionantes como para integrarlas a un plan de expansión que requerirá certidumbre por la magnitud de los recursos a disponer.

Por otro lado, crecer en áreas con bosque o aun no transformado, también es una opción condicionada por requerimientos ambientales. Sin duda que sectores nativos serán transformados al futuro, pero también Argentina tiene un compromiso de contar con el 17 % de áreas protegidas bajo distintas figuras. Ese por ciento aún no se alcanzó y en años venideros será posiblemente un requerimiento a ser tenido en cuenta. Las provincias con mayor superficie con bosque nativos y no transformados son justamente las que el trabajo señala y describe. Creemos que esto también limita la expansión que el INTA propone.

El plano lo observamos en la siguiente imagen:

FG27: Superficie de expansión territorial potencial para Caña de Azúcar



TB15: Hectáreas de expansión (en miles de has) por Provincia

	MUY APTO	APTO
TUCUMÁN	690	130
SALTA	480	80
SANTA FE	430	435
CHACO	330	1.250
SANTIAGO DEL ESTERO	320	815
JUJUY	155	120
ENTRE RIOS	50	310
CATAMARCA	45	-
CORRIENTES	40	1.125
MISIONES	-	935
TOTAL	2.540	5.200

Identificar 2.540.000 has. con alta aptitud es una condición posible bajo y análisis climático y edáfico, pero en estas estimaciones están incorporadas áreas aun no transformadas como también otros cultivos. Aspectos de no menor importancia para evaluar potencialidad real al futuro.



De este total, 1.215.000 has se encuentran en provincias no tradicionales o que participan a nivel nacional con porcentajes de producción no significativos. Implica instalar nuevas industrias, con la infraestructura necesaria.

Solo en inversión Industrial se requeriría en 150 a 200 dólares por tonelada anual a moler. Un proyecto para un Ingenio de 1 millón de toneladas de caña a moler en 6 meses requerirá entre 150 a 200 millones de pesos, sin tener en cuenta el costo para poner en producción una ha de caña de azúcar.

El requerimiento de agua para la industria, en un ingenio de elevada eficiencia, está en el orden de 1,8 m<sup>3</sup> por tonelada molida por hora. Analizándose esta estimación, 1 millón de toneladas totales, en un periodo de zafra de 180 días, implica una molienda diaria de 5500 toneladas /día. Horariamente resultan 231 toneladas /hora. Esta molienda demandará contar con 416 m<sup>3</sup> de agua por hora. Que a su vez deberán ser administradas como efluente saliente con distintas calidades, según inversiones y tratamiento de los mismos.

### 3.1.9. Otra evaluación sobre la potencialidad del crecimiento de la agroindustria

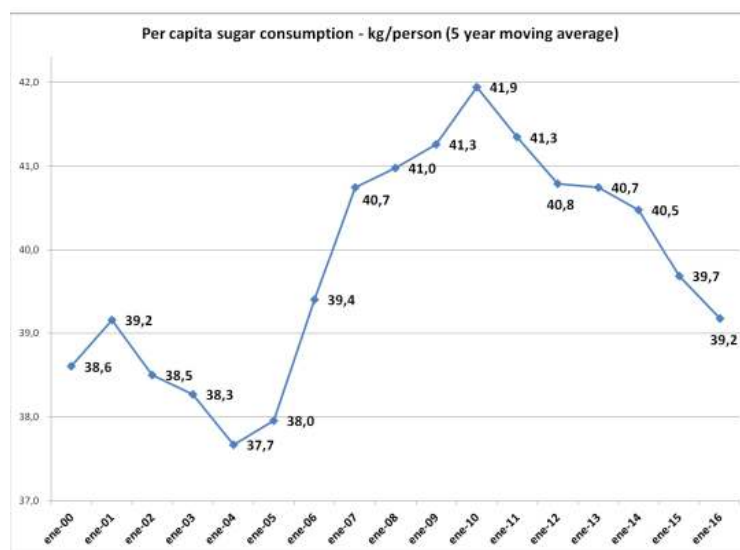
En la ciudad de Miami, anualmente se realiza un evento denominado Kingsman Miami Sugar Conference, que convoca a los que denominan Impulsores de la oferta y la demanda del azúcar y el etanol. Participan organizaciones involucradas en la realidad de la actividad azucarera de Sur y Norte América. El objetivo de estos encuentros es compartir información de cada región para analizar principalmente las perspectivas del mercado azucarero y de bioetanol al futuro.

En septiembre del 2016, participé de dicho evento el Licenciado Rodolfo Roballos, director de Negocios corporativo de Ledesma SAAI, quien expuso en representación de la Argentina, la situación actual de la actividad en las perspectivas del mercado azucarero y de bioetanol para los próximos años. Los conceptos principales allí expuestos dan información y perspectivas al futuro.

#### 3.1.9.1. Expectativas de crecimiento

La demanda y el consumo de azúcar doméstica muestra tendencia declinante en los últimos años. Esta retracción del consumo está determinada principalmente por la colonización del mercado de bebidas por parte de la fructuosa, la que capto aproximadamente el 20 % del requerimiento industrial. Los edulcorantes no calóricos también tomaron parte del mercado sumándose además cambios en los hábitos de consumo y salud poblacional. Últimamente la azúcar fue signada como parte de los problemas que hoy afectan a la sociedad. Este conjunto de situaciones llevó a una reducción del consumo per cápita en Argentina.

FG28: Evolución del consumo de azúcar per cápita en Argentina



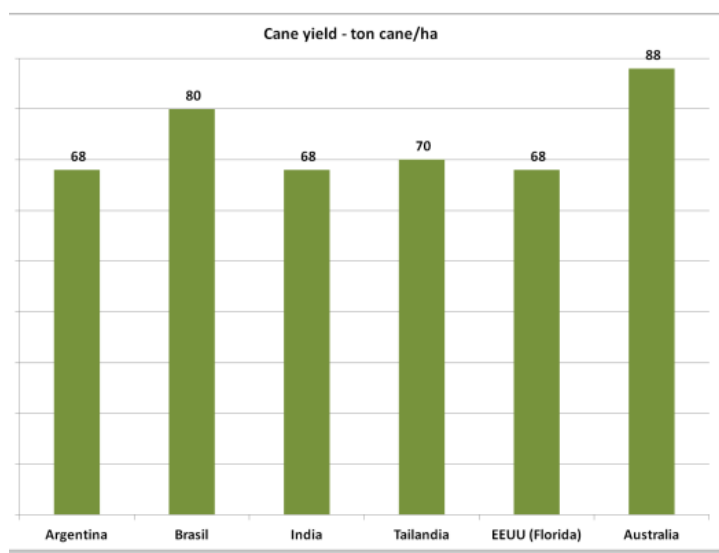


El crecimiento de la demanda por lo tanto estará orientado a la creciente demanda de bioetanol.

De todos modos, el potencial de crecimiento estará limitado por los altos costos de estructura por un lado y la restrictiva disponibilidad de área de expansión.

Analizando comparativamente Argentina con otras áreas cañeras del mundo, la productividad de caña por unidad de superficie se muestra en el cuadro siguiente:

**FG29: Producción de toneladas de caña por ha en distintos países**



Argentina se encuentra con niveles de producción promedio al nivel de India, Tailandia y EEUU, tomando Florida como referencia. Australia y Brasil presentan producciones mayores.

Investigando y evaluando productividad de caña por ha. y el potencial incremento de superficie, en un escenario futuro a 10 años la presentación muestra lo siguiente:

**TB16: Análisis por Provincia de incremento de has y de productividad de caña de azúcar**

Cane area (has)	Current	Potential	% growth	Productivity (ton cane/ha)	Current	Potential	% growth
Tucumán	260.000	320.000	23,1%	Tucumán	63	69	9,5%
Jujuy - Salta	100.000	110.000	10,0%	Jujuy - Salta	81	85	4,9%
Other	Not relevant	???		Other	Not relevant	???	
<b>Total</b>	<b>360.000</b>	<b>430.000</b>	<b>19,4%</b>	<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>73</b>	<b>7,5%</b>

Total cane (ton)	Current	Potential	% growth
Tucumán	16.380.000	22.080.000	34,8%
Jujuy - Salta	8.100.000	9.350.000	15,4%
Other	Not relevant	???	
<b>Total</b>	<b>24.480.000</b>	<b>31.430.000</b>	<b>28,4%</b>

Este potencial crecimiento de superficie se llevaría adelante, dentro del entorno territorial del actual estructura productiva e industrial hoy existente.

Es importante de todos modos señalar que Tucumán el 2006 ya alcanzó la producción estimada a futuro, 69 TCH. En el Norte la empresa Ledesma entre los años 2004 al 2009 obtuvo producciones todos los años, superiores a 90 TCH con un promedio de la serie de 6 años de

93,58 TCH. En el 2008 Ledesma obtuvo una producción de 10.000 kilos de azúcar ha. Un pronóstico del INTA del año 1966.

### 3.1.10. Expansión en nuevas áreas no convencionales

En la presentación en el evento de Miami también se menciona posibles desarrollos a futuro en nuevas áreas del Noreste de Argentina. Formosa, Chaco y Corrientes

FG30: Áreas de potencial crecimiento de caña de azúcar es noreste de Argentina



El desarrollo de la caña podría ocurrir en otras áreas, pero requeriría pruebas, tiempo y gran inversión en agricultura, fábricas e infraestructura. Esto no es una posibilidad a medio plazo.

Por lo tanto, el crecimiento debe provenir de las áreas existentes y la inversión debe dirigirse a mejoras de productividad tanto agrícola como industrial.

### 3.1.11. Potencial productivo de la caña de azúcar

Durante años, distintos Investigadores estudiaron los niveles de producción de la caña de azúcar y los factores limitantes de esta. Se evaluaron practicas agronómicas y tecnológicas y su incidencia en los resultados.

El trabajo fue desarrollado por el Dr. Paul Moore en el 2005 y nuevamente expuesto y documentado por el Investigador Mario Melgar de CENGICAÑA<sup>xxxii</sup>, (Centro de Guatemala para la Investigación de la Caña de Azúcar) en una recopilación de investigación a nivel mundial. Se identifican y cuantifican rangos productivos como cada uno de los desarrollos tecnológicos que contribuyen a potenciar la capacidad productiva de la caña de azúcar.

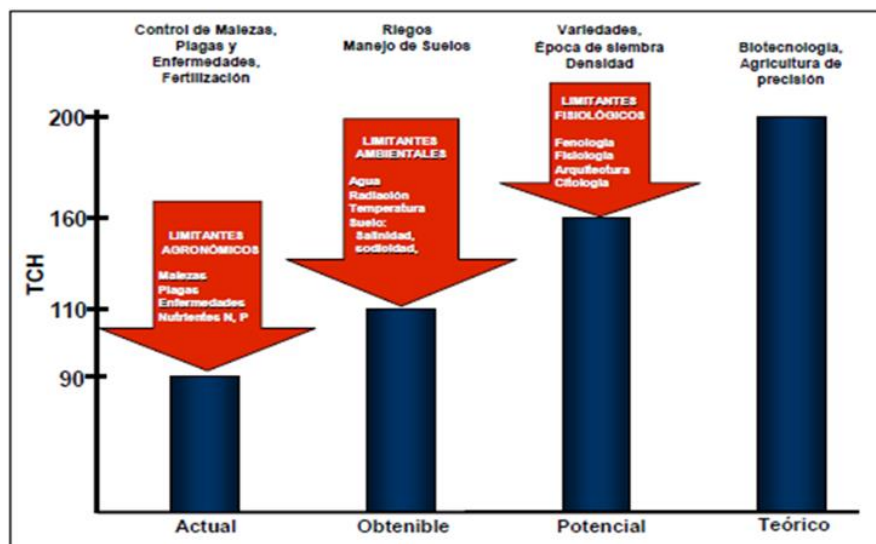
En el texto del libro editado, al analizar el potencial de producción de las cañas de azúcar señala: "El rendimiento potencial es alcanzado cuando el cultivo está en óptimas condiciones de aportación de insumos como agua y nutrientes, en la ausencia de plagas y con las variedades apropiadas. El rendimiento potencial en una región puede ser estimado por los rendimientos récord alcanzados. El rendimiento teórico es calculado a través de modelos de simulación basados en la fenología y fisiología de la caña de azúcar, y es posible alcanzarlo con el apoyo de la biotecnología y la agricultura de precisión".

Esta amplia investigación deja en claro el potencial real que la caña de azúcar tiene y cuáles son los factores de crecimiento que contribuyen o limitan las buenas producciones de toneladas por unidad de superficie como el azúcar total por ha.

Queda en claro que los desarrollos biotecnológicos son mejoras que requieren previamente haber puesto a punto e implementado de manera correcta procedimientos agronómicos adecuados y hechos, sobre todo, en oportunidad.

Argentina sin dudas está en el primer estadio de desarrollo y tiene un potencial de crecimiento importante.

FG15: Niveles de producción, factores limitantes de la producción y prácticas. Paul Moore, 2005. Investigación en Caña de Azúcar a Nivel Mundial. Sugar Journal (USA). November 2010. pp. 6-18



### 3.2. Métodos de siembra

En los inicios de la actividad azucarera, todas las tareas de la actividad agrícola eran manuales. Los diseños de las plantaciones eran dameros perfectos. 2 callejones separados líneas de caña de 100 metros de longitud. El diseño de los campos no respondía a una lógica de pendiente y topografía sino a requerimiento del sistema acordado de pago por una distancia fija, tanto para plantación, cultivo o cosecha. Esa línea de caña de largo idéntico paso a llamarse surco. Los surcos estaban separados 1.60 metros entre ellos, lo que daba como resultado que una ha de caña tenía 62,5 surcos totales. La denominación de jornal se refería a 8 horas de trabajo de un operario, estipulándose tareas o cantidades por jornal. Con el tiempo las tareas totalmente manuales, fueron incorporando máquinas y tractores que por etapas fueron modificando el sistema siembra.

#### 3.2.1. Modelos de plantaciones

Se analiza la evolución de las tareas de plantaciones a partir del modelo semimecánico.

##### 3.2.1.1. Modelo de plantación manual con carga de semilla mecánico

- Corte y plantación manual
- Carguío a carro plantador con máquina

##### 3.2.1.2. Modelo de plantación manual con corte y carga de semilla, mecánico

- Corte y carga mecánico
- Plantación manual

##### 3.2.1.3. Plantación Mecánica

- Corte carga y plantación mecánica

*Desarrollo de cada método de plantación:*

Modelo de Plantación manual con carga de semilla mecánico (3.2.1.1.)

En este modelo, el corte de la caña y la plantación se realizan manualmente. La carga a los carros cañeros y el transporte al lugar de la plantación se realizan con máquinas y tractores.

### Tareas y cantidad por jornal de plantación semimecánico.

Se identifican 2 sitios:

- Sector de semilleros.
- Sector de plantación.

Sector semillero:

La caña es cortada y despuntada en el semillero<sup>xxxii</sup>. Un jornal es una remuneración equivalente a 8 horas de trabajo. Para corte de semilla, 2,5 surcos<sup>xxxiii</sup> cortados equivales a un jornal. La caña ya cortada es depositada a través de los surcos para facilitar operación de la máquina cargadora. Esta, a través de una mordaza operada hidráulicamente, carga un tren de 6 carros cañeros, los que son trasladados con un tractor hacia el frente de plantación.

Los típicos carros cañeros en trenadas de 6 carros por viaje, transporta aproximadamente 2,3 toneladas de caña por carro. Los carros cargados, ya en el frente de plantación, son separados en pares y de esa manera ingresan al campo previamente surcado, traccionados por un tractor. Junto al par de carros se conforma el equipo de plantadores de 8 personas, 4 arriba del carro y 4 abajo. Se suma a ellos un supervisor por equipo.

Las 8 personas que plantan, 4 tirando tallos de caña de a pares dentro del surco y 4 abajo trocean la misma en largos de más o menos 40 cm. acomodándola y reordenándola a lo largo del sitio de plantación. Cada plantador del equipo de 8, (no se incluye al tractorista), para completar la equivalencia de un jornal, debe plantar 16 surcos por cada uno. El equipo, en conjunto debe plantar 128 surcos, lo que equivale a 2 has/día/equipo.

La cantidad de caña semilla demandada por plantar una ha, oscila entre 8 a 10 toneladas, dependiendo de la variedad o del desarrollo de la misma. Para un análisis integral tomaremos en cuenta 9 toneladas de caña semilla por ha plantada. Como cada carro pesa 2,3 toneladas, se requieren 4 carros para plantar una ha.

Para una plantación de 20 ha, se requerirán un total de 180 toneladas y deberán descargarse aproximadamente 80 carros. Al iniciar la plantación, los 10 equipos usaran simultáneamente 20 carros. Se deben contar con 20 más ya cargados desde el día anterior con caña y localizados en el sitio de la plantación. Al descargar los primeros 20 carros vacíos en pares, estos son reagrupados en trenes de 6 nuevamente. Para esa tarea se asigna un operario denominado ganchero cada 5 equipos de plantación.

Los carros ya vacíos, se trasladan al semillero, son recargados y regresan a la plantación. Bajo este modelo, con 40 carros totales se puede plantar, recargando solo una vez la existencia de 40 carros. Si la distancias entre semilleros y plantación, supera los 4 kilómetros, se aconseja, para evitar demoras, contar con un total de 60 carros. De esta manera, se evitan demoras en los equipos de plantación por falta de semilla y que cada equipo cuenta desde el inicio con 3 pares de carros cada uno. La recarga de los primeros 20, demorando más tiempo en retornar cargados, no afectarían el ritmo de la plantación.

TB17: Recursos asignados para plantación

Recursos para corte y cantidad de semilla		
Descripción	Unidades	Cantidades
Superficie de plantación	Has	20
Ton/ha en semillero	Ton	80
Semilla por ha. para plantar	ton	9
Tot. Ton. de semilla	Ton	180
Has de semilla necesaria	Has	2,25

Surcos en 2,25 has	Surcos	141
Surcos cortados por jornal	Surcos	2,5
Jornales para corte de semilla	Operarios	57

Recursos para plantación		
Descripción	Unidades	Cantidades
Superficie de plantación	Has	20
Surcos por ha	Surco	62,5
Total surcos a plantar	Surcos	1250
Operarios por equipos	Operario	8
Surcos por operario	Operario	16
Surcos plantados por equipo	Surcos	128
Cantidad de equipos	Equipo	10
Cantidad de carro de transporte	Carro	60
<b>Total, operarios para plantación</b>	<b>Operario</b>	<b>80</b>

Dotación requerida de personal	
Descripción	Cantidades
Tractorista de plantación	10
Tractorista de transp. de caña	2
Tractorista surcador	2
Tractorista tapador	2
Personal de corte de semilla	57
Personal de plantación	80
Maquinista	1
Supervisor eq. de plantación	10
Supervisor corte de semilla	1
Ganchero	2
<b>Total</b>	<b>167</b>

Recursos de máquinas y equipos	
Tractor para surcar	2
Tractor equipos de plantación	10
Tractor para transporte de caña	2
Tractor para tapar	2
Cargadora	1
<b>Total</b>	<b>17</b>

Método corte y carga mecánica. Plantación manual. (3.2.1.2.)

Se identifican 2 sitios:

- Sector de semilleros.
- Sector de plantación.

Sector semillero:

La caña es cortada y cargada con máquina cosechadora integral en carros con la capacidad de transportar 5 toneladas por viaje. La necesidad de caña semilla por ha con este sistema crece 2 toneladas más por ha, lo que, para una plantación de 20 has se requieren 40 toneladas adicionales. Este incremento representa una demanda total de 220 toneladas para 20 has.

Los carros de mayor capacidad (5 toneladas) se transportan desde el semillero a la plantación en trenes de 4. Para la tarea de plantación se dividen de a pares. El equipo de plantadores de 10 personas, 5 arriba del carro y 5 abajo. Se suma a ellos un supervisor por equipo.

Quienes están ubicados arriba de los carros descargan trozos de semillas ya cortados por la máquina, de largos entre 30 a 40 cm. Quienes están abajo, solo acomodan y reordenan para una plantación uniforme a lo largo del surco. Cada plantador del equipo de 10, (no se incluye al tractorista), para completar la equivalencia de un jornal, debe plantar 20 surcos individualmente. El equipo, en conjunto debe plantar 200 surcos, lo que equivale a 3,2 has/día/equipo.

La cantidad de caña semilla demandada por plantar una ha, oscila entre 10 a 12 toneladas, dependiendo de la variedad o del desarrollo de la misma. Para un análisis integral se tomará en cuenta 11 toneladas de caña semilla por ha plantada. Como cada carro carga 5 toneladas, con 2 carros se planta casi una ha.

Para una plantación de 20 ha, se requerirán un total de 220 toneladas y deberán descargarse aproximadamente 44 carros. Al iniciar la plantación, los 6 equipos usaran simultáneamente 12 carros. Se deben contar con 12 más ya cargados desde el día anterior con caña y localizados en el sitio de la plantación. En el corte de semilla deben tener un stock de 12 carros más. Con esta capacidad de carga y carros disponibles la dinámica de plantación operara sin dificultades. Los recursos se analizan en las tablas siguientes:

Plantación semimecánico.

Corte y carga mecánica y plantación manual

**TB18: Corte de semilla y carguío mecánico**

Análisis de recursos asignado a corte de semilla		
Descripción	Unidades	Cantidades
Superficie de plantación	Has	20
Ton/ha en semillero	Ton	80
Semilla por ha. para plantar	ton	11
Tot. Ton. de semilla	Ton	220
Has de semilla necesaria	Has	2,75
Surcos en 2,75 has	Surcos	171

Análisis de recursos asignado a plantación		
Descripción	Unidades	Cantidades
Superficie de plantación	Has	20
Surcos por ha	Surco	62,5
Total surcos a plantar	Surcos	1250
Operarios por equipos	Operario	10
Surcos por operario	Operario	20
Surcos plantados por equipo	Surcos	200
Cantidad de equipos	Equipo	6

Cantidad de carros	carros	36
Total operarios para plantación	Operario	60

Dotación requerida de personal	
Descripción	Cantidades
Tractorista de plantación	6
Tractorista de transp. de caña	1
Tractorista surcador	2
Tractorista tapador	2
Personal de plantación	60
Maquinista	1
Supervisor eq. de plantación	6
Supervisor corte de semilla	1
Gancho	1
<b>Total</b>	<b>80</b>

Maquinas necesarias para plantar 20 has	
Máquina para cortar semilla	1
Tractor para surcar	2
Tractor para de plantación	6
Tractor para transp. de caña	1
Tractor para tapa	2
<b>Total</b>	<b>12</b>

#### Método de plantación mecánica. (3.2.1.3.)

Se identifican 2 sitios:

- Sector de semilleros.
- Sector de plantación.

Sector semillero:

La caña es cortada y cargada con maquina cosechadoras integrales en carros de auto vuelco que, 2 de ellos, se desplazan solidariamente con el tractor designado. Estos abastecen las necesidades operativas de las maquina plantadora mecánica de caña.

Sector Plantación:

Este sistema mecánico de distribución de semilla en el surco es menos uniforme y por ello demanda un mayor volumen de caña por ha. Este incremento determina que las toneladas requeridas están entre 12 a 14 ton/ha. Se consigna un valor promedio de 13 Ton/ha. Para una plantación de 20 has se requieren 260 toneladas.

Cada plantadora tiene una capacidad de plantar 6,3 has/día. Para un programa de 20 has se requieren 3 máquinas y un conjunto de 2 tractores por máquina, que suma 6 tractores en total. Las maquinas plantadoras surcan y tapan, lo que implica también un ahorro de tractores para estas tareas.



**TB19: Análisis de recursos asignado a plantación mecánica**

Recursos asignados a plantación mecánica		
Descripción	Unidades	Cantidades
Superficie de plantación	Has	20
Surcos por ha	Surco	62,5
Total surcos a plantar	Surcos	1250
Cosechadora de corte semilla	Maquina	1
Has/día por plantadora	Has	6,5
Plantadoras necesarias	Plantadora	3
Tractorista plantadora	Tractorista	3
Tractor para transporte de caña	Tractor	6
Carros de auto vuelco por tractor	Carros	2
Total auto vuelco enganchados	Carros	12

Personal para plantar 20 has	
Descripción	Cantidades
Maquinista de máquina cosechadora	1
Tractorista de máquina plantadora	3
Tractorista de transporte de carros	6
Supervisor	2
<b>Total</b>	<b>12</b>

Tractores y máquinas para plantar 20 has	
Descripción	Cantidades
Maquinista de máquina cosechadora	1
Tractorista de transporte de carros	6
Tractorista de equipos plantador	3
<b>Total</b>	<b>10</b>

Tipo de plantación	Total horas tractor	Horas tractor por ha	Horas hombre
Plantación manual con carguío mecánico	128	6	8,35
Plantación manual con corte mecánico	88	4	3,95
Plantación mecánica	72	3,6	0,55

Un balance integral de recursos los 3 modelos de plantación de describen a continuación:

**TB20: Balance de los 3 modelos de plantación**

Resumen de resultados por tipo de plantación									
Tipo de plantación	Has a plantar	Tractores	Operarios	Ton semilla	Ton semilla Ha	Yemas por metro	Máquina cargadora	Máquina cosechadora	Cantidad de carros.
Plantación manual	20	16	167	180	9	14	1	0	60
Plantación con corte mecánico	20	11	79	220	11	17		1	36
Plantación mecánica	20	9	11	260	13	20	0	1	12

A partir de este análisis se pueden identificar los recursos asignados por ha plantada y generar un modelo de análisis comparativo. Esto lo observamos a continuación:

**TB21: Modelo de análisis comparativo**

Tipo de plantación	Total horas tractor	Horas tractor por ha.	Horas hombre por ha.
Plantación manual con carguío mecánico	128	6,4	8,35
Plantación manual con corte mecánico	88	4,4	3,95
Plantación mecánica	72	3,6	0,55

La diferencia significativa se observa en la ocupación de la mano de obra en uno u otro sistema de plantación. Tomado en cuenta un modelo de plantación manual que absorbe 8,35 horas por ha. vs un sistema totalmente mecánico.

### 3.2.2. Consumo de gas oíl y tasa de emisión

La máquina cargadora utilizada en el sistema de corte y plantación manual tiene una afectación de 0,4 horas por ha. La cosechadora de caña en el sistema de corte mecánico, pero plantación manual, tiene una afectación de 7 horas/ día lo que lleva a una afectación de 0,35 horas por ha.

En el caso de cosecha mecanizada, por mayor utilización de caña semilla, las horas/ día son 8 y la afectación por ha es de 0,40. A partir de este análisis podemos determinar los consumos por ha y la tasa de emisión por ha.

#### 3.2.2.1. Método de plantación manual y carga mecánica

**TB22: Método de plantación manual y carga mecánica**

Tipo de plantación	Horas maquina	Horas por ha	HP * maquina	Consumo por hora maquina	Total consumo de gas oíl	Emisión por litro gas oíl <sup>[xxxiv]</sup>	Total emisión
Plantación manual y carga mecánico	Horas tractor	6,4	100	11	70,4	2,77	195
	Horas cargadora	0,40	120	13	4,40	2,77	12
<b>Total Consumo de gas oíl y emisión por ha</b>					<b>74,44</b>	<b>2,77</b>	<b>207</b>

#### 3.2.2.2. Método corte y carga mecánica y plantación manual

**TB23: Método cote y carga mecánica y plantación manual**

Tipo de plantación	Horas maquina	Horas tractor por ha	HP * maquina	Consumo por hora maquina	Total consumo de gas oíl	Emisión por litro gas oíl	Total emisión
Plantación manual con corte mecánico	Horas tractor	4,4	100	13	48,4	2,77	158
	Horas cosechadora	0,35	350	45	16	2,77	44
<b>Total Consumo de gas oíl y emisión por ha</b>					<b>64,4</b>	<b>2,77</b>	<b>178</b>

### 3.2.2.3. Método de plantación mecánica

TB24: Método de plantación mecánica

Tipo de plantación	Horas maquina	Horas tractor por ha	HP * maquina	Consumo por hora maquina	Total consumo de gas oíl	Emisión por litro gas oíl	Total emisión
Plantación mecánica con máquinas plantadoras	Horas tractor	3,6	140	16	58	2,77	160
	Horas cosechadora	0,40	350	45	18	2,77	50
<b>Total Consumo de gas oíl y emisión por ha</b>					<b>76</b>	<b>2,77</b>	<b>209</b>

### 3.2.3. Alternativas al consumo de semillas y ocupación laboral

Sin dudas que la cantidad de caña semilla que año a año se coloca bajo suelo, ha despertado el interés de muchos investigadores. Ese total de caña que carga con todos los costos de producirla y que además es el material más joven y con mayor calidad de todas las has bajo producción, merece una revisión con mirar al futuro.

Todos los años, como promedio en la argentina bajo un modelo de buenas prácticas, se renovarían el 15 % de todo el cañaveral, que asumiendo un total de 386000 has, representan aproximadamente 59.000 has.

Cada una de esas has que se plantan requerirán como promedio 10 toneladas de caña por ha si se realiza con sistema manual o 13 si es mecánico:

TB25: Producción de semilla a nivel nacional						
Has bajo producción	% de renovación	Ha en renovación	Ton. caña/ha. (manual o mecanico.)	Total toneladas	Rto % caña	Total azúcar
380000	15%	57000	10	570000	10	57000
380000	15%	57000	13	741000	10	74100

Entendemos que este total de caña que no pasa a molienda, debe ser el capital que sostenga un modelo cambio que recupere materia prima para la producción y genere un proceso de inclusión de mano de obra en un sistema de producción de semilla distinto y con menos demanda de energía en el proceso.

#### 3.2.3.1. Plantación sistema de plántulas

CENICAÑA, Centro de Investigación de la caña de azúcar de Colombia<sup>xxxv</sup>, investigo y analizo un modelo de plantación llamado. "Multiplicación rápida de la Caña de Azúcar por el sistema de plántulas.

El mismo se realiza a partir de tacos de entrenudos que contiene una yema de alto vigor germinativo, previamente resteeda y seleccionada.

Al cabo de 45 a 60 días, estas plántulas, son implantadas a campo a distancias entre 0,8 metros un metro de distancias entre plántula y plántulas.

Ensayos permitieron evaluar producciones de TCH similares a las obtenidas bajo un sistema convencional. En nuestro modelo sembramos entre de 10, 13 o 20 yemas por metro como son los valores que muestran los resultados de los actuales sistemas de plantación. La necesidad de semilla del modelo de plántula es 5, 5 veces menos y la energía demandada en todo el proceso es sin duda significativamente menor. Lo realmente valiosos de este proyecto es la transferencia de mano de obra desplazada de un modelo creciente de plantación mecánica a un modelo totalmente distinto. Las ventajas son:

- Eficiencia de la relación semilla - ha plantada.
- Minimización de energía aplicada. (HP por ha)
- Reducción de emisiones a causa de lo anterior
- Ocupación de mano de obra. Transferir a un modelo de trabajo accesible y de menos exigencia física.
- No limitante para varones a causa del esfuerzo que demanda el actual sistema, con manejo de altos volúmenes.

Los sistemas futuros, los actuales como el sugerido como mejora, no son excluyentes entre si, sino complementarios.

### **3.2.3.2. Plantación de yemas. Sistema Plenetm**

La empresa Syngenta, desarrollo primeramente en Brasil un nuevo modelo de plantación a partir de yemas, pero sin desarrollo previo<sup>xxxvi</sup>.

Bajo el lema "Innovación tecnológica para una agroindustria sustentable" presentó en la XVII Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar el modelo de plantación, denominado Plenetm.

Es un nuevo sistema de plantación y protección de este cultivo desarrollado íntegramente por Syngenta en Brasil, donde hoy existen unos 8 millones de hectáreas sembradas.

Plenetm es una tecnología innovadora de plantación de yemas saludables de caña, que son tratadas industrialmente con tecnologías de protección de cultivo, lo que les proporciona vigor y control de enfermedades y plagas. Se trata de un concepto integral que protege y estimula el cultivo.

Hoy en Brasil se están concretando las primeras plantaciones comerciales, con proyección a plantar 350.000 has en los próximos 5 años. Según el Ing. Boas, en las experiencias realizadas en el vecino país la plantación se lleva a cabo mediante una máquina desarrollada para facilitar y aportar precisión a la tarea de implantación.

Plenetm ha sido testeado en los mayores grupos sucroenergéticos de Brasil. Los ensayos en Argentina fueron realizados en Ingenio Tabacal, hoy Seaboerd, Energía y Alimentos.

### **3.2.4. Sistema de plantación continuo o intercalar con leguminosa**

Los productores que operan una estrategia de arar y replantar son dependientes de una rápida operación entre la cosecha de la soca final y la replantación del nuevo cultivo<sup>xxxvii</sup>. Se desean no perder un año de cosecha. Por lo tanto, para practicar exitosamente esta estrategia, la soca final debe cosecharse temprano en la época de molienda (junio – julio), la tierra preparada rápidamente, y el nuevo cultivo plantado a comienzo de la primavera (septiembre).

Estas restricciones del tiempo condicionan la estrategia de preparación de la tierra. No hay tiempo suficiente para permitir que el crecimiento de la soca proporcione follaje suficiente para usar herbicidas que eliminen efectivamente la soca vieja. Además, la compactación del ciclo del cultivo anterior debe eliminarse para permitir el establecimiento del próximo cultivo. Esto solo puede hacerse en un tiempo corto con labranza agresiva frecuente. Una complicación adicional es si el trash de la cosecha no se quema, lo que dificulta las labranzas en corto tiempo. Si se quema, se pierde materia orgánica valiosa.

Plantar en barbecho fue tradicionalmente la práctica en la industria azucarera australiana. Básicamente, esto involucra la cosecha de la soca final hacia el fin del período de molienda (Octubre–Noviembre). Esa cosecha tardía seguramente al año siguiente no se expresaría su producción se vería afectada este corte tardío. Al renovarse ese impacto negativo no se presenta, y el campo estará disponible para una preparación de suelo con tiempo, sin afectar calidad.

Hasta 1975, en Australia existía la prohibición de renovar caña sobre caña. Esa restricción se anuló a partir de ese año y las renovaciones se hicieron sin cultivos intercalares a lo largo de más de 20 años. En épocas más recientes, la plantación de barbecho está ganando popularidad, ya que los productores se preocupan más sobre la disminución de la productividad en un sistema de monocultivo prolongado.

Hay pocas dudas que las propiedades del suelo se mejoran incorporando un barbecho con leguminosa. Las enfermedades de la raíz pueden manejarse mejor a través de un intervalo prolongado sin caña de azúcar y el nitrógeno orgánico puede ser incorporado al sistema para el próximo cultivo de la planta. Además, la mejora de la estructura del suelo y una reducción en la compactación se puede lograr incluyendo un cultivo de no-gramíneo en el sistema, y la labranza menos agresiva puede usarse para establecer el próximo cultivo de la planta porque se dispone de más tiempo para la preparación del suelo.

Los productores también tienen la opción de eliminar el stock de raíces mediante labranza o herbicidas, pues el cultivo y las malezas se desarrollan con tiempo para un efectivo control químico, cosa que no ocurre con un sistema de monocultivo de caña sobre caña.

Los rendimientos de caña (t/ha) de cultivos plantados con un sistema de caña sobre caña vs un sistema de cultivo intercalado con leguminosa se muestra en ejemplo de distintas localidades cañeras de Australia:

**TB26: Cultivos plantados en distintas localidades cañeras de Australia**

Localidad	Tipo de caña	TCH. Caña sobre caña	TCH. Caña y leguminosa
Tully	Planta	88	102
Ingham	Planta	48	61
Mackay	Planta	63	90
Mackay	Soca1	92	116
Bundanberg	Planta	107	124
Bundanberg	Soca 1	110	138
Bundanberg	Soca 2	107	125

Analizándolo conjuntamente las producciones de plantas y socas se observa una producción diferencial que ratifica las ventajas que un cultivo intercalar aporta.

**TB27: Ventajas de un cultivo intercalar**

Mackay	TCH Caña sobre caña	TCH Caña y Leguminosa	Diferencia
TCH planta + soca1	155	206	51

Bundanberg	TCH Caña sobre caña	TCH Caña y Leguminosa	Diferencia
TCH planta + soca1+soca2	324	387	63

La patogenicidad específica después de años continuos de cosecha de caña, si no se dan condiciones que eliminen estos agentes promotores de enfermedades, la instalación de un nuevo cultivo tendrá problemas sanitarios, ya que no tuvieron el tiempo ni calidad para su control.

El Dr. Alfonso Peche Filho, del IAC. (Instituto Agrícola de Campinas), resume en una de sus exposiciones sobre agricultura regenerativa, con las siguientes funciones fisiológicas del suelo:

Nutrir, suprimir, agregar, almacenar, alimentar, hidratar, depurar, proteger, oxigenar, abrigar.

Señala también que el concepto de productividad analizado desde la perspectiva de cantidad, sin tener en cuenta el balance ni los impactos que un suelo soporta, por cosecha, compactación, pérdida de nutrientes etc, es una actividad extractiva y no productivas. Es una reflexión que debe ser tenida en cuenta al futuro

### 3.3. Métodos de labranza

Argentina, con diferencia de algunos años incorporó los mismos procesos de gran intensidad operativa en los campos de caña de azúcar. La incorporación de la cosecha mecanizada también trajo aparejado la compactación de los campos. El excesivo laboreo mecánico afecto la estructura de los suelos, con el aumento la compactación a causa del excesivo peso que toda la estructura de equipos de cosecha aplica a cada ha bajo cultivo. En cada ciclo de renovación, se elimina el cultivo que se desea reemplazar con una nueva implantación. Con ese objetivo se rotura toda la superficie del campo con equipos de roturación superficial, implementos de discos y con implementos de roturación profunda, subsolador o cinceles. La energía aplicada y costos demandados son de significación.

Las labranzas se diferencian entre las que se realizan para renovación del cultivo, eliminando el anterior y acondicionar la superficie para una nueva implantación, por un lado. Estas son labranzas de preparación se suelos.

Durante el ciclo de cultivo se realizan labranzas solo para control de malezas y para generar condiciones adecuada para el desarrollo de la caña de azúcar año a año, hasta próxima renovación. Estas se denominan labranzas de cultivo de caña.

El Dr. Rod Davis, técnico especialista de la SRA, Sugar Research de Australia describe el potencial de compactación que tiene la actividad agrícola de caña de azúcar. La medida adoptada para esta medición es Toneladas kilometro/ha/año.

Señala que, en un campo de caña, según método de trabajo e intensidad operativa, por una misma trocha (sector entre línea de caña) pueden transitar entre 8 a 24 veces sobre el mismo sitio un equipo de trabajo involucrado en el cultivo o la cosecha de caña.

Contabilizando todas las actividades operativas se identifican los siguientes valores:

Cosecha- Transporte - Fertilización y Herbicidas	450 a 600 Ton.km/año
Cosecha y Transporte solo	380 a 520 Ton.Km/año
Cultivos de granos	52 Ton.Km/año

Estas magnitudes permiten inferir que la cosecha es responsable de aproximadamente del 85 % de todas las toneladas aplicados a los campos de caña. Los cultivos de grano, solo representa el 10 % de los que impacta la cosecha por esto que el tráfico controlado es muy importante

#### 3.3.1. Labranzas para preparación de suelos

La Estación Experimental Agrícola del INTA Famailla, Tucumán, ante estos modelos de trabajo, aplicado de manera extensiva en todas las áreas cañeras de Argentina, evalúa practicas alternativas con mira a un proceso más eficiente y de menores costos<sup>xxxviii</sup>.

Describen la situación se la siguiente manera:

Los suelos con historial de monocultivo de caña de azúcar suelen caracterizarse como suelos de pobre estructura y de alta densidad aparente, como resultado las labranzas realizadas durante la época de cultivo y la compactación causada por el tránsito pesado e intensivo en el momento de la cosecha Los efectos del tránsito sobre las propiedades físicas del suelo son acumulativos. Estos

hechos, inducen a cuestionar la conveniencia de continuar con el actual sistema de producción y plantean la necesidad de hallar nuevas alternativas de manejo del cultivo.

Problema observado:

Períodos prolongados de monocultivo, ha afectado la integridad física del suelo. Escasos niveles de materia orgánica, presencia de estructura masiva, reducido volumen de macroporos y perfiles de suelo con alta resistencia mecánica, son algunas evidencias del grado de deterioro del recurso.

Paralelamente, la excesiva cantidad de labores y los elevados niveles de esfuerzo a los que son sometidos los tractores para realizarlas, generan grandes demandas energéticas y costos operativos de los equipos mecanizados que alcanzan al 30-35% de los costos de producción.

Objetivo:

El objetivo del ensayo es adaptar prácticas culturales de preparación de suelos para plantación que maximicen la eficiencia en el uso de la energía, el rendimiento y el resultado económico del cultivo en un marco de sustentabilidad. El objetivo específico de este trabajo es presentar los primeros resultados obtenidos en relación a la densidad aparente del suelo y el rendimiento del cultivo de caña bajo distintos sistemas de manejo.

### 3.3.1.1. Preparación en franja con labranza vertical

El ensayo se llevó adelante bajo 2 modelos de preparación.

Tratamiento 1: Sistema convencional de preparación de suelos para plantación: 2 pasadas de rastra excéntrica y dos labranzas profundas en toda la superficie a plantar

Tratamiento 2: Sistema de labranza en franja para preparación de suelos para plantación

Tratamiento 2, Para la preparación sólo se efectuó una labranza profunda en los sitios donde luego se conformaron los surcos para ser colocada la caña semilla.

Ambos tratamientos buscaban restituir condiciones de suelo propicias para el desarrollo del cultivo. Esta técnica, conocida como labranza en franjas, se llevó a cabo mediante un prototipo diseñado y desarrollado por el Instituto de Ingeniería Rural (IIR) INTA Castelar.

El equipo desarrollado para cultivar en franja sin roturar el sector del entresurco se lo observa a continuación.<sup>xxxix</sup>

FG32: Equipo de labranza en franja



Resultados:

Tratamiento 1, convencional.



Las 4 pasadas, según la secuencia descriptas de, 2 rastras de roturación y 2 pasadas de subsolador demandaron un total de 164 CV /ha y un consumo de combustible de 66 litros por ha. Un tiempo operativo de 3,87 horas maquina/ maquinista por ha

**TB28: Caballos de vapor y Consumo de combustible sistema convencional**

<b>Implantación Convencional</b>			
<b>Labor</b>	<b>Parámetro Operativo</b>		
	Tiempo operativo (h ha <sup>-1</sup> )	Energía labor (CVh ha <sup>-1</sup> )	Consumo de combustible (L ha <sup>-1</sup> )
Primera labranza con rastra excéntrica	0,83	21,71	9,68
Primera labranza con subsolador	0,81	60,06	21,49
Segunda labranza con subsolador	0,76	46,75	18,12
Segunda labranza con rastra excéntrica	0,79	26,24	11,05
Surcado	0,69	9,41	6,08
<b>Total</b>	<b>3,87</b>	<b>164,17</b>	<b>66,41</b>

El tratamiento 2, roturando por franja y luego surcando, demando 42.00 CV H /ha y un consumo de combustible de 20,62.

**TB29: Caballos de vapor y Consumo de combustible sistema en franja**

<b>Implantación mediante labranza en franjas</b>			
<b>Labor</b>	<b>Parámetro Operativo</b>		
	Tiempo operativo (h ha <sup>-1</sup> )	Energía labor (CVh ha <sup>-1</sup> )	Consumo de combustible (L ha <sup>-1</sup> )
Labranza en franjas	1,67	32,60	14,53
Surcado	0,46	9,41	6,08
<b>Total</b>	<b>2,14</b>	<b>42,00</b>	<b>20,61</b>

Resultados comparativos:

Sin considerar el surcado, la energía aplicada en la labor convencional fue 4,74 veces mayor en el sistema de roturación en franjas, el consumo de combustible, 4,15 veces mayor y la mano de obra 1,9 veces mayor,

### **3.3.1.2. Preparación en Franja con Canterizador (Labranza vertical más roturación rotativa)**

Otro proceso alternativo de preparación de suelo, también con laboreo en franjas se incorporó ya comercialmente. El mismo cuenta con 2 púas que operan a 40 cm de separación entre ellas y a 0,40 m de profundidad de labranza. El suelo disturbado con esta labranza profunda es acondicionado a continuación por componentes rotativos que dan terminación a la cama de siembra. Todo el proceso se realiza en una sola operación. Este proceso está solo limitado a sectores sin piedras.

### FG33: Equipo canterizador y cama de siembra



Este modelo de preparación también por franja permite de manera idéntica un laboreo profundo del sector de siembra con una capacidad operativa de 0,6 ha/hora. No tiene dicho equipo un análisis de evaluación de tracción, pero sí de consumo de combustible. El mismo es de 24 litros por hora de trabajo lo que llevado a consumo por ha para rendimiento de 0,6 ha/hora arroja un total de 40 litros por ha. Este consumo, superior al del equipo mencionado precedentemente, representa una reducción de consumo por ha del 66 % (40 Vs 60,33 L/ha). La mayor demanda es atribuible al sistema roturador que tiene por fin dar terminación a la cama de siembra.

En ambos sistemas La labranza en franja permite que el sector de tránsito de la cosecha se mantenga inalterado en el tiempo, sin roturación futura. El control de malezas solo debe ser realizado químicamente.

Los requerimientos a tener en cuenta es que el sector no disturbado es solo de tránsito para cada ciclo de cultivo y cosecha. En la renovación, el diseño de la plantación y ubicación del surco de caña debe replicarse en idéntica posición.

#### **3.3.1.3. Tecnología de posicionamiento satelital:**

Incorporar piloto automático operado con geoposicionamiento satelital al momento de roturar en franja. Ese geoposicionamiento relevado deberá ser incorporado a cada equipo al momento de plantar, cultivar, fertilizar y cosechar la caña.

Un ejemplo de las ventajas de esta tecnología la observamos en la imagen siguiente.

### FG34: Control de tráfico a través de piloto automático



#### **3.3.1.4. Nuevos espaciamentos (control de tráfico)**

Los espaciamentos entre surcos actualmente son de 1,60 o 1,50 metro entre líneas, Las maquinas cosechadoras tiene un ancho externo del rodado de 1,80. Por esta razón las máquinas de cosecha no se desplazan por el centro de los surcos, sino que tiene un desarrollo en el

transito que obligadamente pisan los laterales de cada lado, afectándolo con una compactación que es imposible de evitar.

Australia principalmente ha desarrollado nuevas propuestas de diseño de plantación que tiene por objeto reducir compactación y a su vez ganar productividad.

FG35: Espaciamiento 1,80 y sucros separados 0,40 cm



Conclusiones:

- La aplicación de la labranza en franjas permite un sustancial ahorro de energía en la preparación del suelo para la implantación de la caña de azúcar.
- La reducción de la resistencia del suelo en los sitios disturbados resulta similar en ambas formas de preparación del suelo.
- En el sector no disturbado no se elimina la cobertura de RAC acumuladas en periodos anteriores de cultivo.
- Operar con piloto automático garantiza transitar por un sector idéntico ciclo a ciclo
- El espaciamiento a 1,80 elimina compactación lateral de la cosechadora.

### 3.3.2. Labranza para cultivo de la caña

En el 2006 en la conferencia anual de la Sociedad Australiana de tecnólogos de la Caña de Azúcar, (Australian Society of Sugar Cane Technologists), se presentaron resultados de cosecha de caña quemada y caña verde a partir de numerosos ensayos en distintos años.

Los resultados de ambos periodos de investigación se describen a continuación.

TB30: Perdidas y cambios en caña quema y verde

	Losses due to	Burnt %	Green %	Burnt sugar yield (t/ha)	Green sugar yield (t/ha)
Processing losses	Burning	2.70	0.00	0.30	0.00
	Billeting	1.80	0.60	0.20	0.07
	Trash content	4.40	5.70	0.49	0.67
	Total processing	8.90	6.30	1.00	0.75
Infield losses	Primary extractor	4.00	8.70	0.45	1.03
	Pick up losses	3.60	3.00	0.40	0.36
	Total infield	7.60	11.70	0.85	1.39
	Total	16.50	18.00	1.84	2.13
Measured yields	Potential TSH	100.00	100.00	11.18	11.84
	Actual TSH	83.50	82.00	9.33	9.71

Por efecto de la quema de caña 2,70 del azúcar se pierde solo por este proceso. Esta ventaja se pierde al analizar las pérdidas de campo, siendo la limpieza por extractor primario la de mayor impacto con un valor porcentual del 8,70 %.

Estos resultados como muchos otros que se fueron evaluado a lo largo de los últimos años generaron cambio creciente hacia un modelo de cosecha en verde generando además cambios en el

modelo de labranza para el cultivo de la caña. Se analizan los modelos de labranza bajo sistema con y sin quema y los resultados que estos cambios generaron.

### 3.3.2.1. Labranza para cultivo de caña bajo un modelo de caña quemada

La cosecha que proviene de un proceso de quema deja un suelo desnudo de cobertura vegetal., Bajo estas condiciones, las malezas se desarrollan en tiempos simultáneos con la brotación de la caña.

FG36: Cañaveral sin cobertura y con malezas



La EEAOC, en el libro, el manual del cañero<sup>xl</sup>, describe los objetivos buscados con los cultivos mecánicos de los campos con caña. En dicho manual se describen también los distintos tipos de tareas como también los implementos utilizados para dichas prácticas.

Objetivos de las prácticas de cultivo:

- Mejorar las condiciones físicas de los suelos (encostramiento superficial, compactación, pie de arado, etc.).
- Mejorar la infiltración, la captación y retención de agua y la aireación del suelo.
- Preparar el terreno para la aplicación del riego y para la cosecha.
- Aplicar los fertilizantes.
- Controlar o manejar las malezas.

La opción mecánica, muy difundida en áreas con quema, que se describen en dicho manual, son las siguientes:

Subsolado y cincelado:

El tráfico de los equipos de cosecha mecánica y el transporte compactación del suelo. Es necesario realizar laboreos verticales en profundidad para eliminar las capas compactadas, que colaboraran con el normal crecimiento de las raíces de la caña de azúcar. Esta tarea requiere tractores de gran potencia (aproximadamente 30-60 HP por timón según el tipo de suelo, profundidad. El cincel rompe capas compactadas a menor profundidad, aproximadamente 15- 25 cm y requiere menos potencia 10-15 HP por arco.

Picado de trocha:

Es una labor superficial que se realiza para eliminar las malezas de la trocha, romper el encostramiento superficial y favorecer la infiltración y la conservación de la humedad del suelo. Esta tarea se realiza con un equipo de cuatro paquetes de discos cada paquete está formado por tres discos de 24 pulgadas cuya inclinación puede modificarse vertical y horizontalmente a los efectos de realizar una labor con mayor o menor remoción de tierra. Este equipo requiere el uso de tractores de alrededor de 60 a 90 HP equipados con un levante de tres puntos. Este equipo trabaja un surco por pasada y tiene una capacidad de 60 a 80 surcos de 100 metros por hora.



### Descostillado y aporque:

Ambas labores se pueden realizar con el equipo de discos. El descostillado consiste en retirar tierra del costado de los surcos y se realiza para el control de malezas, para abrir una zanja para la colocación del fertilizante y rearmar el surco, entre otras finalidades. El aporque es la operación inversa y consiste en arrimar tierra al surco. Entre sus objetivos podemos mencionar el control de malezas, tapar el fertilizante, acondicionar la trocha para el riego y conformar el surco para la cosecha.

### Aplicación de Fertilizantes:

La fuente nitrogenada más utilizada es la urea, El equipo más utilizado es el llamado equipo triple, el cual descostilla, abona y tapa en una sola operación. Adelante tiene discos que abren una pequeña zanja donde se coloca el abono y los discos posteriores lo tapan. Este equipo requiere el empleo de tractores de 180 HP y tiene una capacidad operativa de 120 surcos/hora.

Se incorpora información de equipo de aplicación de herbicidas que pueden ser para realizar aplicaciones de superficie completa o solo dirigido al surco.

Lo que se debe tener en cuenta es que bajo un sistema de cosecha con quema y sin cobertura posterior, el enmaleza miento y la brotación de la caña se desarrollan casi simultáneamente, dependiendo el nivel y grado de enmalezamiento del cultivar.

Bajo un sistema sin cobertura, con variantes según productor, es habitual realizar en el año 2 pasadas con equipo de cultivo de manera completa y una pasada solo al 25 % de la superficie con implementos de labranza profunda con subsolador. A ello se le suma 1 o 2 pasadas de equipo de herbicida aplicando solo surco y el equipo de equipo de fertilización.

Según información de rendimientos y demanda de potencia por labor, que la EEAOC<sup>xli</sup> describe en el Manual del Cañero, , se puede determinar las demandas horarios por ha como también los consumos de combustible para cada tipo de labranza. A partir de dicho análisis, también determinar el consumo de combustible por tarea como consumo total anual por unidad de superficie.

una condición típica y promedio bajo modelo de labranza en áreas con quema. En el cuadro siguiente, el modelo es de fertilización combinada.

**TB31: Rendimiento, HP y consumo de combustible labranza en caña quemada.  
 Fertilización simple**

Labranza en áreas de Cosecha Caña Quemada ( fertilización simple)							
Tareas	% aplicado anualmente	HP Tractor	has/hora	Horas / trat/ ha	Lit. /comb./hora	Lit. /comb./ha	Total
Roturar con equipo 4 paquetes	100%	80	1,28	0,78	9,7	7,58	7,58
Subsolar implemento de 3 puas	25%	120	0,7	0,36	13	18,57	4,64
Aporque con equipo 4 paquete	100%	80	1,28	0,78	9,7	7,58	7,58
Fertilizacion simple	100%	80	120	0,78	9,7	7,58	7,58
<b>Total anual</b>				<b>2,70</b>			<b>27,38</b>

**TB32: Rendimiento HP y consumo de combustible labranza caña quemada con fertilización combinada**

Labranza en áreas de Coscha Caña Quemada ( Fertilizacion combinada)							
Tareas	% aplicado anualmente	HP Tractor	has/hora	Horas / trat/ ha	Lit. /comb./hora	Lit. /comb./ha	Total
Roturar con equipo 4 paquetes	100%	80	1,28	0,78	9,7	7,58	7,58
Subsolar implemento de 3 puas	25%	120	0,7	0,36	13	18,57	4,64
Fertilizacion con equipo triple.	100%	180	2	0,50	21,82	10,91	10,91
<b>Total anual</b>				<b>1,64</b>			<b>23,13</b>

**3.3.2.2. Labranza para cultivo de caña bajo un modelo de caña Verde**

El sistema de cosecha en verde deposita por ha y por año entre 14 a 20 toneladas de RAC por ha y por año.

**FG37: Campo con cobertura de RAC por cosecha sin quema**



La cobertura reduce y además atrasa la tasa de emergencia de malezas y permite que el brote de la caña se desarrolle sin la competencia de estas, en periodos tempranos de crecimiento. Una aplicación para control de malezas más tardía permite en la mayoría de los casos alcanzar el cierre de la caña sin aplicaciones adicionales.

Este modelo de labranza mínima permite reducir las necesidades de máquinas y equipos, con costos sensiblemente menores que los que se generan bajo un modelo de caña quemada que demandan cultivo y fertilización mecánica.

Beneficios e impactos de la cosecha en verde en el modelo de labranza:

Reducción de horas maquinas por ha:

Según el modelo de labranza de caña quemadas, la reducción puede ser entre 1,64 a 2,70 horas tractor por ha. En el modelo de caña verde la utilización de oras maquina por ha es de 0,78.

Reducción en el consumo de combustible por ha.

Por eliminación de tareas mecánicas de roturación. Se reducen entre 23,13 y 27,38 litros de gas oíl por ha. a 7,58 litros por ha. Asumiendo el valor de menor consumo, las taras de cultivo bajo modelo de cobertura reducen 15,55 litros por ha.

**TB33: Rendimiento, HP y consumo de combustible en labranza caña verde**

Tarea	% aplicado anualmente	HP Tractor	Has Tract	Horas Tractor /ha	Lit/ Comb/ hora	Lit/ comb/ ha	Total
Fertilización simple	100%	80	1,2	0,78	9,7	7,58	7,58

No se dispone de información de productores o ingenios que no realizan cultivo en los campos de caña. Si se cuenta con información que el 85 % de las has cosechadas se cosechan en verde. Esto no implica un manejo con idénticos porcentajes de campos sin labranzas de cultivo mecánico.

Reducción de las emisiones.

Las emisiones por quema suman 9.249 kilos de CO<sub>2</sub> equivalente (9,24 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ha<sup>xlii</sup>).

Por tipo de emisión se identificaron:

CO <sub>2</sub>	4700
CH <sub>4</sub>	180
NO <sub>2</sub>	4369

Hoy en Argentina, el 85 % de las has se cosechan en verde. Esta mitigación de emisiones que se describe no puede ser contabilizada por quemas posteriores, variable según año, pero muchas de ellas son quemadas, no por acción de los propietarios o titulares de los campos. Un serio problema para resolver.

Al pasar a un modelo de cobertura sin cultivo mecánico, se consumen 15,55 litros menos. Por litro de gas iol la tasa de emisión es de 2,64 kilos de CO<sub>2</sub> equivalente. Por ha representan 41,05 kilos de CO<sub>2</sub> evitados.

Restitución de nutrientes<sup>xliii</sup>.

La EEAOC evaluó la tasa de emisión y captura edáfica de carbono como de macronutrientes principales:

**TB34: Balance de emisión y captura de carbono y macronutrientes**

Tabla 5. Cantidad de C, N, P y K en el RAC (kg.ha<sup>-1</sup>), después de cosecha (Inicial) y al final de cada ciclo agrícola (Final) y liberación de estos nutrientes al agroecosistema (LBA) para las dos variedades y los seis ciclos agrícolas. Tucumán, Argentina, 2012-2018. CRAC (contenido en el RAC en kg/ha). . V1 (LCP 85-384) y V2 (TUC 95-10).

	Planta		Soca 1		Soca 2		Soca 3		Soca 4		Soca 5	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
<b>CRAC [kg.ha<sup>-1</sup>]</b>												
<b>C</b>												
Inicial	6543 a	7201 a	7467 a	6524 a	7573 a	8600 a	7434 a	7591 a	5386 a	6589 a	10344 a	8898 a
Final	1495 b	1997 b	1970 b	2037 b	3416 b	2507 b	1555 b	1490 b	1333 b	1251 b	2046 b	1989 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	5048	5205	5497	4487	4157	6094	5879	6101	4053	5338	8299	6909
<b>N</b>												
Inicial	96 a	107 a	112 a	92 ab	108 a	112 a	72 ab	80 a	68 a	78 a	159 a	136 a
Final	58 a	85 a	61 c	51 bc	72 a	61 a	42 b	41 b	39 b	35 b	54 b	63 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	38	22	51	11	36	51	30	39	30	42	105	72
<b>P</b>												
Inicial	9,0 a	8,8 a	8,8 a	6,2 b	5,9 a	8,3 a	5,7 a	4,5 a	4,4 a	5,1 a	10,5 a	9,1 a
Final	3,6 b	5,0 b	5,5 c	4,7 c	5,7 a	6,1 a	3,4 a	2,9 a	2,9 b	2,7 b	4,6 b	5,4 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	5,4	3,8	3,4	1,6	0,2	2,2	2,3	1,6	1,5	2,4	5,9	3,8
<b>K</b>												
Inicial	115 a	116 a	114 a	111 a	107 b	140 a	63 a	53 a	34 a	39 a	76 a	68 a
Final	7 b	9 b	9 b	8 b	9 c	7 c	4 b	4 b	5 b	4 b	7 b	6 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	107	107	105	102	98	133	60	49	28	36	69	62

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05) dentro de la misma edad del cañaveral.

Según datos de la tabla de referencia, para un total de 15,38 toneladas de RAC promedio en 6 ciclos de producción, las incorporaciones de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio, analizando



emisión y retención, muestra lo siguiente como valor promedio anual, también para los 6 ciclo de cosecha:

- Carbono incorporado: 5488 toneladas/ha
- Nitrógeno: 48 toneladas /ha
- Fosforo: 3,1 toneladas/ha
- Potasio: 77 toneladas /ha

Reducción del consumo de herbicidas

Es un dato variable, pero en Ledesma SAAI, la reducción de consumo de herbicida por ha fue de 19,9 %.

**3.3.3. Cultivo Intercalar de leguminosa entre renovación.**

El cultivo intercalar es parte del modelo de labranza. Incorporar un cultivo diferente, corta la patogenicidad que año a año se acumula en el área de desarrollo radicular, afectado capacidad productiva. Un cultivo resistente a Round Up es también una alternativa de control de gramíneas perenne como Cynodon Dactilon o sorgo halepense, 2 malezas de alta capacidad competitiva con la caña.

FG38: Producción con y sin rotación con leguminosa



El Dr. Alan Garside, es miembro de la BSES, y coautor del capítulo 7, (Sugar Cane Cropping System) del Manual of Cane Growing que dicha institución de Investigación elaboro. Entre las distintas actividades, analizo los resultados y causa del declinamiento productivo en las regiones cañeras de Australia. Ambas imágenes precedentes, corresponde a información y resultados de ensayos y seguimientos productivos a nivel comercial.

Asigna enorme importancia a la rotación e incorporación de un cultivo intercalar. Los resultados se pueden observar a continuación.

TB35: Producción áreas con y sin rotación con leguminosa

EFFECT OF A SINGLE LEGUME BREAK ON YIELD OF SUBSEQUENT SUGARCANE CROPS			
Site	Sugarcane Crop Class	Sugarcane Yield (t/ha)	
		Cane Monoculture	Well Managed Legume
Tully	Plant	88	102
Ingham	Plant	48	61
Mackay	Plant	63	88
	R1	92	116
	R2	77	93
	R3	78	86
Bundaberg	Plant	112	124
	R1	121	138
	R2	103	125
	R3	89	107

Breaks – Peanuts in Bundaberg, soybeans elsewhere

Los resultados productivos son sin dudas determinantes.

Se suma ello, en el mismo plan de evaluación de las causas que contribuyen a los problemas de producción, la presencia de lombrices, complejo y valiosos contribuyentes a la salud del suelo.

Desde la época de Darwin, las mismas estaban identificadas como las más importantes contribuyentes a la evolución de los suelos y el mantenimiento de la salud del mismo. Evaluando su presencia en el sistema de caña quemada y verde, observaron lo siguiente que año a año las distintas especies, incrementaban su presencia a tasas diferentes, según sea quemada o verde. Las áreas bajo quema el crecimiento en 4 años fue 6,5 veces. Bajo modelo de cosecha en verde, 10,5 veces.

TB36: Número común de lombrices por m<sup>2</sup> para muestras tomadas de hileras de caña con relación al tratamiento de trash sobre tres cultivos de socas

Sampling	Burnt cane	Trash blanket
8 Dec, 1994	15	23
6 Sept, 1995	24	49
1 Feb, 1996	41	93
4 Sept, 1996	73	171
11 Mar, 1997	98	242

### 3.4. Métodos de cosecha

La cosecha mecanizada integral, tipo australiana, comenzó extensivamente en la República Argentina en 1972 con las máquinas que introduce al país el Ingenio Ledesma de Jujuy y después le siguen Tucumán, Salta y el Litoral. A comienzo de la década 1980-90, operaban en Tucumán unas 160 máquinas cosechadoras<sup>xliv</sup>.

Hoy en los ingenios del Norte, salvo muy pocas excepciones de pocos cañeros, la caña que se procesa es 100% mecanizada. De este porcentaje, el 85 % es verde<sup>xlv</sup>. El Ingenio Rio Grande es el que más tarde adoptó el cambio a cosecha sin quema y está en pleno proceso de cambio.

En Tucumán el 90% de los cañaverales se cosechan en verde<sup>xlvi</sup>, Los eventos de quema anterior o posterior a la cosecha, no son acciones de los productores sino incidentes y acciones no promovidas por ellos en la mayoría de los casos. Estas situaciones no deseadas afectan y eliminan el beneficio que para el productor representa la cobertura del RAC en los campos de caña. Es un real activo, cuya eliminación afecta de manera directa al mismo productor.

#### 3.4.1. Cosecha Mecánica de caña quemada Vs caña verde

Tanto en Australia como en Argentina se realizaron evaluaciones de resultados de uno u otro modelo de cosecha, tanto su incidencia para el sector agrícola como el sector Industrial.

La quema de la caña elimina parte del material vegetal no perteneciente al tallo propiamente dicho (Hojas y despuntes), reduciendo el contenido de materia extraña en la caña derivada a Ingenio. Al momento de la quema, una hectárea de caña con una producción de 80 TCH, emite aproximadamente 8 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ha. La temperatura reinante al momento de realizar la quema genera ruptura de tejidos y pérdida de sacarosa en caña. La Imagen siguiente es una muestra de ello.

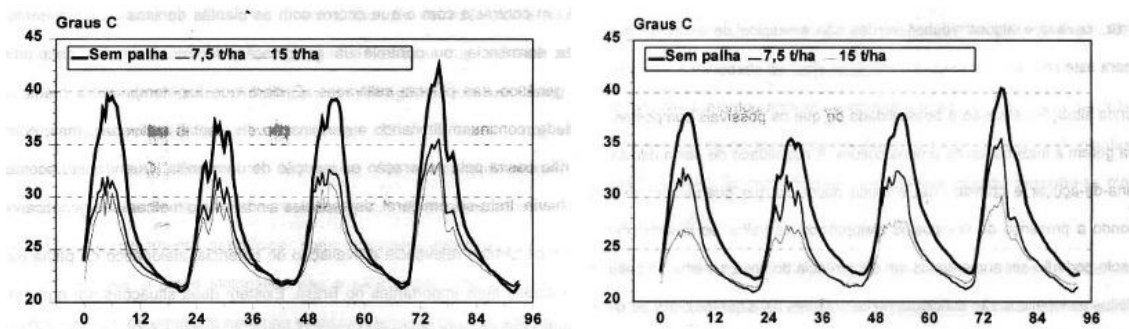
FG39: Tallo de caña de azúcar posterior a la quema precosecha



### 3.4.1.1. Cambio en la temperatura del suelo con y sin cobertura

La eliminación de hojas y despunte deja el suelo desnudo de cobertura. Las variaciones de temperaturas diarias impactan de manera distinta en el perfil del suelo, según tenga o no cobertura. Evaluaciones hechas en la Universidad de Botucatu de San Pablo, Brasil, en el año 2000 muestran variaciones a 1 cm. y a 5 cm. de profundidad. Las situaciones evaluadas fueron 3: Sin cobertura, con 7 y 15 toneladas/RAC por ha. Estas variaciones detectadas, impacta en la pérdida o el almacenamiento de humedad en el suelo. El ensayo de rangos térmicos con una cobertura de 7 ton. /ha. de RAC emularía las condiciones reinantes, luego de la práctica de recolección del RAC con fines energéticos.

FG40: Variación de temperatura de suelo, con y sin cobertura a 1 y 5 cm



La empresa Ledesma, evaluando registros térmicos en el suelo, bajo 3 situaciones distintas, obtuvo los siguientes registros. La cantidad de maloja replicaba situación post recolección, con un retiro del 50% de RAC depositado. El segundo tratamiento correspondía al total de RAC post cosecha.

La amplitud térmica en suelo desnudo en superficie fue de 39 °C. a 5 cm se redujo a 21°C.

TB37: Temperatura de suelo en superficie, con y sin cobertura

Horario	Suelo desnudo	C/ malh 1	C/ malh 2
11:30	56	33	31
16:30	43	30	27
18:30	36	27	26
20:00	32	26	25
07:00	17	21	16

°C en superficie

TB38: Temperatura de suelo a 5 cm. de profundidad, con y sin cobertura

Horario	Suelo desnudo	C/ malh 1	C/ malh 2
11:30			
16:30	40	29	26
18:30	35	27	25
20:00	31	25	25
07:00	19	22	19

°C en a 5 cms de profundidad

### 3.4.1.2. Contenido de humedad en suelos con y sin cobertura

También la EEAOC realizó evaluaciones en el contenido de humedad a lo largo de todo un ciclo de producción y bajo distintos mm aportados por lluvia a lo largo del ciclo<sup>xlvii</sup>. La publicación, presenta los resultados obtenidos con la variedad LCP 85-384 para las dos profundidades evaluadas durante el ciclo 2008/2009.

Para esta variedad, a 20 cm de profundidad, el tratamiento con cobertura de RAC presentó un contenido de humedad en el suelo significativamente mayor durante cinco fechas de evaluación. Las diferencias se presentaron principalmente en el período primaveral y hasta aproximadamente el cierre del cañaveral. A partir de ese momento y hasta fin de ciclo, las diferencias en el contenido de humedad entre tratamientos no fueron significativas, si bien se observaron valores mayores en el tratamiento con cobertura.

En esta variedad, el tratamiento con cobertura estuvo por debajo del límite del agua fácilmente utilizable en una sola fecha, mientras que el tratamiento sin cobertura de RAC se encontró por debajo de ese límite en cuatro fechas durante el ciclo evaluado. A 40 cm de profundidad, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y las variaciones de la humedad edáfica durante el ciclo analizado, y fueron menos marcadas que a los 20 cm.

FG41: Humedad en suelo. Profundidad 20 cm. Variedad LCP 85-384

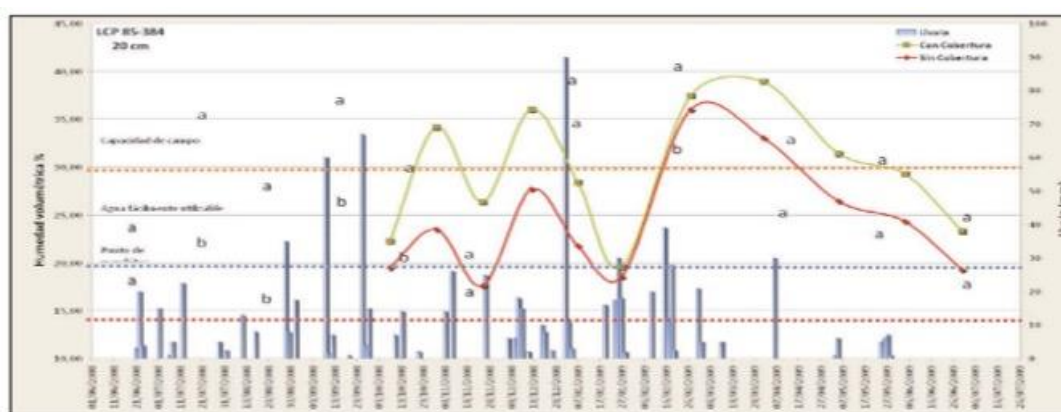


Figura 5. Humedad edáfica a 20 cm de profundidad, obtenida con la variedad LCP 85-384. San Genaro, Tucumán, R. Argentina. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.4.1.3. Control de malezas y consumo de herbicida

Otro impacto de negativo de no dejar cobertura es la temprana aparición de malezas en suelos donde el RAC ha sido eliminado a causa de la quema, previo a la cosecha o posterior a ella. Ledesma SAAI analizó en sus inicios, las ventajas y desventajas de incorporar la práctica de cosecha en verde y los impactos no solo en el sector agrícola, que sin dudas recibía. Las evaluaciones comparativas se realizaron en los ciclos 2004 /2005 y 2005/2006. El primer ejercicio, la reducción de consumo de herbicida fue del 10%, creciendo a 19,8 en el ejercicio siguiente<sup>xlviii</sup>.



Esta práctica esta también asociada y complementada a los beneficios de la incorporación de un cultivo intercalar de leguminosa entre renovación y plantación. Colabora esta práctica al bajo uso de herbicidas en cañas plantas y primera soca.

**FG42: Cultivo con y sin cobertura**



El sector agrícola al incorporar la cosecha mecanizada en verde aspira a impactar en los siguientes aspectos<sup>xlix</sup>:

- Mejorar la retención de humedad.
- Mejorar el control de malezas;
- Mejorar la productividad y la sostenibilidad mejorando la salud del suelo; y
- Mantener la rentabilidad de todos los aspectos de su negocio.
- Mayor sustentabilidad ambiental, eliminando emisiones a causa de las quemas de caña.

**3.4.1.4. Descomposición de residuos y aporte de nutrientes**

Otro resultado de significación para la matriz productiva es la tasa de descomposición de residuo agrícola de cosecha y el aporte de nutrientes!

**TB39: Balance inicial y final de RAC en un modelo de cosecha en verde**

Tabla 1. Cantidad de RAC en t MS.ha<sup>-1</sup> luego de cosecha (Inicial) y al final de cada ciclo agrícola en las dos variedades y los seis ciclos agrícolas estudiados. Tucumán, Argentina, 2012-2018. D% (porcentaje de descomposición), V1 (LCP 85-384) y V2 (TUC 95-10).

t MS.ha <sup>-1</sup>	Planta		Soca 1		Soca 2		Soca 3		Soca 4		Soca 5	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
<b>Inicial</b>	13,0 a	14,5 a	17,6 a	16,0 a	14,8 ab	16,7 a	14,3 a	15,1 a	11,6 b	13,6 a	21,0 a	18,4 a
<b>Final</b>	6,1 c	8,3 b	9,1 b	9,4 b	11,4 bc	10,1 c	4,9 b	4,9 b	4,3 c	3,8 c	7,7 b	7,6 b
<b>D%</b>	53	43	48	40	23	39	66	68	63	72	63	58

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p <0,05) dentro de la misma edad del cañaveral.

El aporte de RAC, evaluado como materia seca, solo información de LCP 85-384 por ser la de mayor participación en Tucumán, muestras un promedio de 15,38 toneladas de RAC/ha. Al final del ciclo ese total se reduce a 7,25 toneladas remantes. Esto señala una migración del 52,87 % del RAC inicial y una retención del 47,13.

### TB40: Aporte de carbono y nutrientes en un ciclo de 6 zafras

Tabla 5. Cantidad de C, N, P y K en el RAC (kg.ha<sup>-1</sup>), después de cosecha (Inicial) y al final de cada ciclo agrícola (Final) y liberación de estos nutrientes al agroecosistema (LBA) para las dos variedades y los seis ciclos agrícolas. Tucumán, Argentina, 2012-2018. CRAC (contenido en el RAC en kg/ha): V1 (LCP 85-384) y V2 (TUC 95-10).

	Planta		Soca 1		Soca 2		Soca 3		Soca 4		Soca 5	
CRAC [kg.ha <sup>-1</sup> ]	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
<b>C</b>												
Inicial	6543 a	7201 a	7467 a	6524 a	7573 a	8600 a	7434 a	7591 a	5386 a	6589 a	10344 a	8898 a
Final	1495 b	1997 b	1970 b	2037 b	3416 b	2507 b	1555 b	1490 b	1333 b	1251 b	2046 b	1989 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	5048	5205	5497	4487	4157	6094	5879	6101	4053	5338	8299	6909
<b>N</b>												
Inicial	96 a	107 a	112 a	92 ab	108 a	112 a	72 ab	80 a	68 a	78 a	159 a	136 a
Final	58 a	85 a	61 c	31 bc	72 a	61 a	42 b	41 b	39 b	35 b	54 b	63 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	38	22	51	11	36	51	30	39	30	42	105	72
<b>P</b>												
Inicial	9,0 a	8,8 a	8,8 a	6,2 b	5,9 a	8,3 a	5,7 a	4,5 a	4,4 a	5,1 a	10,5 a	9,1 a
Final	3,6 b	5,0 b	5,5 c	4,7 c	5,7 a	6,1 a	3,4 a	2,9 a	2,9 b	2,7 b	4,6 b	5,4 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	5,4	3,8	3,4	1,6	0,2	2,2	2,3	1,6	1,5	2,4	5,9	3,8
<b>K</b>												
Inicial	115 a	116 a	114 a	111 a	107 b	140 a	63 a	53 a	34 a	39 a	76 a	68 a
Final	7 b	9 b	9 b	8 b	9 c	7 c	4 b	4 b	5 b	4 b	7 b	6 b
LBA [kg.ha <sup>-1</sup> ]	107	107	105	102	98	133	60	49	28	36	69	62

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05) dentro de la misma edad del cañaveral.

Las incorporaciones de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio analizando ingresos y salidas muestra lo siguiente como valor promedio anual en 6 ciclo de cosecha:

- Carbono incorporado: 5488 toneladas/ha
- Nitrógeno: 48 toneladas /ha
- Fósforo: 3,1 toneladas/ha
- Potasio: 77 toneladas /ha

Estos resultados, evaluados a lo largo de 6 años dan consistencia a la información que la EEAOC llevó adelante. Sin dudas que este nivel de aporte requiere reanalizar las prácticas de fertilización al cultivo de la caña.

### 3.4.2. Cosecha mecanizada e impacto en la producción de caña

#### 3.4.2.1. Tipo de pérdida y parámetro de calidad

La EEAOC, entre los diversos trabajos de investigación, presento en la publicación Avance Agroindustrial N° 38-1, un trabajo sobre control de calidad en cosecha de caña de Azúcar<sup>ii</sup>. A partir de dicha evaluación elaboró la Guía Práctica para el Control de Cosecha Integral. Entre la información obtenida se describen las pérdidas de azúcar por cada porcentaje de trash según tipo y componente del mismo. La tabla siguiente muestra las pérdidas de azúcar porcentuales por cada 1 % de incremento en el trash.

TB41: Incidencia de pérdida por tipo de componente de trash

Componente de trash	Perdida de azúcar por cada 1% de trash
Tierra	1%
Despunte	0,8%
Hojas verdes	0,6%
Hojas secas	0,3%

A forma de ejemplo, si una muestra está compuesta por 4% de despunte, 2% de hojas verdes, 1% de hojas secas y 1% de tierra (8% de trash total), se pierden aproximadamente 5,7% del azúcar contenido en la materia prima. Por lo tanto, y por lo observado en la Tabla 41, cada

componente del trash tiene un peso relativo diferente. Hay que tener especial cuidado con la tierra y el despunte, que son los componentes más perjudiciales.

El paso de cosecha de caña quemada a caña verde fue acompañado con un incremento del trash y las pérdidas en el proceso Industrial se incrementaron.

La industria, frente a esta modificación en la calidad de la materia prima recepcionada, observo incremento de pérdidas generalizadas. Esta nueva realidad demandó cambios en los procesos de cosecha desde el sector agrícola. La medida inmediata fue la de incrementar la velocidad de extractores primarios como a manera más directa de reducir materia extraña y evitar pérdidas industriales.

También se elaboraron recomendaciones que propendieran a que tanto el sector agrícola se viese beneficiado con esta nueva realidad. La EEAO, en el trabajo de elaboración de una Guía práctica para el control de la cosecha integra presentó indicadores de calidad a ser tenidos en cuenta en el control de calidad al momento de cosecha.

**TB42: Parámetros de calidad control de una cosecha mecanizada**

Parametro	Valor de referencia
perdida de materia prima	2,5 a 4%
Trash	Hasta 8%
Velocidad de avance de cosecha	2 a 4 km/hora en caña alta producción
	4a 6 km/ en cañaverales de baja producción
Altura del despuntados	Despunta entrenudo con brix menor a 13 Brix
altura de tocon	4 centímetros
Velocidad del extractor primario	900 a 1000 RPM
Cuchillas basales	Rotar cada 250 ton. Cambiarlas cada 1000 ton
Cuchillas trozadoras	cambiarla cada 1200 a 2000 ton.

También se establecieron mecanismos de control de pérdidas que, bajo una metodología estandarizada, permitiera identificar y cuantificar las pérdidas en campo, post cosecha.

En las imágenes siguientes muestran ejemplo de ello

**FG43: Tipos de pérdida en cosecha mecanizada en verde**





Estas imágenes muestran distintos tipos de pérdidas que habitualmente pueden ser observadas de manera directa en campos de caña. Hay una pérdida que no se observa al momento de la cosecha, pero su evidencia es clara el momento de brotación.

### 3.4.2.2. Ensayo de presión de corte

Ledesma, en conjunto con la empresa proveedora de maquina cosechadora de caña, acordó llevar adelante evaluaciones de incidencia del corte de la caña a distintas presiones de trabajo en los platos cortadores.

Se realizaron plantación de 3 parcelas idénticas que permitieran cosechar con 3 niveles de presión en los platos de cortadores de base. Las presiones designadas fueron 700, 1000 y 1300 libras. Las mismas fueron evaluadas visualmente con conteo de brotación y fallas posteriores. Sin dudas, las imágenes son lo suficientemente elocuentes del daño generado en caña que solo tiene un corte, cuando la maquina opera con rangos de presión cercanos a las 1300 libras.

De igual manera, pero en sentido contrario, se observa el excelente stand de plantas y calidad de brotación de la parcela que se cosechó con presión igual a 700 libras. Estos factores de calidad están asociados a la capacitación de los operadores como de quienes supervisan los trabajos a campo.

FG44: Presión de corte y calidad de brotación



Hoy las máquinas de última generación han incorporado dispositivos de control de presión que puede ser predeterminado, evitándose daños en los cultivos. Hasta que esta mejora este en todas las máquinas, debe ser controlado de manera manual.

### 3.4.2.3. Espaciamiento exacto entre líneas de surco

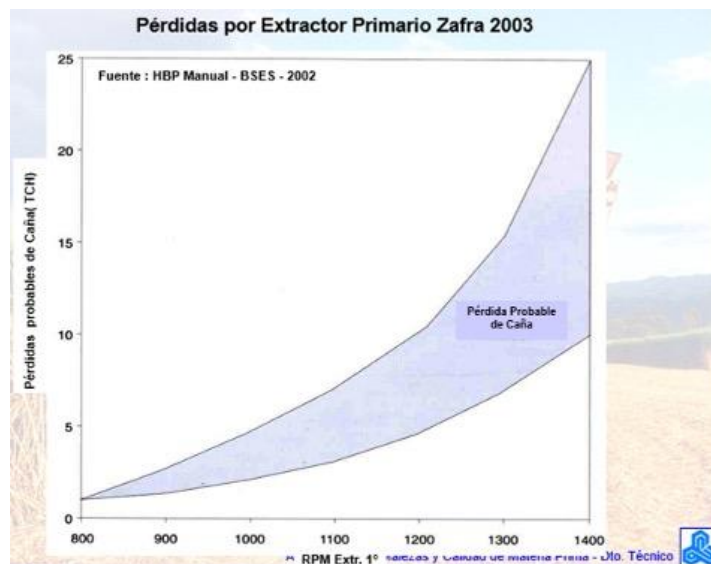
El diseño y espaciamiento de los surcos y la fidelidad de respetar el mismo con exactitud se hace al momento de la siembra, surcando con tractores que tiene incorporado pilotos automáticos que cuentan con dispositivos de geoposicionamiento. Al momento de cosechar, si la maquina tiene incorporado idéntico dispositivo, la cosecha centrada con exactitud evitara perdidas por desplazamiento laterales, sobre todo en cañaverales de alto tonelajes y en curvas de nivel.

### 3.4.2.4. Pérdida de caña en cosecha no visibles

Corresponde a las cañas que han sido expulsadas por el extractor y a causa de la elevada potencia de los mismos, su identificación es difícil ya que su tamaño mínimo la hace imperceptible y puede en algunos casos contribuir de manera significativa caña que se produjo y no se derivó a molienda a causa de este tipo de pérdidas.

Las investigaciones fueron llevadas adelante por la BSES (Bureau Sugar Experimental Stations) de Australia, a lo largo de varios ensayos bajo distintas condiciones, tanto de tipo de caña, variedades distintas y con la maquina operando de distintas maneras y variados seteos de la misma. Los resultados se resumen en el grafico siguiente:

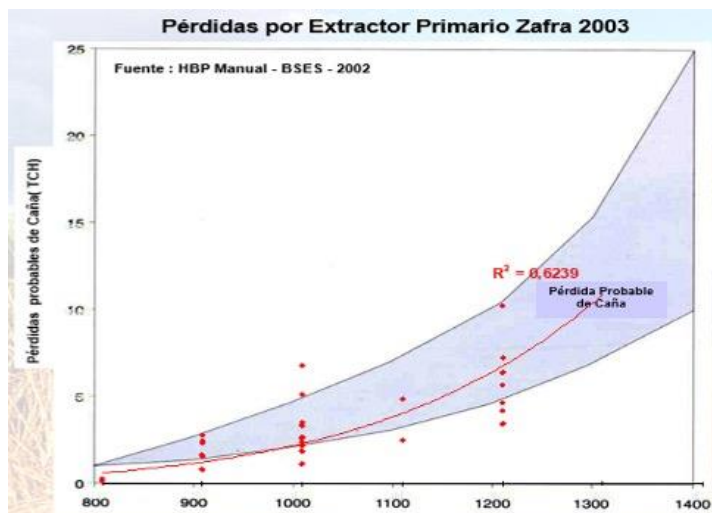
FG45: Determinación de perdida de TCH según RPM extractor primario



El grafico de la BSES, en el espacio sombreado, marcaba las referencias posibles de perdidas bajo condiciones variables para los casos investigados en dicho país. El caso más extremo se observa en situación de 1400 RPM con pérdidas que a esas mismas revoluciones podría eliminar entre 10 y 25 Toneladas de caña por ha<sup>lii</sup> por el extractor.

Ledesma puso en práctica ensayos bajo la misma modalidad<sup>liii</sup>. Fueron 31 ensayos llevados adelante entre zafra 2002 y 2003. Los resultados se plantillaron sobre el mismo gráfico, replicando situaciones y resultados idénticos. En un análisis estadístico, el índice de regresión  $R^2$  arrojó un valor de 0,62. Se los describe en el grafico siguiente:

FG46: Perdida de TCH según revoluciones. Ensayos en Ledesma 2002-2003

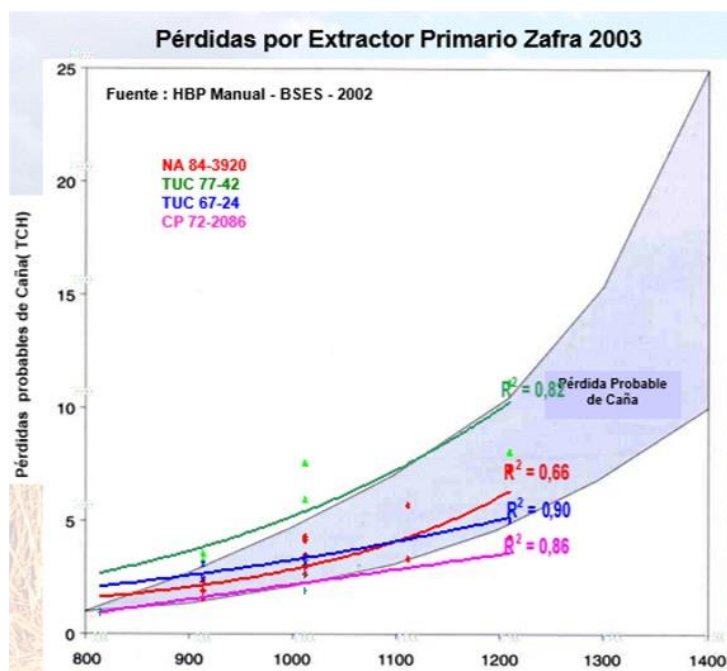


Al observar que los datos de perdida de los ensayos replican idéntica performance que los evaluado y determinado en Australia, colaboró para continuar analizando información con mayor detalle.

Se procedió a desagregar idéntica información, pero separando el análisis según variedades ya que los tipos, tamaño, clase diametrica como peso por tallo, podría incidir en la tasa de pérdidas. Se analizaron 4 variedades, de las cuales, 3 de ellas, eran de porte robusto, tallos gruesos y

pesado. Una de ellas, Tuc 7742, variedad de habito de macollaje alto (tallos por cepa) pero de bajo peso por cada uno, marco diferencias en la tasa de pérdidas. Lo que se observó fue lo siguiente para cada tipo de variedad.

FG47: Rango de pérdidas de TCH según variedad y RPM extractor primario

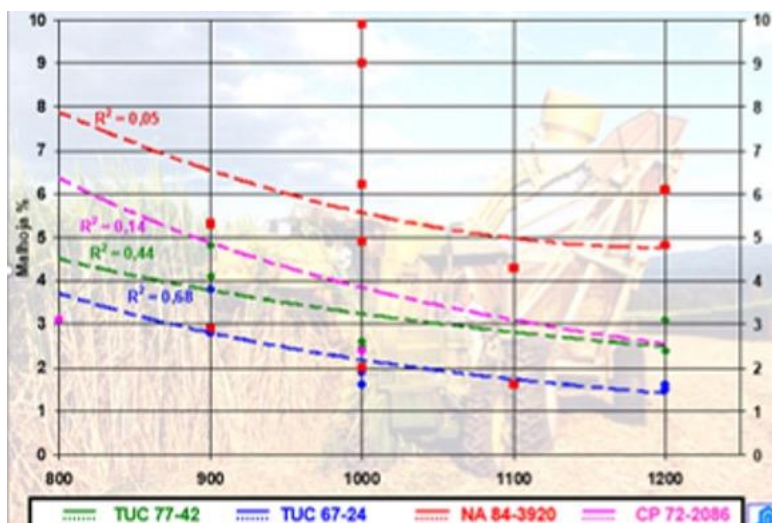


Estos datos de pérdidas ajustan estadísticamente de mejor manera la pérdida de caña en la relación a la potencia aplicada a los sistemas de limpieza. De un valor promedio de correlación con  $R^2$ , analizando toda la información integrada y de promedio, muestra una correlación de  $R^2$  de 0,62. Al separar por variedades, en 3 de ellas este valor estadístico crece a un  $R^2$  superior a 0,86 Operar el extractor primario a mayores revoluciones dio como resultado un incremento de las pérdidas.

### 3.4.2.5. Reducción de trash. Operaciones para su reducción

Desde el sector productivo como de la industria, se identificó al extractor primario como la herramienta eficaz de limpieza. Se aumentaron las revoluciones del extractor, en la búsqueda de una mayor reducción de trash. El criterio asumido fue, que mayor RPM en extractor primario, redundaría en una reducción de trash de manera proporcional al aumento de velocidad. Esto fue evaluado y los resultados se analizan a continuación.

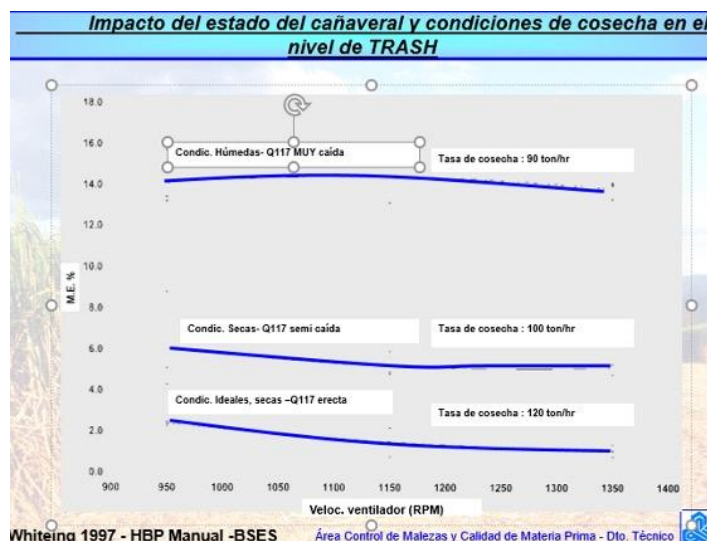
FG48: Reducción de trash a RPM variable



Evaluando estadísticamente la reducción de trash con el aumento de RPM, la correlación fue mucho menor. En algunas casi nula incidencia. Sin dudas un criterio aplicado extensamente en la cosecha por parte de sus responsables de esta no era correcto y sus resultados estaban más asociado a pérdidas de caña que a mejoras en las limpiezas y eliminación de trash.

Evaluaciones realizadas por la BSES sobre las condiciones que determinan el nivel de trash o materia extraña en la caña derivada a molienda, se observan a continuación:

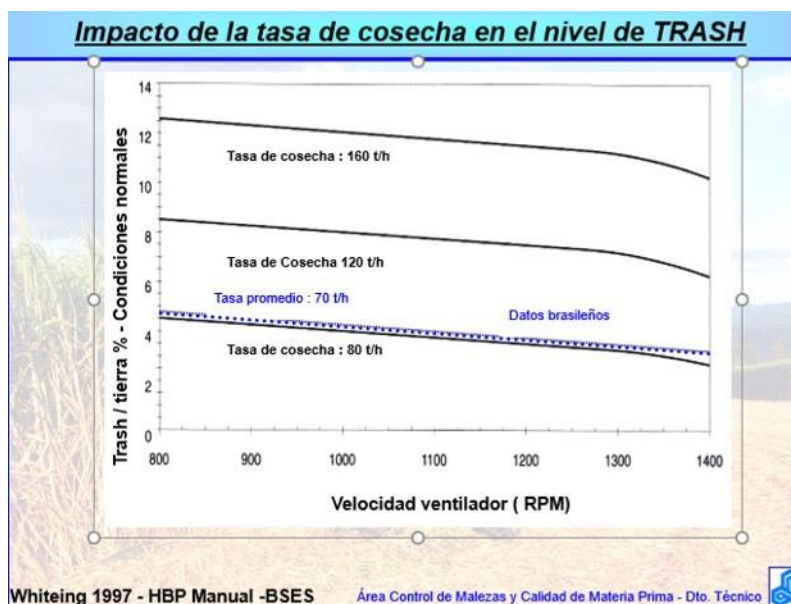
**FG49: % Materia extraña según condición del cañaveral y RPM extractor<sup>liv</sup>**



La conclusión a la que se arriba a partir de estas investigaciones es que el trash es inherente a las condiciones del cañaveral a cosechar y su reducción no está, directamente asociada a mayor RPM en el sistema de limpieza. Caña caída y de altos tonelajes darán como resultado un tenor de trash elevado de trash elevado difícil de reducir. Lo que debe ser tenido en cuenta es el bajo efecto en la limpieza por un lado y el creciente nivel de pérdidas a medida que se incrementaban las RPM.

También se investigaron niveles de trash en caña a diferentes tasas de cosecha. (toneladas de caña cosechada por hora). Tasas elevadas iguales o mayores a 160 Ton/hora aportan un elevado % de materia extraña por la saturación de los sistemas de limpieza que los extractores no pueden reducir con efectividad. Se observa esto en el cuadro siguiente:

**FG50: Materia extraña según tasa de cosecha y RPM de extractor primario**





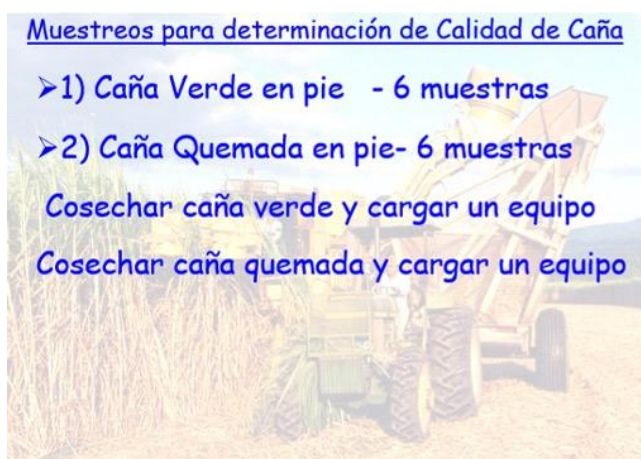
### 3.4.3. Ensayo y evaluación comparativa Cosecha mecánica caña verde y quemada

Se realizaron 31 ensayos durante los ciclos de cosecha 2002 y 2003. Variadas condiciones de producción, distintas variedades, distintos meses del periodo de cosecha están incorporados. La información que se analizara a continuación es el promedio de todas las situaciones posibles. Los ensayos determinaron la calidad de la caña previo al momento de cosecha y siguiendo su trazabilidad de cada etapa hasta la molienda incluida.

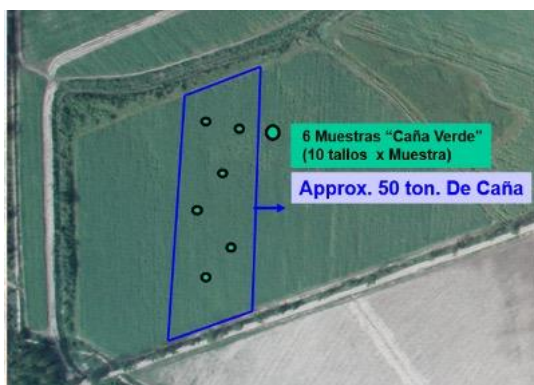
Cuando se compara la cosecha de caña quemada Vs Verde se identifican para caña verde mejoras en el sector agrícola que en termino de calidad y recuperación de azúcar. Estas ventajas en industria se reducen en el proceso a causa del elevado trash que la caña verde incorpora. Estos ensayos y sus resultados se realizaron entre 2002 y 2003, repitiéndose conjuntamente con Técnicos de BSES en el año 2005.

#### 3.4.3.1. Relevamiento en predio seleccionado y etapas de control hasta industria

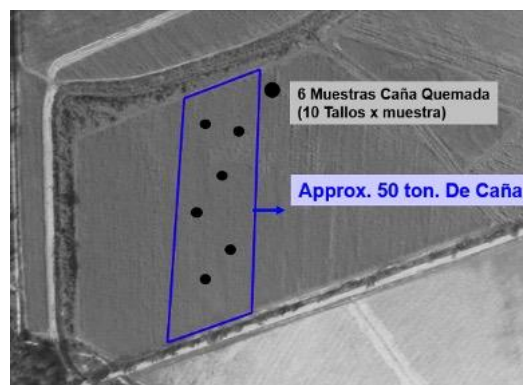
FG51: Muestreos para determinación de calidad de caña



FG52: Área cosecha caña verde



FG53: Área Cosecha caña quemada



Este es la primera etapa. La diferencia de calidad entre las 6 muestras de caña verde y 6 de caña quemada, al ser analizadas de manera inmediata, identifica la pérdida calidad por efecto de la quema.

FG54: Caña quemada con evidencia de exudados



Se muestra la secuencia siguiente del proceso ya en mesa de descarga en Ingenio.

FG55: Muestreos para determinación de calidad de caña en mesa de descarga en ingenio

Muestreos para determinación de Calidad de Caña en mesa de descarga en Ingenio

3) Caña troceada "Limpia" - 6 muestras  
4) Caña Troceada "Sucia" - 6 muestras

De estas muestreo se determina la diferencia de calidad por efecto del trash.

Área Control de Malezas y Calidad de Materia Prima - Dto. Técnico

FG56: Toma de muestra en mesa de descarga

**12 Muestras**

**6 Mstras Caña "Sucia"**      **6 Mstras caña "Limpia"**

**% Trash:**  
-Malhoja  
-Despunte  
-Cepas

Área Control de Malezas y Calidad de Materia Prima - Dto. Técnico

En esta muestra se selecciona cañas limpias sin trash vs caña con trash incluido, para obtener resultados por efecto del trash y su impacto en la calidad de materia prima para cada tipo de caña

FG57: Muestreos para determinación de calidad de caña en etapa industrial

**Muestreos para determinación de Calidad de Caña en etapa industrial**

5) Conductora - 6 muestras caña verde  
 Conductora - 6muestras caña quemada

Este muestreo se realiza sobre conductora, después que la caña ha sido desfibrada y previo al ingreso a molienda.

Es una muestra equivalente a la determinada con caña troceada con trash pero mas homogeneizada y con tomas de multipuntos

Área Control de Malezas y Calidad de Materia Prima - Dto. Técnico

El último punto de muestreo es en conductora, posterior al proceso de desfibrado y antes de la molienda. Este muestreo determina la diferencia de calidad final de la caña.

FG58: Punto de ultimo muestreo de caña verde y quemada



**3.4.3.1. Resultados pérdida de calidad desde sector agrícola hasta industria**

Los resultados finales los podemos observar el siguiente cuadro de datos obtenidos para cada tipo de caña.

TB43: Resultados de determinaciones caña verde Vs caña quemada

Cosecha Caña Quemada					
	Vde.	Quem	Troc L	Conduct	Troc S
Fibra %	12.98	12.86	12.76	13.57	13.33
BRIX	20.68	20.29	19.88	19.37	19.42
POL	76.78	74.53	72.80	70.47	70.36
Pol%Jugo	18.37	17.86	17.47	16.95	16.92
Pol%Caña	14.52	14.14	13.86	13.26	13.28
Pureza	88.63	87.83	87.63	87.25	86.85
Rdto.%	12,57	12,20	11,95	11,35	11,36

Cosecha Caña en Verde					
	Vde.	Quem	Troc L	Conduc	Troc S
Fibra %	12.72		12.65	13.93	13.36
BRIX	20.52		20.30	19.62	19.77
POL	75.52		74.71	71.87	72.01
Pol%Jugo	18.08		17.90	17.27	17.29
Pol%Caña	14.35		14.24	13.43	13.58
Pureza	87.97		88.12	87.96	87.34
Rdto. %	12,40		12,31	11,51	11,65

Área Control de Malezas y Calidad de Materia Prima - Dto. Técnico



Las diferencias entre caña verde y caña quemada permiten identificar una pérdida de 0,27 puntos de azúcar, solo por el efecto de retirar hojas, vía quema.

La tabla muestra otros resultados muy interesantes. El muestreo en campo, a partir de 6 muestras de caña para cada uno, se procesó en laboratorio sobre la base de caña limpia para cada tipo de muestras. Esta información es entonces comparable con la de troceado limpio. (sin trash).

Para caña verde, la pérdida del dato campo con el de conductora (Vde- Troc L) es de 0,09 punto de rendimiento. Esta pérdida es a causa del tiempo transcurrido entre corte inicial y descarga en canchón Ingenio a lo que se le suma la pérdida a causa del trozado de la caña.

Para caña quemada, comparando los mismos puntos (Quem. - Troc L) se observa una pérdida de 0,62 punto de azúcar. Retirando la pérdida de 0,27 a causa de la quema, restan aún 0,34 punto de rendimiento de azúcar. Comparándolo con los 0,09 de caña verde, es 4 veces mayor para caña quemada. Esto ocurre porque a causa de la quema, se inicia inmediatamente un proceso de desdoblamiento de azúcar, afectado y determinado por el tiempo que medie entre quema y molienda.

Si se analiza las diferencias entre caña troceada limpia vs troceada sucia, para caña verde se registran 0,66 punto de pérdida. Para quemada 0,59.

Si se compara troceada limpia con dato conductora, la diferencia es aún mayor. 0,80 puntos para verde vs 0,60 para quemada. Esta diferencia de 0,20 puntos entre verde y quemada es atribuible al mayor contenido de trash en caña verde. Si este trash pudiera ser retirado previo al proceso de molienda, las pérdidas por el alto trash, se reduciría significativamente. Este aspecto será analizado más adelante, en el contenido de este reporte.

De extremo a extremo, información inicial de campo y como dato final el de conductora, caña quemada acumula una pérdida de 1,21 puntos de azúcar % caña. Para caña verde esta diferencia es de 0,89. Esta pérdida de calidad entre verde y quemada es de 0,32 puntos de azúcar a favor de caña verde

Investigando la situación en el área agrícola, las pérdidas por limpieza por extractor y caña perdida por diversas causas se observan los siguientes resultados.

TB44: Pérdidas de azúcar en campo

		Burnt	Green
<b>Primary Extractor</b>	Ejected Mat. Ton / Ha	7.92	31.5
	Sugar Yield %	5.68 %	3.26 %
	Ton Sugar / Ha	<u>0.45</u>	<u>1.03</u>
<b>Not Picked Up</b>	Ton Cane / Ha	3.82	3.1
	Sugar Yield %	10.66 %	11.36 %
	Ton Sugar / Ha	<u>0.41</u>	<u>0.35</u>

Por la limpieza vía extractor, se depositan como cobertura, 31,5 toneladas de RAC/ha. El análisis del azúcar contenido en ese trash es del 3,26 % de sacarosa. La relación entre ambos parámetros muestra una pérdida de 1,030 kilos de azúcar por ha. Para caña quemada esta pérdida solo es de 450 kilos por ha. Sin dudas no es menor, pero es solo el 45% en relación al azúcar contenido RAC/ha de caña verde.

Las otras pérdidas de campo, también importantes, pero no tienen diferencias estadísticamente significativas.

Integrando toda la información, la caña derivada a molienda como la que se pierde en campo al momento de la cosecha, a nivel porcentuales se observan los resultados en la tabla siguiente:

TB45: Valores porcentuales de pérdidas

		Pérdidas por:	Quemada	Verde
Calidad de Caña	Quema		2.7 %	-
	Troceado		1.8 %	0.6 %
	Trash		4.4 %	5.7 %
			8.9 %	6.3 %
Pérdidas a Campo	Extractor 1 <sup>ario</sup>		4.0 %	8.7 %
	No Levantada		3.6 %	3.0 %
			7.6 %	11.7 %
			16.5 %	18.0 %

Área Control de Malezas y Calidad de Materia Prima - Dto. Técnico

### 3.4.4. Búsqueda de soluciones al futuro

#### 3.4.4.1. Visita al sector agroindustrial de Australia

En el año 2005, La empresa John Deere SA, con asiento en la ciudad de Tucumán, principal proveedora de Cosechadora de caña al sector cañero, invito a técnicos de la Empresa Ledesma SAAI a visitar Australia y su agroindustria con el siguiente objetivo.

“Compartir con el sector Industrial y Agrícola de Australia, los beneficios y contingencias al incorporar el proceso de cosecha de caña en verde a la molienda”.

##### 3.4.4.1.1. Resumen de beneficios y contingencia al incorporar caña verde al proceso

###### 3.4.4.1.1.1. Sector industrial

Beneficios:

- Mayor biomasa para energía;
- Menos deterioro de materia prima. Reducción en el uso de químicos para control de infecciones;
- Mayor CCS (Comercial Cane Sugar), proveniente del sector agrícola. Reconocen e identifican las mejoras productivas en el sector agrícola.

Dificultades iniciales:

- Aumenta la fibra y reduce tasa de molienda;
- Aumenta humedad y pérdidas en bagazo;
- Aumenta color, cenizas y almidón en jugo. Cierta reducción en filtrabilidad en fabrica.

Cambios implementados (la industria se adapta al cambio):

- Mayor potencia en desfibradores (Schredder) para mantener un *open cell* (células abiertas) superior al 90-91 % y mantener extracción
- Aumento del número de molinos. Pasaron de 4 a 5 molino.
- Esto cambios permitieron recuperar la eficiencia por exceso de humedad o pérdida de azúcar en bagazo

###### 3.4.4.1.1.2. Sector Agrícola

Beneficio:

- Mayor producción de caña por ha.
- Menor uso de agroquímico para control de maleza
- Eliminación de pérdidas por deterioro al quemar caña

- Impacto positivo en el entorno social al eliminar contaminación
- Mayor rentabilidad en idéntica superficial

Aspectos negativos:

- Menor tasa de cosecha (toneladas por hora y mayor consumo de combustible)
- Menor densidad en equipos de transporte de caña a Ingenio.

Conclusiones sobre la Agroindustria Australiana:

- Mirada integral del proceso. La industria reconoce los beneficios que al sector agrícola genera al producir bajo un modelo de cosecha en verde. El azúcar se produce en el sector agrícola. La industria solo recupera la misma.
- La BSES transfiere y unifica criterios en beneficio de la agroindustria en su conjunto. Mirada global y no sectorizada.
- Hay fidelización productora agrícola con - ingenio azucarero. No hay cambios de destino cada zafra

#### 3.4.4.2. *Open cell* (células abiertas) superior al 90-91 % y su relación con la eficiencia industrial

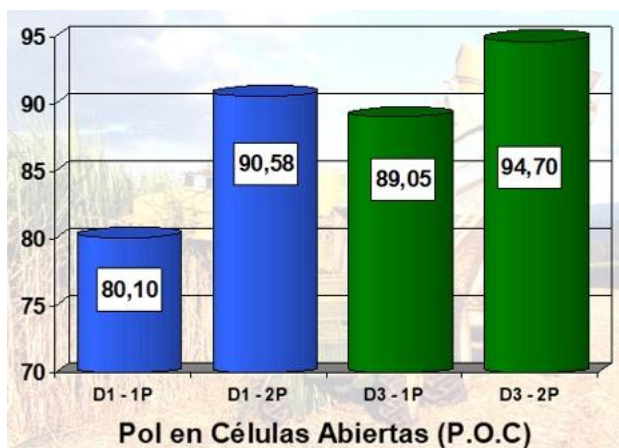
La preparación de la caña busca eficientizar la extracción del jugo contenido en la caña. Se mide a través de un indicador llamado POC (Pol en celular Abiertas en castellano). Se realizaron ensayos con equipos desfibrados con tecnologías diferentes. Se tomaron determinaciones desfibrando una sola pasada y con 2 pasadas. Para cada etapa se hicieron determinaciones.

Los desfibreadores fueron denominados D1 (baja eficiencia) D2 (buena eficiencia).

Los resultados se observan a continuación:

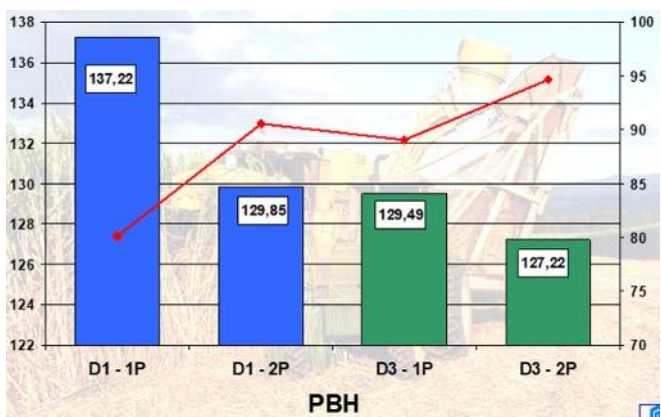
POC: Las diferencias entre una y 2 pasadas El desfibreador ineficiente con una sola pasada solo alcanza un % de 80,10. Con 2 pasadas alcanza el valor objetivo. Aumentas un 13% el POC. En el desfibreador eficiente casi alcanza el objetivo en la primera pasada y crece solo 6%, alcanzando valores excedentarios de POC.

FG46: PoI en células abiertas (POC)



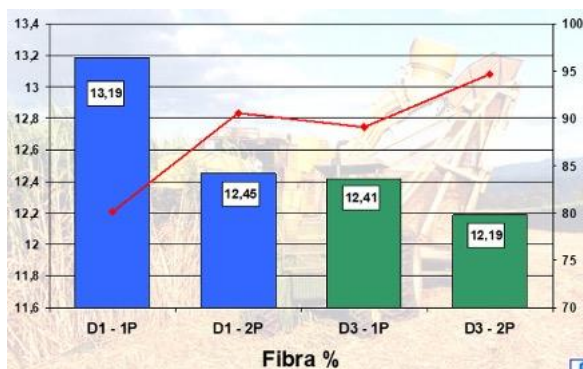
PBH. Peso bolo Húmedo: En prensa de laboratorio, el material desfibrado se somete a una presión que emula el proceso industrial. Bajo % de celular abiertas reduce la extracción y el contenido de humedad retenida es alta. Vemos aquí ambos ejemplos y los cambios mucho mayores en uno que otro

FG47: Peso bolo húmedo



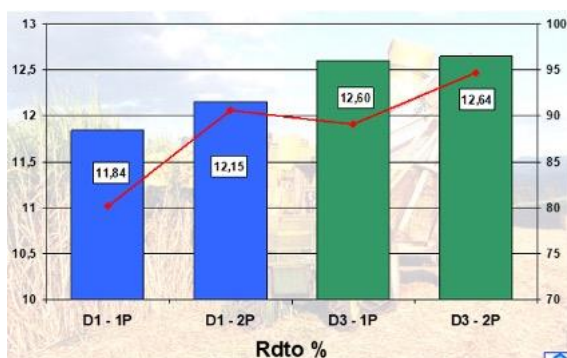
Fibra: A la presión de diseño en la prensa, el peso del residual prensado ya con mínima humedad se toma en cuenta para el cálculo de fibra en caña. Si la humedad retenida es alta por deficiente proceso de desfibrado, generará por calculo, valores altos de fibra. Lo vemos en el cuadro siguiente.

FG48: Fibra (%)



Rendimiento % azúcar: Si la fibra es alta, la fórmula de determinación asigna rara un bajo contenido de azúcar en caña. En el desfibrador eficiente, el incremento es mínimo. Solo 0,04.

FG49: Rendimiento azúcar (%)



En el desfibrador de baja eficiencia, el incremento es de 0,21 % en el azúcar % caña.

Este detallado análisis, trata de explicar la razón de los cambios que la industria australiana implemento al pasar de caña quemada a caña verde. Sin dudas, un aspecto de gran importancia a tener en cuenta para minimizar perdidas de azúcar en el proceso industrial

### **3.4.5. Realidad en la agroindustria en Argentina**

Hemos descripto la visión y la manera que se identificaron dificultades y los cambios que se llevaron adelante para mantener eficiencias y además incrementar la producción de azúcar por ha y azúcar % caña.

El análisis de lo observado en Argentina y en especial en Tucumán, se desarrolló con diferencias que se describen a continuación:

- Cada segmento de la producción tiene generalmente objetivos propios e independientes;
- Productor busca producir y entregar a Ingenio la mayor cantidad de caña. No hay plena fidelización productor- ingenio;
- El contratista de servicio de cosecha aspira a producir la mayor cantidad de toneladas/hora. Mayor velocidad de avance de la cosechadora es la herramienta a mano disponible;
- El transporte aspira a tener la mayor carga por equipo con la mayor densidad posible. Caña con menos trash implica mayor tonelada por viaje. Trozado corto también es una herramienta que mejora la densidad de carga, pero conspira con la reducción de pérdidas por extractor;
- El Ingenio tiene como objetivo recepcionar la caña con la menor cantidad de trash posible. El componente trash, en valores razonables, es sinónimo de una cosecha con bajas pérdidas desde el sector agrícola, Esta situación en Ingenio es sinónimo de mal calidad de caña.

Analizando los resultados de los ensayos de caña verde y quemada, observamos que muchos objetivos segmentados por actividad pueden contribuir al aumento de pérdidas.

#### **3.4.5.1. Limpieza en seco. Una alternativa tecnológica eficiente**

En varios países, se han desarrollados y puesto en marcha distintos sistemas de limpieza de materia extraña.

Brasil:

- Ingenio Santa Rosa
- Ingenio Iracema
- Ingenio Santa Cruz.
- Ingenio Quata
- Ingenio Santa Elisa. (Sistema móvil operando en campo)

Colombia

- Ingenio Providencia

Australia

- Ingenio Condong

#### **3.4.5.2. Limpieza en seco en Ingenio Ledesma**

La empresa Ledesma, con asesoría de ex profesionales del BSES, llevo adelante la instalación de un sistema de limpieza en seco. El diseño demando la construcción de un salto en la mesa de alimentación, que permitiera vía neumática separar el trash y posteriormente con un flujo aspirante, transporta el material separado hacia un sector externo.



**FG59: Instalaciones de equipo de limpieza en seco - Empresa Ledesma SAAI**

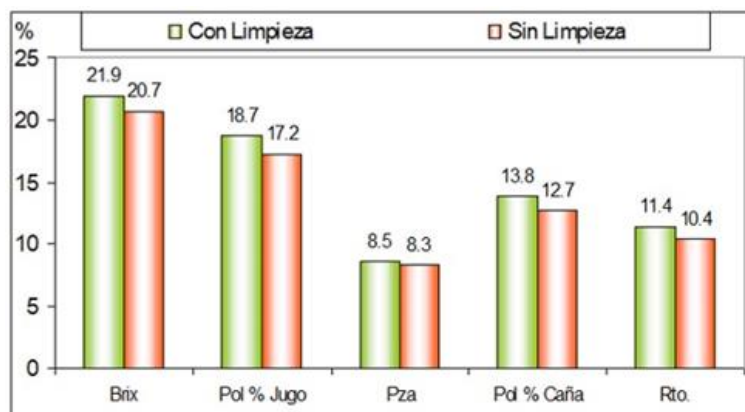


**FG60: Descarga de sistema de limpieza en seco**

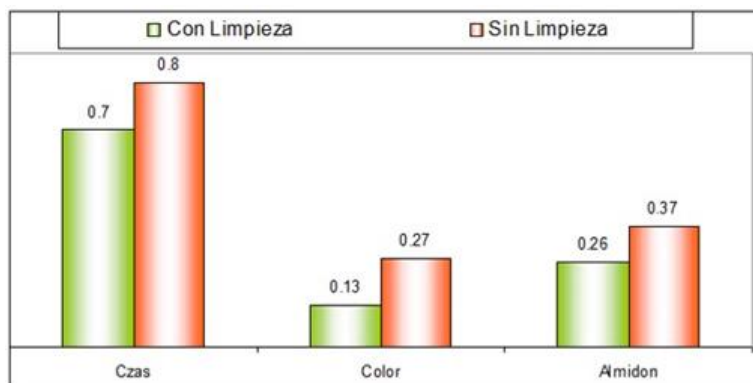


Los resultados fueron los siguiente, analizando datos de calidad antes y después de la limpieza en seco:

**FG61: Ensayos de evaluación de impacto en fábrica. Cambios en calidad jugo primera presión. Pureza, Pol % caña y rendimiento azúcar**



**FG62: Ensayos de evaluación de impacto en fábrica. Cambios en calidad jugo primera presión. Cenizas, color, almidón**



Los impactos en los indicadores de calidad son la evidencia más importante de la mejora esperable en el proceso industrial. A ello debe sumársele el potencial incremento de la tasa de molienda al procesarse un menor porcentaje de hojas, con alta fibra.

Esta eliminación permite incrementar la molienda en una relación incremental de hasta 1:3. Es necesario señalar que los molinos de trapiches son regulados por tasa de molienda de fibra y no por kilos de materia prima. Desplazar un material con más de 30 % de fibra, favorece la molienda de caña, pues permite moler más caña con tenores de fibra del orden del 12 a 13 %.

Los efectos adversos de la caña verde pueden mitigarse sin perder el valor energético de la biomasa que es transportada a ingenio. Al separarla antes de la molienda se evita que la misma se procese junto con la caña, sino que sea derivada a energía por vías independientes. La posibilidad de que el trash no ingrese a molienda evita que el mismo se procese con alta humedad en caso de que lo haga junto a la caña, debido al proceso de imbibición.

La desventada de esta separación, elimina el lavado de los silicatos que producen cenizas fundentes por su bajo punto de fusión. Regulando el % de mezcla en el orden del 20 % de participación, esto puede evitarse.

Si la caña a procesar contiene un 10 % de trash, y de ese porcentaje, el 60 % son hojas, y de ese total el 40 % son separados en estación de limpieza se obtendría las siguientes cantidades de trash.

TB50: Balance de trash potencial molienda nacional

Parametro	Item/Cantid.	Cantidades (Toneladas)
Total toneladas molidas	Ton. totales	23.400.000
% ton. de trash en caña	10%	2.340.000
% de ton. hojas en trash	60%	1.404.000
% de ton. trash de hojas separadas	40%	561.600
Relación Ton RAC por m3 de gas	3,0	187.200

En resumen, se debe considerar la diferencia de poder calorífico entre húmedo y seco, pues el único cambio es la vía de ingreso.

Si no hubiera separación, esta cantidad ingresaría con la caña y sería también parte de la biomasa a caldera, pero con el 50 % del Poder calorífico. Al separarla se evita reducir el poder calorífico de base, que alcanzaría un valor de 3000 kcal por kilo por ser un RAC de bajo contenido inorgánico (no se levanta del suelo). Se analiza el proceso de separación en seco en la industria de Brasil.

### **3.4.5.3. Procesos de limpieza en seco en Ingenio de Brasil**

El CTC (Centro de Tecnología Canaviera) de Brasil. En un trabajo presentado en la ISSCT, se muestra el desarrollo de un modelo que se implementó en algunos ingenios, con el fin de reducir el impacto del trash en la industria de dicho país. Lo observamos a continuación a partir de las siguientes secuencias gráficas.



FG63: Utilización del trash en Ingenio



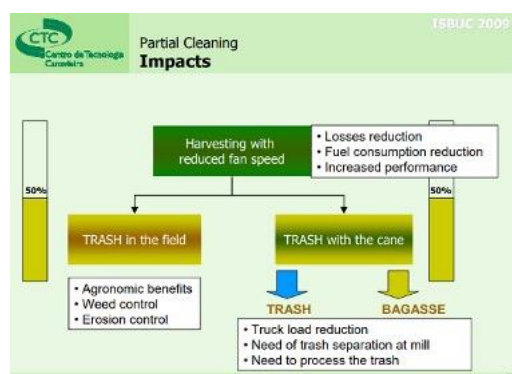
FG64: Volumen máximo del trash



FG65: Volumen del trash y destino



F66: Separación del trash. Necesidades



FG67: Diseño y sistema de separación



FG68 Instalación en Ingenio XPAVE



TB51: Análisis del trash y del bagazo. Capacidad calórica de ambos

CTC Centro de Tecnología Canavieira

Trash as a fuel  
**Characterization of sugarcane trash**

Heating Value	Moisture content (%)	Higher heating value (dry) MJ/kg	Lower heating value MJ/kg	kcal/kg
Trash 1	15	17,0	12,9	3.100
Trash 2	35	17,0	9,4	2.250
Bagasse	50	18,0	7,2	1.710

Proximate Analysis* (%)	Ash	Fixed C	Volatile matter
Trash	9	16	75
Bagasse	3	14	83

*\*Dry basis*

Ultimate Analysis* (%)	C	H	N	O	S	Cl
Trash	48	6,4	0,6	45	0,1	0,2
Bagasse	46	5,8	0,4	48	-	-

El poder calorífico del trash separado, dependerá de estado de la planta de caña al momento de cosecha. De mitad de zafra en adelante, es esperable que el poder calorífico sea similar al tipo de trash 1, 3100 kilos caloría.

En resumen, los beneficios de la cosecha en verde pueden aun potenciarse si se incorporan mejoras que además de reducir el impacto, pueden generar una oferta energética que hoy no se obtiene ni se recupera.

Los criterios de gestión agrícola e industrial tienen por delante innumerables oportunidades para transformar lo que hoy se observa como un problema que afecta la eficiencia industrial. Dependerá de visualizar estas mejoras e implementarlas a futuro.

#### **3.4.6. Minifundio y cambios al futuro**

La caña de corte manual representa en Tucumán no más del 5 al 7 % del total de la molienda, pero involucra a numerosos minifundistas que no pueden acceder a un cambio tecnológico que les permita superar prácticas no deseadas como es la quema obligada del cañaveral.

Antecedentes:

En el año 2003 se desarrolló un encuentro de las instalaciones del INTA Famailla para evaluar el problema de manera integral. Los cortes por incendio bajo líneas de alta tensión generaban inconvenientes a los que se deseaba encontrar solución.

La situación de la quema en cosecha a esos momentos era la siguiente:

El 10% manual con 100% de quema  
El 30% semimetálico con 100% de quema  
El 60% mecanizado con el 80% de quema.

La consigna del taller era la siguiente:

¿Hay alternativa para reducir o eliminar la quema en cosecha?

Las conclusiones fueron que la cosecha mecanizada podría sin inconvenientes pasar a cosechar caña en verde. El problema se encontraba en los sectores de cosecha manual y semimecánico. El segmento más desfavorecido era el del minifundio, donde la conversión tecnológica no era una alternativa.

Para avanzar en mejores prácticas todos los sectores deben operar conjuntamente. El estado debe promover recurso y créditos que permitan reconversión tecnológica para avanzar hacia una producción limpia. Por ejemplo, los residuos como fuente de energía.

A partir de estas inquietudes, se llevaron adelante 2 iniciativas que atendía las necesidades de aquellos productores con menos de 50 has de caña que sumaban más de 4000 productores con superficies de esta tamaño y menores.

##### **3.4.6.1. Programa para incrementar la competitividad del sector azucarero (PROICSA)**

Este plan llevado adelante por la UCAR (Unidad de Cambio Rural) que conjuntamente con la EEAOC y El INTA, buscaron previamente identificar las variables comunes entre los productores destinatarios de este plan de mejora:

Las variables comunes entre todos eran las siguientes:

- Cañaverales envejecidos;
- Poco acceso a nuevas variedades y tecnologías;
- Uso de la semilla sin estándares de calidad;
- Problema de manejo cultural;

- Dificultades de gestión;
- Poca asociatividad.

Se iniciaron procesos de provisión y entrega de semilla certificada como primera etapa de una producción con mejores recursos, capacitando a los receptores en buenas prácticas y cuidados de estos nuevos materiales genéticos. Se capacitó también en el desarrollo de procesos de asociatividad, como paso indispensable para acceder a nuevas tecnologías que demandaban un cierto nivel de recursos.

El nuevo material junto con el uso de nuevas herramientas tecnológicas permitió una sensible mejora de las producciones, con incrementos entre el 8 al 20 %. Contar con mejores recursos, dinamizó la vinculación y los procesos de transferencia. Es un proceso en desarrollo, del cual se esperan buenos resultados a futuro.

### 3.4.6.2. Máquina de cosecha mecánica traccionada por un tractor

El INTA, a partir del diagnóstico del taller de quema, viendo las limitantes tecnológicas que impedían la erradicación del fuego, inicio un trabajo con una empresa de Reconquista que ya había desarrollado maquinarias para la actividad algodonera.

Esa máquina vio la luz y opero a nivel experimental en la EEA Famailla, cosechando semilleros de dicha Estación de Investigación. Se hicieron talleres con productores con el fin que se aportaran sugerencias que mejoraran la prestación de este novedoso nuevo desarrollo tecnológico.

Se espera que, en breve, la misma esté disponible para lanzamiento comercial. En actualidad está en proceso de mejoras del sistema de comando, transformándolo de mecánico a hidráulicos. Las ventajas que ella presenta es su bajo costo, el no ser autopropulsada y además no trocea la caña, lo que le confiere ventajas al momento de preservar la calidad de la caña cosechada. Se realizó una presentación durante el último congreso mundial de caña de Azúcar en Tucumán.

Productores asociados en Cooperativas, manifestaron su interés por una posible mecanización de la cosecha, argumentando la falta de oferta de mano de obra y la insuficiencia de su capacidad de trabajo familiar. También les resultó interesante la posibilidad de aprovechar la maloja, pero esperan una propuesta. Se plantea continuar con las reuniones con grupos de productores.

FG52: Cosechadora de caña entera sin proceso de quema previo



La máquina corta la caña, la despunta y la pela, mediante dispositivo ya que posee un despuntador, cuchillas de base y un novedoso sistema de pelado, por rodillos, el cual es muy energético llegando deshojar toda la caña por este sistema.

Los aportes de los técnicos en la materia, personal de gobierno y productores de cooperativas realizaron las sugerencias necesarias y aportes para que este prototipo pueda ser una realidad en los cañaverales tucumanos

La ley que prohíbe la quema de vegetales, que incluiría a la caña de azúcar entre ellos, con esta ley impediría el desarrollo del cultivo en nuestro país, siendo Tucumán el más afectado.

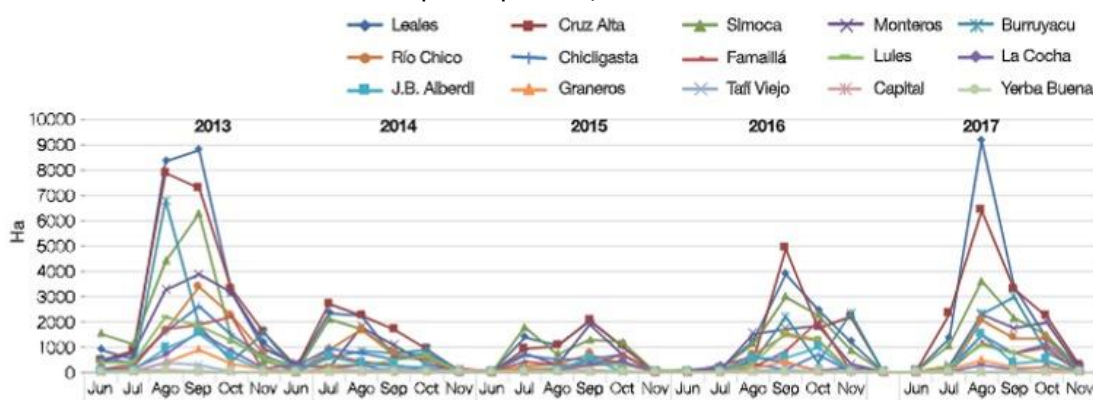
Para que los pequeños productores puedan cosechar la caña sin recurrir a la quema, a modo de preservar a cientos de productores que estarían al margen de la ley por la quema necesaria para producir el deshojado de la caña, producto hasta hoy indeseado y rechazado por las fábricas azucareras.

### 3.4.7. Quemadas de cañaverales y periodos con mayor intensidad

La EEAOC, elaboro un informe sobre las has de caña de azúcar quemadas entre 2013 a 2017<sup>iv</sup>. No todos los años se quemadas cantidades idénticas de has, siendo muy variables entre zafras.

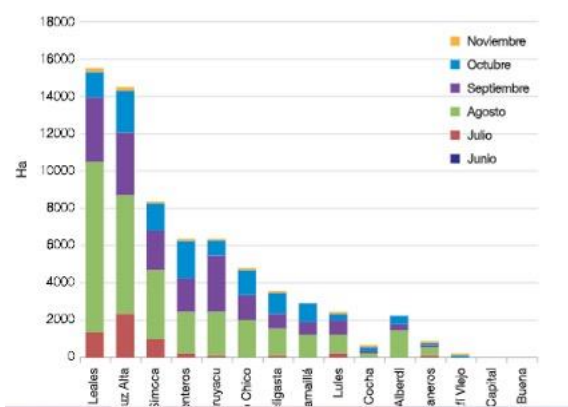
En la serie, el año 2013 es de mayor superficie con 120.000 has. el 2015 el de menor, con 28.500 has.

FG69: Has de quema por año, sector meses



Los meses de mayor frecuencia de eventos son agosto y septiembre, con aproximadamente el 80 % del total anual. Sin dudas lo mes de mayor atención y control de eventos. Por otro lado, son 3 departamentos donde se concentra la mayor frecuencia. Sobre ellos, con dotaciones y recursos disponibles, la situación podría ser administrada y controlada de mejor manera.

FG70: Meses de ocurrencias de quemadas y sitios



El control de quemadas es un proceso principalmente preventivo. Es imprescindible contar con recursos y medios de detección temprana, sumando a ello recursos para asistir con prontitud al sitio de ocurrencia.

### 3.5. Variedades transgénicas

La estación EEAOC como la Estación Experimental Colonia Santa Rosa son las 2 instituciones de investigación en caña de azúcar que han desarrollado actividades y programa para la obtención de variedades transgénicas.



Los procesos tanto tecnológicos como la normativa que regula y controla estas investigaciones son de largo tiempo y a su vez costosos.

Argentina, teniendo logros de eventos transgénicos no ha trasladado a nivel comercial su liberación. Cuestiones de carácter comercial y posibles inhibiciones de compradores en el mercado internacional han puesto en compras de espera a estos desarrollos. Lo que Brasil haga y lleve adelante será el camino a seguir.

### 3.5.1. Regulatoria

En la regulatoria se controla todas las etapas durante el desarrollo del proceso de verificación a nivel laboratorio como a campo. Deben identificarse la inserción génica y la construcción del evento y punto de inserción del mismo.

En la etapa agrícola se exigen evaluaciones rigurosas que garanticen el nulo impacto ambiental en el ecosistema. También se exigen evaluaciones toxicológicas del material transgénico.

### 3.5.2. Líneas de interés de investigación

#### 3.5.2.1. Variedades resistentes a barrenadores de la caña

Brasil estima pérdidas del orden de 5000 millones de reales a causa de esta plaga. Esto puede ser verificado a partir de ensayos.

#### Ensayo de pérdidas por *Diatraea sacharalis*

FG71: Trozos de caña sanos



FG72: Trozos de caña afectados



TB53: Nivel de incidencia del daño

Nivel de Incidencia del Daño					Información de calidad de caña y afectación por infección				
Porcentaje de Infestación Prueba 1					Datos	Cantidad trozos	Peso (Kilos)	% Cantidad	% Peso
Descripción	Determinaciones			Total					
Total trozos	20	20	20	60	Trozos sanos	632	55,1	84,8%	81,6%
Trozos con daño	6	9	7	22					
Porcentaje infest.	30%	45%	35%	37%					
Porcentaje de Infestación. Prueba 2					Trozos Enfermos	113	12,4	15,2%	18,4%
Descripción	Determinaciones			Total					
Total trozos	20	20	20	60					
Trozos con daño	10	9	7	26	Total	745	67,5	100,0%	100,0%
Porcentaje infest.	50%	45%	35%	43%					

**TB54: Datos de calidad y afectación en la calidad de la caña de azúcar**

Tipo	Fibra	Brix	Pureza	Sacarosa	Az. reduct.
Caña sana	16,81	18,60	82,54	11,09	0,60
Caña sana	15,94	18,60	82,84	11,43	0,34
Caña sana	16,74	19,00	82,30	11,30	0,40
Caña sana	16,25	18,50	82,42	11,12	0,37
Caña con daño	18,50	14,30	74,60	7,17	0,74
Caña con daño	18,43	14,30	74,27	7,13	0,65
Caña con daño	18,69	13,90	73,75	6,82	0,72
Caña con daño	18,79	14,10	74,32	6,99	0,74
Prom. Sana	16,44	18,68	82,53	11,24	0,43
Prom. con daño	18,60	14,15	74,24	7,03	0,71
Diferencia	-2,17	4,53	8,29	4,21	-0,29

Sin dudas que contar con materiales genéticamente modificados que permitan que la caña gane resistencia a esta plaga ampliamente difundida, impactara en la producción de azúcar como en la de alcohol.

### 3.5.2.2. Variedades resistentes a herbicidas

Contar con variedades que permitan limitar la competencia de malezas será una contribución importante a la mejora de la producción. Investigaciones en Australia llevadas adelante por la BSES describen pérdidas de hasta un 40 % de producción dependiendo el tiempo de competencia y el estadio de desarrollo de la caña. (Manual of Canegrowing. Página 244).

### 3.5.2.3. Variedades resistentes a sequia

Los referentes de la actividad cañera esperan de este desarrollo, la posibilidad de ampliar el área de producción de caña a sectores de bajo milimetraje. Las experiencias llevadas adelante en algunos sitios donde se expandió la caña de azúcar en Argentina no fueron satisfactorias.

## 3.6. El RAC y su utilización

Uso de la biomasa y el RAC en la Agroindustria del Azúcar en Argentina:

### 3.6.1. Biomasa y RAC. Contribución y beneficios

La biomasa en general tiene una baja densidad energética, lo que, para lograr obtener y generar energía en cantidades significativa, conlleva a la necesidad de administrar grandes volúmenes de materia prima. Si la biomasa disponible se encuentra en puntos lejos de sitios donde la demanda es requerida, esta condición limita generalmente su uso. En una región como el NOA, infraestructuras viales deficitarias, incorpora una limitante adicional.

De un kilo de biomasa se logra obtener como valor promedio 3500 kcal (Jorge Hilbert. 2012) y la variación de su potencial energético dependerá del tenor de humedad y material incombustibles que contenga.

El sector agrícola del azúcar genera una biomasa total con producciones de 120-140 toneladas base húmeda, que se transforma en 30 a 42 toneladas base seca por ha. dependiendo de la producción de caña por ha del cultivo.

#### 3.6.1.1. Biomasa. Tipos y características

Identificando los tipos de biomasa de la caña de azúcar, se distinguen:



### **3.6.1.1.1. El bagazo**

Corresponde a la fibra constitutiva del tallo de la caña. Éste a su vez podemos separarlo fibra larga y medula. Dos constitutivos diferentes que, aplicados a un proceso papelerero, es requisito, su separación. Cuando un Ingenio está integrado con la producción de papel, la fibra integral es derivada primeramente a planta de papel, allí se desmedula, separando fibra larga con aptitud papelea y retornando a calderas la medula. Tucumán y Jujuy cuentan con industrias papeleras que utilizan fibra de caña como materia prima.

La caña tiene en base seca entre un 13 a un 14 % de este tipo de fibra.

### **3.6.1.1.2. Hojas y despuntes**

La hoja de la caña más el despunte, componen aproximadamente el 30 % de la biomasa producida por la caña en base húmeda. Es variable según variedad y producción de caña por ha. Durante la cosecha ambos componentes se separan en 2 corrientes de disposición. Según la manera que se derivan y utilizan, tienen distintas denominaciones.

Por un lado, está el trash, conformado por ambos componentes, que durante el proceso de cosecha se integra junto con la caña y es procesada conjuntamente en la industria. Se considera un elemento no deseable en el proceso industrial, pero, como una contribución marginal, aporta un cierto valor energético. Lo deseable e ideal es que lo aporte, pero sin ingresar al proceso de molienda. Hay tecnologías que ya fueron analizadas en el cuerpo de este reporte como es el de limpieza en seco, separándolo antes del desfibrado de la caña ingresada.

Por otro lado, una parte importante de hojas, y despuntes, de características idénticas al trash es separado durante la cosecha y depositado en el campo, quedando como cobertura del cultivo. Su denominación más común es RAC (Residuo agrícola de cosecha). La fibra del RAC dependiendo si es hoja o despunte varía entre 24 a 45 % fibra.

## **3.6.2. Contribución y beneficios del RAC**

### **3.6.2.1. Contribución nutricional al cultivo**

En la reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar, patrocinada por la Sociedad Argentina de Técnicos de la Caña de Azúcar, el Dr. Fernando Muñoz Arboleda, edafólogo de CENICAÑA<sup>MI</sup> presento los resultados de una investigación desarrollada a lo largo de 8 años, evaluado el papel de la materia orgánica del suelo en la sustentabilidad del cultivo de la caña de azúcar.

Entre mucha de la información aportada, señalo que, para la situación del valle del Cuaca en Colombia, una producción de 100 TCH neta de tallos sumaría 30 a 32 toneladas de hojas y vainas, más el despunte apical.

Analizando la biomasa aérea, determinaron que extrae del suelo 135, 31 y 245 Kg /ha de Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), cada 100 toneladas de tallo limpios sin hojas.

De los residuos de cosecha, se contabilizaron 57,9 y 103 kilos por ha de N,P,K. Desde el punto de vista nutricional, es importante resaltar que estas cantidades de N y K representan el 42 % del total presente en la biomasa aérea y el 29 % del P.

A partir de ello se instaló un ensayo para evaluar el efecto de la cobertura en la producción de caña, comparándolo con tratamiento a suelo desnudo. Las parcelas con cobertura a su vez fueron divididas en cobertura simple y cobertura doble. Cada uno de los tratamientos a su vez fueron manejados con y sin fertilización.

Resultados:

Las parcelas sin residuos y sin fertilizar redujeron al cabo de 8 ciclos de cosecha sus producciones de 130 a 80 TCH, mientras que las parcelas que recibieron solo residuos o solo fertilizantes

tuvieron un comportamiento similar, redujeron sus producciones de 150 a 130 TCH. El cambio destacado se observó en los tratamientos con residuos y fertilizantes.

Después del natural decrecimiento entre el primer y tercer corte, iniciaron un proceso incremental de producción, llegando al octavo corte con una producción de 160 TCH. Esto demuestra que los fertilizantes son optimizados con acompañamiento de cobertura. Los tratamientos, con solo fertilizantes como único aporte al sostenimiento de la producción, no logran compensar la falta de cobertura.

Evaluando la tasa de emisión de CO<sub>2</sub>, se observó un incremento en las parcelas con cobertura, pero reducción de la emisión de NO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. La mayor emisión se relaciona con la respiración del sistema radicular y la de los microorganismos que, a causa de la mayor cantidad de biomasa para digerir, su número aumento en equivalencia. De todos modos, este incremento de emisión será compensado con una mayor captura futura de la planta a causa de un mayor peso seco a producir.

### **3.6.2.2. Conservación de humedad**

La estación EEAOC evaluó la contribución del RAC a la conservación de la humedad a distintas profundidades<sup>lvii</sup>. A 20 cm de profundidad, el tratamiento con cobertura de RAC presentó un contenido de humedad en el suelo significativamente mayor durante cinco fechas de evaluación. Las diferencias se presentaron principalmente en el período primaveral y hasta aproximadamente el cierre del cañaveral. A partir de ese momento y hasta fin de ciclo, las diferencias en el contenido de humedad entre tratamientos no fueron significativas, si bien se observaron valores mayores en el tratamiento con cobertura. En esta variedad, el tratamiento con cobertura estuvo por debajo del límite del agua fácilmente utilizable en una sola fecha, mientras que el tratamiento sin cobertura de RAC se encontró por debajo de ese límite en cuatro fechas durante el ciclo evaluado. Es importante asociar esta mejora con la producción de materia seca. Patricia Digonzelli y Eduardo Romero, de EEAOC, señalan el requerimiento de 1 litro de agua para la producción de 0,50 gramos de materia seca, lo que ratifica las mejoras productivas que se lograrían bajo un modelo de cobertura.

### **3.6.3. Evaluación de aspectos positivos y negativos del Trash y el RAC**

También la Empresa Ledesma, al incorporar la cosecha en verde evaluó los aspectos positivos y negativos en el sector agrícola como en el industrial. Sus conclusiones son las siguientes:

#### **3.6.3.1. Sector producción agrícola. Aspectos positivos**

##### Incremento de TCH y azúcar total por ha

La información de ensayos determina mayores toneladas brutas por hectárea y esas toneladas tienen mayor contenido de azúcar, por lo que se obtiene mayor azúcar por hectárea y por ende mayor azúcar total.

Esta información es coincidente con la opinión de los productores de caña de Australia que, habiendo trabajado en quemada, al pasar a caña verde, obtuvieron mejoras de productividad y reducción de costos de producción.

##### Incremento de producción por incrementar milímetros disponibles en el suelo

Se estimó un incremento del 2% de milímetros disponibles sobre el total aportado anualmente. Se tomó como base una pluviometría anual de 870 mm y un aporte por riego de 400 mm. El aporte por riego surge del valor promedio de lámina de 80 mm que con una frecuencia de 5 riegos anuales. Esto totaliza 400 mm adicionales.

Del total de 1270 mm estimados que se aportan para condición de caña quemada, la cobertura colabora a que el 2% de esto total de milímetros se recupere gracias al aporte de la cobertura.

Dicho porcentaje representa 26 mm adicionales. Cada milímetro adicional aporta 7 kilos de azúcar por hectárea, contribuyendo a un incremento total de 182 kilos de azúcar por ha.

En resumen, el 2 % se genera por 2 razones principales:

- Al llover o regar la retención se incrementa al tener cobertura por la reducción de la escorrentía superficial.
- La pérdida de agua acumulada en el perfil que puede perderse por evaporación, se reduce por la menor temperatura en el perfil superior

#### Reducción en el consumo de Herbicidas

Por la cobertura a la cosecha en verde se genera un cambio en el complejo de malezas. El retardo en la aparición de estas generó atraso en las aplicaciones y un control en condiciones de desarrollo de la caña más propicio con respecto al control oportuno. La reducción en costos fue importante por la reducción de uso de herbicidas preemergentes. Toda la información disponible en otros países (Brasil y Australia) señalan reducciones mayores significativas. El valor de reducción fue del 10 % en costos anuales de productos.

#### Reducción de horas máquina por ha.

La cobertura y eliminación de las tareas habituales de cultivo redujeron promedio 6 horas máquina por ha. Solo se mantuvieron, en general, las tareas de fertilización y control químico de malezas.

#### Incidencia de plagas

*Elasmopalpus lignosellus*, una plaga presente en estadios tempranos de desarrollo, sobre todo en periodos secos de primavera, desaparece con nula incidencia en cultivo con cobertura.

### **3.6.3.2. Sector producción agrícola. Aspectos negativos**

Daño por heladas de baja intensidad a causa de la cobertura.

Una helada de -1 °C en campos contiguos cosechado en verde, con cobertura y otros cosechado con quema mostro el impacto de la temperatura y el daño ocasionado.

Las imágenes siguientes lo muestran:

FG73: Impacto de la temperatura y daño ocasionado. Verde con cobertura



FG74: Impacto de la temperatura y daño ocasionado. Cosechada con quema (izq.) y verde (der.)



Los suelos desnudos acumulan más temperatura a causa del calentamiento superficial y en valores de mínimos registros de pocos grados bajo 0 pueden generar protección al cultivo. (solo en caso de eventos no mayores -1°C).

### **3.6.4. Cosecha de caña**

#### **3.6.4.1. Cosecha de caña. Aspectos positivos**

Mayor flexibilidad en la cosecha:

La no dependencia de la quema hace que los cambios de áreas a cosechar, por imprevistos como lluvia u otras razones, puedan ser más flexibles. Por otro lado, el deterioro post cosecha es menor.

#### **3.6.4.2. Cosecha de caña. Aspectos negativos**

Menor calidad de caña cosechada:

El trash % caña de la cosecha mecanizada aumenta 2 puntos, La cantidad de caña mecanizada total, debido al incremento del trash, aumenta un 1,9%.

Mayor costo de transporte:

Reducciones de toneladas transportadas por viaje. Esta reducción por menor densidad a causa del trash fue del 5 % como promedio, con variabilidad a causa de mayor o menor trash.

Incremento en el consumo de gas oíl:

El consumo de Gas Oíl con caña quemada era de 0.9 litros por tonelada. Al pasar a caña verde el consumo se establece en 1 litro por tonelada.

### **3.6.5. Sector industrial**

#### **3.6.5.1. Sector industrial molienda. Aspectos negativos**

Humedad del bagazo

El pasaje a caña verde, con variaciones, el incremento de humedad en bagazo aumento 0,4%.

Mantenimiento

Se produce un mayor desgaste en las instalaciones. Las causas principalmente por el incremento de agregados al tándem de molinos, que incrementa el consumo de electrodos y en servicios de mantenimiento de terceros.

Capacidad de molienda

Por cada 0,1% de aumento en fibra, se reduce la molienda en 0,67%. El aumento de fibra es de 0,22 % por lo que la merma en la capacidad de molienda es del 1,5 %.

Esta reducción sumada a la mayor cantidad de caña incrementa los días de zafra de 158 a 163.

Pérdidas de pol en bagazo

La pol perdida en bagazo % caña, por la mayor cantidad de fibra y por la mayor cantidad de bagazo % caña, pasa de 0,64 a 0,70%.

Color y almidón en azúcar afinado

Por lo observado en la última zafra, el color del afinado aumentó un 20%. como también el contenido de almidón lo que demanda incrementar el uso de alfa amilasa e duplica, pasando de 20 kg/día de zafra a 40 kg/día de zafra.

### **3.6.6. Sector industrial alcohol**

#### **3.6.6.1. Sector industrial alcohol. Aspectos positivos**

La mayor cantidad de melaza producida por Crudo aumenta un 5,8% la producción total de alcohol, esto es, unos 1.723 Klt de alcohol adicionales.

#### **3.6.6.2. Sector industrial alcohol. Aspectos negativos**

Reducción de eficiencia y rendimiento fabril

La eficiencia fabril pasa de 83,5% a 82,5% y el rendimiento fabril de 25,80% a 25,45%.

#### Menor destilación diaria

Los tratamientos de melazas provenientes de caña verde producen problemas adicionales en el proceso de fermentación lo que lleva a aumentar la frecuencia de renovación de levadura, lo cual implica una disminución en la destilación diaria y un aumento de los días de campaña.

### **3.6.7. Sector industrial energía**

#### **3.6.7.1. Sector industrial energía. Aspectos positivos**

##### Mayor cantidad de fibra en caña molida

La mayor cantidad de fibra ingresante reemplaza gas, en función al incremento de trash aportado con la caña.

##### Disponibilidad de RAC para remplazo de gas

El remplazo de gas dependerá del poder calorífico propio del RAC y de la eficiencia energética de la caldera bagacera. La relación kilos biomasa/ Nm<sup>3</sup> variará entre 2,8 a 3,3 kilos/ Nm, dependiendo de la biomasa y de la eficiencia de las calderas.

#### **3.6.7.2. Sector industrial energía. Aspectos negativos**

El mayor volumen de fibra a calderas puede saturar las cintas de transporte hacia calderas bagacera.

### **3.6.8. Medio Ambiente**

#### **3.6.8.1. Medio Ambiente. Aspectos positivos**

##### Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente:

Esta información esta reportada en el estudio llevado adelante durante 3 años en Brasil por el investigador Dinailson Correa de Campos de la Escuela "Luiz de Quiroz" de la Universidad de San Pablo, Brasil.

Este trabajo evaluó al impacto de la "Potencialidad del sistema de cosecha de caña de azúcar en el secuestro de Carbono", comparativo entre cosecha con quema de caña y sin quema de caña.

Las conclusiones arribadas fueron las siguientes "un modelo de no quema permite evitar la emisión de 6 toneladas de CO<sub>2</sub> en el ciclo de un año, para un promedio de RAC depositado por ha. de 13,2 ton/ha.

##### Reemplazo de combustibles no renovables

La mayor cantidad de trash y el aporte de RAC genera reducción en el consumo de gas, en equivalencia a la cantidad y calidad de la biomasa adicional y la eficiencia de las calderas disponibles.

### **3.6.9. Limpieza en seco**

Sin dudas que los beneficios que el sector agrícola incorpora con la cosecha en verde, en sentido inverso impactan negativamente en la industria a causa del incremento de materia extraña (trash) junto con la caña.

La limpieza en seco se desarrolló con el fin de dar solución a esto inconvenientes minimizando sus impactos. Las alternativas tecnológicas son distintas según el punto donde se desarrollan.

#### **3.6.9.1. Limpieza en seco en áreas de cosecha distantes del ingenio**

Si las distancias a ingenio son elevadas, el mayor trash impactará no solo en industria sino también en los costos logísticos. Cuanto más lejos, mayor costo por la menos densidad de carga por viaje.



### **3.6.9.1.1. Estación de limpieza en seco en el sector agrícola**

Para reducir los costos de transporte algunos ingenios desarrollaron estaciones de limpieza en seco móviles que acompañan a la cosecha. A partir de un doble trasbordo, previo a cargar las cajas de camiones de transporte, los equipos de autovuelco, transfieren la caña con alto trash a la estación de limpieza, donde se separa la materia extraña y la caña ya limpia, es cargada a camión destino a Ingenio. Estos desarrollos no se han extendido ampliamente aún.

#### Ventajas del sistema de limpieza en seco móvil

- Las cosechadoras pueden operar con baja tasa de limpieza y cosechar con más trash, el que será separado en la estación de separación, recuperando aún más azúcar por tonelada.
- El trash separado no ha tocado el suelo ni fue colectado previo hilerado. El contenido de inorgánicos es mínimo.
- Reduce el costo de transporte de caña a Ingenio.
- Molienda de caña con menor contenido de trash reduce las pérdidas a causa de materias extrañas. Aumenta la tasa de molienda por la menor proporción de fibra por tonelada molida.
- La estación de limpieza cuenta con instalaciones de enfardado

#### Desventajas del sistema de limpieza en seco móvil

- Equipo de limpieza opera con energía fósil, salvo que funcionara con bioetanol producido en destilería propia. En Ingenio opera con energía producida por el mismo proceso industrial.
- El trash separado tiene alta humedad. No puede ser almacenado para ser usado en periodo interzafra.
- El trash separado estará a larga distancia a Ingenio.

### **3.6.9.1.2. Estación de limpieza en seco en el sector industrial**

Estas condiciones operativas con distancias cortas a Ingenio tienen un menor impacto en los costos de transporte, por lo que la limpieza y separación del trash debería ser realizado en ingreso a industria.

#### Ventajas del sistema de limpieza en Industria.

- Reduce el impacto en calidad de las distintas etapas del proceso industrial.
- Opera con energía generada por el propio Ingenio
- Puede ser derivado a calderas simultáneamente después de la separación.
- Tiene bajo contenido inorgánico
- Aumenta la tasa de molienda y se reduce el periodo de zafra

#### Desventajas del sistema de limpieza en Industria.

- El trash separado tiene mayor humedad que el trash que es dejado a secar post cosecha.

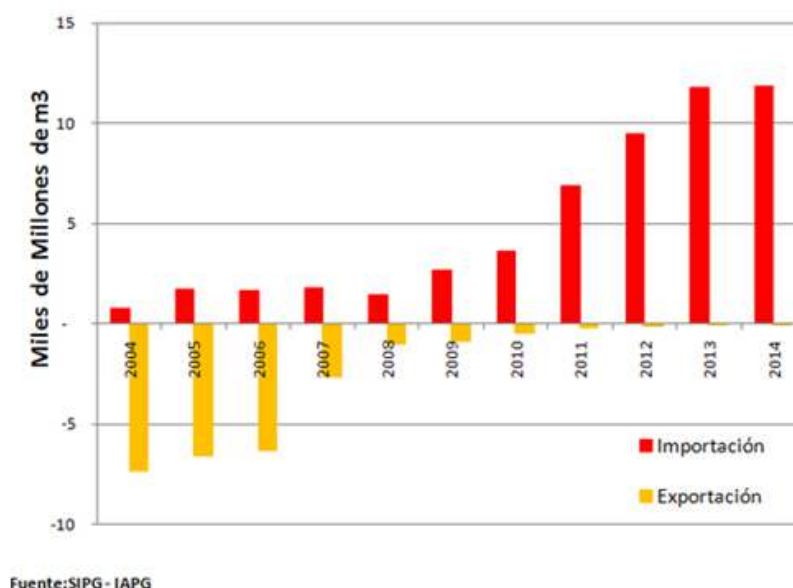
### **3.6.10. Experiencias y resultados**

La adopción de la modalidad de "cosecha en verde" de la caña de azúcar se extendió cada vez más por razones económicas y ambientales. Desde el punto de vista ambiental, la quema controlada de la caña de azúcar genera una enorme cantidad de material particulado como también la pérdida de potenciales productos intermedios de gran valor energético.

A principios del 2000, la oferta energética de Argentina no era deficitaria, La crisis del comienzo de siglo, con el aparato productivo nacional sin actividad plena generaba condiciones que no permitían visualizar déficit energético.

El despegue productivo del País a partir del año 2003, saturó en breve tiempo la oferta energética. La primera señal fue la de importar gas de Bolivia a partir del año 2004 y la segunda sucedió en el 2008 con el inicio de la importación de gas licuado. Es el primer año donde las importaciones superan a las exportaciones.

FG75: Importación y exportación de gas natural



En 2008, la industria azucarera tuvo restricciones y cortes, que, aunque no afectaron la actividad significativamente, alertó a la búsqueda de alternativas energéticas.

### 3.6.10.1. EEAOC. RAC como alternativa energética incorporado a caldera

EEAOC evaluó y realizó ensayos del aporte del RAC como fuente de energía alternativa<sup>viii</sup>.

En el resumen de dicho trabajo, se señala "la necesidad de racionalizar el consumo de origen fósil, y buscar alternativas energéticas a causa del alto costo y en ocasiones la indisponibilidad del gas".

Se llevaron adelante ensayos, con RAC secado naturalmente a campo y aportando mezclas bagazo – RAC en relación 75% y 25 %. Los resultados fueron más que auspiciosos ya que la eficiencia térmica de la caldera alcanzó valores de 71,6%, un 5 % más eficiente que la línea de base con bagazo solo. Para la producción de vapor aumentó un 21 %. Para una misma producción de vapor, se ahorraría un 43 % del bagazo utilizado. Esto a causa del poder calorífico diferencial entre ambas fuentes.

Se estimó para Tucumán un consumo de gas de 5Nm<sup>3</sup>/ton de caña molida y que con el 18 % del RAC que puede generar Tucumán, se reemplazaría el 100 % del GN utilizado por la industria".

### 3.6.10.2. EEAOC. Evaluación de costos de obtención de RAC con fines energéticos<sup>lix</sup>

En 2015, la EEAOC evaluó que 4 toneladas de RAC en condiciones de ser procesado con la humedad adecuada, equivalían a 1 tonelada de petróleo.

Señalo en dicho informe, que el total de RAC recuperable en la Provincia en zafra 2015 totalizaba 1.200.000 toneladas de RAC, que enfardados sumarían 3428500 fardos de 350 kilos cada uno.

A partir de dichos supuestos, se estudió el costo por fardo, puesto en sitio de estoqueo, para la cantidad de 23200 fardos, equivalentes a lo obtenible de 1000 has. de RAC.

#### Equipos y recursos necesarios

- Tractor hilerador de 80 HP
- Implemento hilerador

- Tractor enfardadora de 170 HP
- Maquina enfardadora
- Camioneta
- Casilla
- Mano de obra: 1 encargado y 2 operarios

TB55: Obtención de RAC con fines energéticos. Parámetros productivos operativos y económicos

Fardos por ha	Cantidad	22
Fardos por hora	cantidad	29
Hilerado	Hs/ha	0,35
Consumo gas oíl hilerado.	Lit./fardo	0,17
Enfardado	Hs/ha	0,76
Consumo gas oíl enfardado.	Lit./fardo	1,03
Fardos por año	Cantidad	23200

TB56: Obtención de RAC con fines energéticos. Determinación de costos

Costo directo por fardo más amortización		
Parámetros	Costo pesos	Costo dólar
Costo operativo por fardo	62,3	6,79
Costo transporte por fardo	29	3,16
Costo directo por fardo	<b>91,3</b>	<b>9,95</b>
Amortización	13,5	1,47
Costo total	<b>104,8</b>	<b>11,42</b>

El análisis de costos se realizó sobre valores de agosto 2015 con una valuación de \$9,18 por dólar. El costo de la inversión en maquinarias y equipos totalizó U\$S 442.600.

El flujo de fondos para calcular la amortización se realizó a 10 años y se determinó que al cuarto año se pagaba la inversión. El valor de indiferencias del costo del fardo se determinó en 13 dólares por fardo.

Asumiendo una producción de 22 fardos por ha, el costo directo total por ha. acumula, sin amortización, U\$S 219/ha.

Convirtiendo este valor a toneladas por ha, se obtienen 7,7 toneladas de RAC /ha. El costo de la tonelada de RAC seria. U\$S 28,44/ton RAC. Asumiendo que a valores promedio, 3 tonelada de RAC equivalen a un decámetro cúbico de gas natural, el costo de reemplazo de 1000Nm<sup>3</sup> seria U\$S 85,33.

### **3.6.10.3. Empresa Ledesma Jujuy. Biomasa y energía**

De igual manera en Empresa Ledesma desarrolló a partir del 2008 una intensa búsqueda de alternativas con variadas fuentes de materia prima.

Se avanzó con madera disponible en campo procesadas con máquinas chipeadoras.

Experiencias iniciales de recolección de RAC

Se realizó la recolección y triturado de RAC a partir de máquina forrajera. El material aportado era de buena calidad y buen nivel de trituración, pero el desgaste de los componentes de la máquina sorprendió. La tierra, la arena proveniente del campo, pero principalmente la sílice propio constitutivo del RAC generaba desgaste y costos de mantenimiento elevados. Además, la densidad del material triturado era muy baja, 80 a 100 kilos por m<sup>3</sup> de capacidad de transporte. No sería la alternativa final, pero colaboro a tener el material procesado con el tamaño adecuado.

FG76: Experiencias iniciales de recolección de RAC



Ensayos de alternativas de depuración y limpieza

El requerimiento de tamaño y calidad del RAC fue establecido por el sector energético. Para alcanzar e identificar ambos se construyeron prototipos que replicaran modelos posibles y permitieran evaluar distintos resultados en la búsqueda de las metas propuestas.

Se construyeron equipos prototipo bajo 2 sistemas distintos:

Zaranda vibratoria y tamiz rotativa

FG77: Ensayos de alternativas de depuración y limpieza. Zaranda vibratoria



FG78: Ensayos de alternativas de depuración y limpieza. Tamiz rotativo



Estos ensayos permitieron definir la mejor alternativa de depuración. El tamiz rotativo alcanzó mayores eficiencias en la tasa de depuración de inorgánicos contenidos en el RAC. Este sistema fue incorporado en las instalaciones finales.

FG79: Instalaciones de procesamiento y depuración del RAC



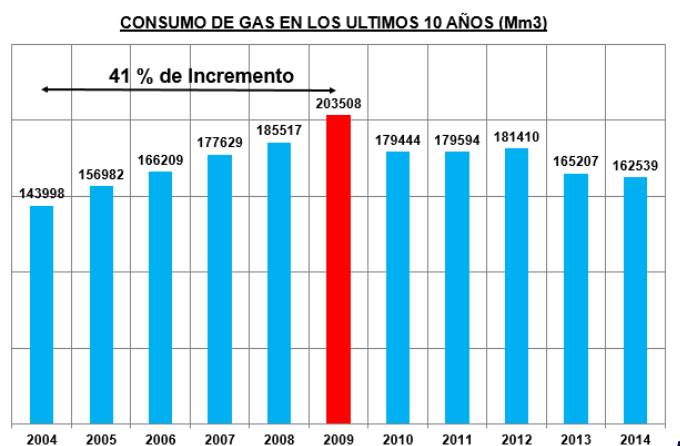
Consumo de gas en Empresa Ledesma ejercicio 2004 a 2014

Entre 2004 y 2009 la Empresa Ledesma llevó adelante un plan de crecimiento en la producción, tanto de caña como de alcohol, papel y la actividad cítrica. Ese plan de crecimiento impactó directamente en la demanda energética, creciendo un 41% en dicho periodo. Después del pico de consumo de 203500 Mm<sup>3</sup> Gas del año 2009, el aporte del RAC colaboró año a año a una continua reducción del consumo de este a nivel industrial, junto a otras mejoras en cada proceso. En el ejercicio 2014 se logró una reducción del 20%. En el ejercicio 2021 el consumo



fue de 133.000 decámetros que representa una merma del 35% respecto al año de mayor consumo.

**TB57: Consumo de gas en la serie de años 2004 -2014**



El programa anual de aporte de RAC para ejercicio actual es de 90.000

Proceso de recolección de RAC

El proceso de recolección, transporte, estoqueo y trituración se observan en las imágenes siguientes, etapa por etapa.

FG80: Proceso de recolección de RAC. Hilerado



FG81: Proceso de recolección de RAC. Enfardado y recolección



FG82: Proceso de recolección de RAC. Estoqueo



FG83: Proceso de recolección de RAC. Transporte



FG84: Proceso de recolección de RAC. Trituración



### 3.6.11. Ocupación y dotación

El sector agrícola de producción de fardos, para una producción anual de 90.000 fardos requiere las siguientes dotaciones de personal:

- Producción de fardos 30-34 persona
- Recolección y transporte a estoqueo o directamente a industria 24-26 personas
- Sector industrial: 40 personas.

La dotación total oscila entre 94 a 100 personas.

Los módulos de trabajo en el sector agrícola son de 3 máquinas enfardadoras disponibles con 2 operando continuamente. La producción anual para dicho modulo es de 45.000 fardos/año. Megafardos de 500 kilos por fardo o de menor tamaños de 350 kilos. Dependerá del tipo de maquina enfardadora.

### 3.7. La Energía. Nuevas cogeneraciones

### 3.8. La Energía. Cogeneraciones existentes

En diciembre de 2013, la Fundación Vida Silvestre ha publicado el estudio "Escenarios energéticos para la Argentina (2013-2030) con políticas de eficiencia". Según este estudio, el potencial proyectado al 2030 a partir de sistemas de cogeneración, rondaría los 6.200 MWe.

En marzo de 2021, la Hoja de Ruta para el Fomento de la Cogeneración en Argentina, un estudio liderado por GFA Consulting Group, ha identificado en términos generales que las principales barreras al desarrollo de la cogeneración en Argentina no están asociadas con los factores tecnologías, proveedores y servicios asociados, ya que estos factores están presentes en el parque industrial del país, suficientemente desarrollados para poder participar activamente en futuros desarrollos del sector, pero si en el complejo marco regulatorio de la cogeneración. Su identificación y valoración de la importancia de las barreras fueron las siguientes:

TB58: Resumen de identificación y valoración de barreras

Tipo de barrera		Valoración		
Restricción principal	Aspecto	Alta / Muy Alta	Media	Baja / Muy Baja
Valorización de energía	declaración rendimiento			
	CVP / despacho			
	precio operativo/spot			
	prohibición contratar			
FTT	costos peajes y criterios			
Inversiones	project-finance/ instrumentos			
	tasa			
	mercado de cambios			
Valorización de potencia				
Restricciones de acceso al sistema de transporte				
Visibilización tecnología				
Disponibilidad materia prima GN				
Disponibilidad materia prima biomasa				
Capacity building regulatorio	autoridades regulatorias			
Capacity building operativo	CAMMESA - distribuidores			
Doble regulación				
Complejidad de info MEM				
Tramites de acceso				
Tecnologías				
Doble gestión ambiental				
Ordenamiento territorial				
Parques industriales				



Fuente: Hoja de Ruta para el Fomento de la Cogeneración en Argentina, marzo 2021, GFA Consulting Group

Este estudio ha identificado los siguientes sectores como potenciales usuarios de sistemas de cogeneración, no siendo todavía claro si el sector sucroalcoholero está incluido en el conjunto b):

- a) Pulpa y Papel
- b) Aceites varios y harina de soja
- c) Petroquímica
- d) Aluminio (primario y semielaborados ALUAR)
- e) Hierro y Acero
- f) Cemento

La tabla siguiente resume la situación actual de estos sectores en cuanto al uso de vapor y a la existencia de cogeneración, así como el potencial identificado:

TB59: Situación actual y oportunidades de cogeneración en sectores clave

Sector	Situación actual	Oportunidad de cogeneración
Pulpa y papel	Cogeneran con fuel oil y biomasa como autoproducción (sin exportar energía eléctrica al MEM) y algunas industrias exportan al MEM. La cogeneración es mayoritariamente con turbina a vapor (especialmente la autoproducción). Generan vapor en calderas tradicionales a partir de gas natural.	Optimizar la cogeneración existente en los autoprodutores exportando excedentes de energía eléctrica al MEM. Migrar la generación de vapor en calderas a cogeneración con turbina a vapor en base a biomasa disponible y excedentes con turbina a gas en base a gas natural. Plantear el crecimiento del sector con diseños que incorporen la cogeneración, con turbina a vapor para aprovechamiento de biomasa y turbina a gas en el resto.
Aceites varios y harina de soja	Cogeneran con fuel oil y biomasa como autoproducción (sin exportar energía eléctrica al MEM) y algunas industrias exportan al MEM. El 77% de la energía total utilizada es vapor generado en calderas a partir de gas natural (90%) y BM (10%). En los últimos años (post 2017) exportan energía eléctrica al MEM como parte de contratos Renovar.	Optimizar la cogeneración existente en los autoprodutores exportando excedentes de energía eléctrica al MEM. Migrar la generación de vapor en calderas a cogeneración con turbina a vapor en base a biomasa disponible y excedentes con turbina a gas en base a gas natural. Plantear el crecimiento del sector con diseños que incorporen la cogeneración, con turbina a vapor para aprovechamiento de biomasa y turbina a gas en el resto.
Petroquímica	Autoproducción de energía eléctrica sin cogeneración. No tienen consumo de vapor o calor en procesos.	No se visualizan oportunidades de implementar cogeneración, por tipo de proceso y consumos.
Aluminio (primario y semielaborados ALUAR)	Autoproducción de energía eléctrica sin cogeneración. No tienen consumo de vapor o calor en procesos.	No se visualizan oportunidades de implementar cogeneración, por tipo de proceso y consumos.
Hierro y Acero	Cogeneran con gas natural como autoproducción un 4% de sus consumos. Consumen calor a partir de gas natural (8% de los consumos totales).	No se visualizan oportunidades de migrar a cogeneración en el corto plazo. Plantear el crecimiento del sector con diseños que incorporen la cogeneración.
Cemento	No hay cogeneración en el sector. Demandan calor de muy alta calidad (hornos como el Clinker).	No se visualizan oportunidades de migrar a cogeneración en el corto plazo. Plantear el crecimiento del sector con diseños que incorporen la cogeneración.

Fuente: Hoja de Ruta para el Fomento de la Cogeneración en Argentina, marzo 2021, GFA Consulting Group

Y se refiere: "En la situación actual de producción, si se aprovecharan todas las oportunidades descritas en la Tabla 59, solamente en los sectores de pulpa y papel, aceites y petroquímica, el **potencial de ahorro de energía primaria sería del orden de 768 kTEP/año** (setecientos

*sesenta y ocho mil toneladas equivalentes de petróleo al año), lo que re-presenta un **27% del consumo total de energía primaria de los sectores analizados**, un **6,4% del consumo total de energía de todas las industrias del país**, y un **8% de todas las importaciones de gas natural del año 2017**. Asimismo, las emisiones de GEI evitadas asociadas exclusivamente al ahorro de energía primaria (AEP) calculado ascienden a **1,59 MtnCO<sub>2</sub>eq/año**, lo que equivale a sacar de circulación 334.000 vehículos de pasajeros al año.”*

### 3.9. La producción de bioetanol

A partir de la sanción la Ley 26.093/06 se establece el régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles.

En el 2007 la Ley 26.334 fija las bases del régimen de promoción del bioetanol. Se establecen los criterios que determinarían la adjudicación de proyectos, la calidad del etanol y su precio, unido a una serie de incentivos económicos de la que participarían como beneficiarias las tradicionales provincias cañeras, Tucumán, Jujuy y Salta.

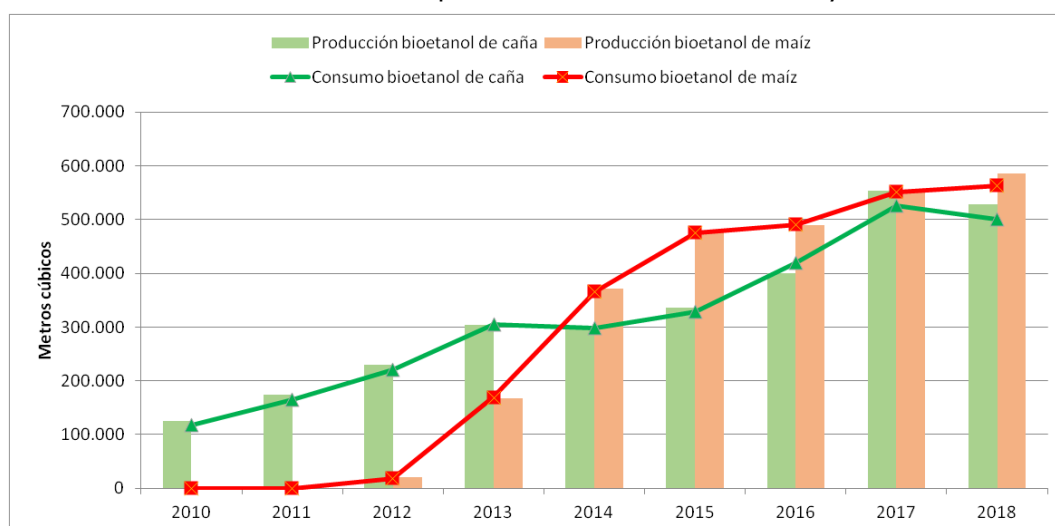
A partir de ello se sientan las bases para la producción de alcohol anhidro y la participación de la industria sucroalcolera en la oferta energética de biocombustibles.

El modelo de producción agrícola, la titularidad de los oferentes de materia prima, la incidencia y participación de esta agroindustria en la economía de cada provincia, es diversa y variada.

El nivel de inversiones y la forma en que varias empresas se incorporaron a la producción de alcohol anhidro permitió que la tasa de corte a los combustibles convencionales creciera por etapas. En los comienzos solo la Industria azucarera fue oferente exclusivo para satisfacer la demanda, iniciándose con un 2% de corte para luego rápidamente crecer al 5%. Posteriormente y a causa de inversiones en el sector sucroalcolera se creció al 8%.

Para sostener y mantener los compromisos del 10% de corte, bioetanol de maíz se incorpora a la oferta en el 2012 con un altísimo nivel de inversión que le permite en el 2015 triplicar la producción respecto a dos años atrás.

**FG85: Evolución de la producción de bioetanol de caña y maíz**



La oferta creciente permitió que en el año 2016 el nivel de corte establecido fuera del 12%, asignando prioritariamente el 2% al sector de caña. Esto permitió la incorporación de empresas que no habían adherido en un principio y además equilibrar la oferta en un 50% por fuente.

Producir bioetanol a partir de caña de azúcar, permitió diversificar la producción y ser además aportante a la matriz de energía con menor tasa de emisión.

Para el azúcar, disponer de tres mercados (doméstico, bioetanol y exportaciones) colaboró al equilibrio de oferta y demanda del mercado interno, pilar principal de la actividad azucarera.

La oferta de bioetanol al mercado de los biocombustibles a su vez se definió con un margen de rentabilidad que le daba sustentabilidad y sostenimiento a la actividad toda. En otras palabras, las inversiones y el crecimiento de la oferta de caña se dinamizó a la sombra de los lineamientos de políticas públicas.

El crecimiento de la producción de bioetanol a partir de maíz<sup>lx</sup> generó idénticos cambios e inversiones, pero de una dinámica y crecimiento mucho más acentuado. En pocos años la oferta creció un 400% al amparo de las normas vigentes y los acuerdos establecidos. En las regiones cerealeras del centro del país, el desarrollo de una nueva y creciente industria, generando empleo y energía renovable, integrándose a una matriz energética de combustibles líquidos exclusivamente fósil.

Por otro lado, los excedentes de la producción cerealera de bioetanol, se desarrolló aportando excedentes del proceso al mercado de carnes a partir de una nueva oferta alimenticia como es la burlanda y otros subproductos salientes del proceso de destilación.

### 3.9.1. Las empresas productoras de bioetanol por Provincias

TB60: Empresas Productoras de Bioetanol

EMPRESAS PRODUCTORAS DE BIOETANOL	PROVINCIA	FUENTE
RÍO GRANDE ENERGÍA S.A.	Jujuy	Azúcar
BIOLEDESMA S.A.	Jujuy	Azúcar
BIO SAN ISIDRO S.A.	Salta	Azúcar
ALCONOA S.R.L.	Salta	Azúcar
BIOTRINIDAD S.A.	Tucumán	Azúcar
COMPAÑÍA BIONERGÉTICA LA FLORIDA S.A.	Tucumán	Azúcar
BIOENERGÍA LA CORONA S.A.	Tucumán	Azúcar
BIOENERGÍA SANTA ROSA S.A.	Tucumán	Azúcar
BIOENERGÉTICA LEALES S.A.	Tucumán	Azúcar
FRONTERITA ENERGÍA S.A.	Tucumán	Azúcar
BIOATAR SA	Tucumán	Azúcar
Pro maíz SA	Córdoba	Maíz
Acabio Cooperativa LTDA	Córdoba	Maíz
Bioetanol Rio Cuarto	Córdoba	Maíz
Vicentin S.A.I.C.	Santa Fe	Maíz
Diaser S.A.	San Luis	Maíz

TB61: Producción y participación de bioetanol por Provincia y fuente

Producción según materia prima				
Materia Prima	Provincia			
	Córdoba	Santa Fe	San Luis	Total
Maíz	1929719	358222	378089	2666030
Porcentaje	72%	13%	14%	100%
	Tucumán	Salta	Jujuy	
Caña de azúcar	1464513	577926	614279	2656718
Porcentaje	55%	22%	23%	100%
Total bioetanol Producido en el periodo 2012-2018				5322748
% a partir de maíz				50,1%
% de caña de azúcar				49,9%

2014 en adelante es tan importante la producción de bioetanol a partir de maíz que al analizar el % producido en serie de 9 años, supera a lo producido a partir de caña de azúcar.<sup>lxii</sup>

**TB62: Producción de Bioetanol zafra 2020**

Provincia	Ingenio	Anhidra dora	Alcohol Prod. m <sup>3</sup>
Jujuy	Ledesma	Bio Ledesma S.A.	85.625
Jujuy	Río Grande	Río Grande Energía S.A.	18.994
Total Provincia de Jujuy			104.619
Salta	San Isidro	Bio San Isidro S.A.	6.442
Salta	Tabacal	Seaboard Energ. Renov. y Alimentos	119.890
Total Provincia de Salta			126.332
Tucumán	Bella Vista	Fronterita Energía S.A.	11.557
Tucumán	Concepción	Bio Atar S.A.	54.650
Tucumán	Famaillá		7.897
Tucumán	La Corona	Bioenergía La Corona S.A.	20.443
Tucumán	La Florida	Bioenergética La Florida S.A.	110.258
Tucumán	La Trinidad	Biotrinidad S.A.	38.710
Tucumán	Leales	Bioenergética Leales S.A.	27.939
Tucumán	Marapa		7.930
Tucumán	Santa Bárbara		4.830
Tucumán	Santa Rosa	Bioenergía Santa Rosa S.A.	26.632
Total, Provincia de Tucumán			310.846
Total, País			541.797

**TB63: Ingenios que no producen bioetanol**

Jujuy	La Esperanza
Tucumán	Cruz Alta
Tucumán	Agilares
Tucumán	La Providencia
Tucumán	Ñuñorco
Tucumán	San Juan

### 3.9.2. Marco normativo. Cambios e impactos en la actividad

A partir de las leyes 26.093/06<sup>lxiii</sup> y 26334/08<sup>lxiiii</sup>, se establece el mecanismo de fijación de precio. Este es descripto a través de la resolución 1294 /08<sup>lxiv</sup> de la Secretaria de Energía dependiente del Ministerio de Energía La fórmula se determina a partir de cinco conceptos:

**Costo combustible:** Es determinado por el precio del gas oíl del último mes publicado por la Secretaria de Energía.

**Costo mano de obra:** Se considera el valor de la hora hombre vigente para obreros categoría cuatro determinados por CART (Centro azucarero Regional de Tucumán) y CARNA (Centro Azucarero Regional de Norte).

**Costo gas Natural:** valor de dicho producto en boca de pozo, sumado los costos de transporte y distribución.

**Resto de costos:** Aquí se determina un monto de costos no determinados. Se actualiza con el índice de la construcción del gran Buenos Aires.

**Factor de correlación:** Es un factor determinado que tiene en cuenta el recupero de la inversión, el pago de impuestos y la rentabilidad establecida y razonable.

La política de fijación de precios desde el año 2009 permitió el desarrollo y crecimiento de la actividad con fuertes inversiones tanto en el campo industrial como agrícola. Las instalaciones de nuevas industrias respondiendo al aumento del nivel de corte desde un 5% inicial a un 12% actual es la evidencia de que tanto la agroindustria del azúcar como las nuevas plantas de bioetanol a partir de maíz acompañaron las decisiones implementadas a partir de Leyes y acuerdos que se extenderían a lo largo de 15 años de vigencia, interpretando, que, aunque la ley tenía fecha de caducidad en 2021, las condiciones se mantendrían.

#### Cambios en las condiciones contractuales y legales

En octubre del 2017 se modifican las condiciones establecidas desde sus inicios, desnaturalizando tanto el espíritu de la ley como también alterando condiciones contractuales, que en su espíritu estimulaban a las empresas a realizar inversiones y nuevos desarrollos bajo el amparo de condiciones establecidas y mantenidas en el tiempo.

A continuación, se analizan cronológicamente cada cambio en la normativa de fijación de precios del bioetanol, afectando tanto a las producciones a partir de azúcar como de maíz.

Octubre 2017: Resolución 415/17 Ministerio de Energía. Baja en 15% el precio de bioetanol de caña en forma unilateral. Aduce que la fórmula de cálculo era incorrecta.

Noviembre 2017: Resolución 449/17 del Ministerio de Energía. Reconoce el error y modera la baja a 7,5%, sin criterio ni consensuando con el sector. Se abre una mesa de trabajo para elaborar junto al sector una nueva fórmula para el cálculo del precio.

Mayo 2018: Disposición 87/18 del Ministerio de Energía se fija una nueva fórmula de precio consensuada con el sector.

Noviembre 2018: Res 106/18 del Ministerio de Energía. Ajusta el precio de la bolsa de azúcar a la baja (como materia prima del bioetanol) por cuestiones estacionales. Se acuerda con el Director de Biocombustibles una revisión trimestral del precio de la bolsa y ajustarlo a la realidad, sea baja o alza.

Febrero 2019: Ante la recuperación del precio de la bolsa de azúcar se envían notas a la Secretaría de Energía solicitando el ajuste del precio y el del bioetanol, conforme a la fórmula correspondiente, sin obtenerse respuestas.

Marzo 2019: La Secretaría de Energía no publica el precio del mes de referencia. Se presenta nota el 13 de marzo último. Los funcionarios reconocen la validez del reclamo y comprometen una propuesta. Manifiestan también la necesidad de no aumentar el precio de los combustibles por su efecto en la inflación. Más allá de las reuniones, no hubo respuesta formal a las notas. En reunión con el Secretario de Energía, se promete un plan para actualizar el precio, pero nunca lo presentan.

Abril 2019: Disposición 24/19 Secretaría de Energía. Fija un precio sin fundamento ni discusión con el sector, desestimando la fórmula de cálculo del precio vigente.

10 de mayo 2019: La Secretaría de Energía publica nuevo precio para el mes, sin fundamento ni discusión con el sector.

31 de mayo 2019: Disposición 81/19 Secretaría de Energía que establece en forma unilateral nueva fórmula para el precio del bioetanol tomando como materia prima el precio promedio del azúcar en los 12 últimos meses móviles.

Esta descripción es una muestra elocuente de una política que no acompaña el espíritu de la ley ni sus fundamentos con foco en la promoción de biocombustibles. Esto fue expuesto en las leyes relacionadas con la promoción y en otros instrumentos del Estado. Un ejemplo de ello es el memorando de Entendimiento que el Poder Ejecutivo firmó con la República Federativa de Brasil sobre "Cooperación en el área de bioenergía, incluyendo los biocombustibles". Ambas partes acordaron como objetivo "hacer sus mejores esfuerzos para promover la producción y el uso de la



bioenergía, incluyendo los biocombustibles, en ambos países, y su inserción en mercados internacionales”.

El 30 de mayo de 2019 el Secretario de Energía de la Nación, Gustavo Lopetegui, señalaba lo siguiente, reproducido su comentario por el Diario La Nación en su sección de economía.

*"La política de biocombustibles es un costo tributario para una nación que está quebrada, que no le gusta el sistema de cupos y la fijación de precios a los que obliga la normativa y que el sector de biocombustibles está siendo beneficiario de subsidios y tengo mis dudas de que tenga algún beneficio en la suma que lo merezca".*

Esta descripción pormenorizada que solo intenta describir las dificultades de las empresas que a riego empresario invirtieron con una proyección amparada por ley y su espíritu.

### **3.9.2.1. Nueva ley de biocombustible**

Todo proyecto de inversión se basa en la certidumbre de las condiciones establecidas y en el plazo de que dichas condiciones estarán vigentes.

La anterior ley como la actual adolecieron de un plazo que permitiera que grandes inversiones pudieran ser recuperadas, agravándolo por el cambio de las condiciones que se han descrito solo a modo de recordatorio.

La nueva ley de Biocombustible Ley 27640. Publicada en el Boletín Oficial del 4-ago-2021 tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2030, pudiendo el Poder Ejecutivo nacional extenderlo, por única vez, por cinco (5) años más, a contar desde la mencionada fecha de vencimiento del mismo.

El sector azucarero, ante la incertidumbre e indefiniciones meses previos dio conformidad a texto y sus normativas.

### **3.9.2.2. Inversiones y plazos del marco legislativo**

La actividad azucarera crecerá a futuro y aspira a ser oferente de un volumen mayor de bioetanol. De igual manera que crece la oferta, crecerán los subproductos y excedentes que deben ser gestionados y administrados correctamente.

La vinaza es el subproducto que, entre sus constituyentes, concentra un potencial energético y nutricional de alto valor. Inversiones tecnologías para su tratamiento que permita producir solo energía, tienen un costo que ronda los 30 a 33 dólares por m<sup>3</sup> de vinaza tratada. Una destilería de 90.000 litros de bioetanol anual producirá 990000 m<sup>3</sup> de vinaza. El total de una inversión, dependiendo la tecnología seleccionada, tendrá un costo entre 30 y 32,7, millones de dólares.

Quien conoce el mercado de créditos, sobre todo en las condiciones actuales de Argentina, demandara certidumbres y garantías mayores que en otras economías de países vecinos. Si a esta situación compleja, le agregamos una ley con un plazo de vigencia de 9 años como dato real, será muy difícil que las inversiones necesarias encuentren interesados en aplicar créditos en dichos proyectos.

En resumen, lo descrito precedentemente solo aspira a comprender que las condiciones al futuro deben tomar en cuenta estos antecedentes.

La actividad agroindustrial azucarera, requerirá al futuro explotar su potencial bioenergético. El procesamiento de la biomasa residual (RAC) en nuevas calderas que permitan procesar 100 % de esta biomasa en interzafra. o tratando las vinazas producidas por la producción de bioetanol requerirán de importantes inversiones en calderas, incineradores o biodigestores. Esto solo será posible con importantes inversiones sobre el sector. Esto será posible si se genera el marco factible y con el grado de certidumbre necesario.

### **3.9.3. Subsidios a los biocombustibles**

El Centro de Estudios de la Unión Industrial Argentina<sup>lxv</sup> analizó el Costo Marginal Neto del Plan Bioetanol a partir de los datos estadísticos aportados desde el Ministerio de Hacienda. En el 2016 estimó que el Estado le aportó \$3.126 millones al sector azucarero por beneficios otorgados a través del Régimen para la Producción y Uso Sustentable de los Combustibles.

Este aporte desde el estado hacia el sector se integra a través de:

- Exención del pago de la tasa de Infraestructura Hídrica,
- Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural (conocido como Impuesto a las Transferencias de Combustible –ITC- Ley 23.966)
- Impuesto sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, sobre la importación de gas oíl (Ley 26.028).

El sector azucarero a su vez generó al Estado (entre Nación, Provincias y los Municipios) al menos \$3.221 millones en 2016 vía recaudación tributaria por:

- Impuesto al Valor Agregado (IVA)
- Ingresos Brutos,
- Impuesto al Cheque por la Producción de Bioetanol.

Sin contemplar el Impuesto a las Ganancias ni los aportes a la Seguridad Social, el resultado neto fue que los pagos impositivos superaron en 95,3 millones de pesos (6,4 Millones de dólares) a los aportes para el Régimen para la Producción y Uso Sustentable de los Combustibles en 2016.

**TB64: Gastos tributarios. Exención a Biocombustibles**

Año	Impuestos a los combustibles no gravados (Millones de pesos)	Participación sector azucarero	Exención neta al sector azucarero (Millones de Pesos)	Exención neta al sector azucarero (Millones de Dólares)
2013	1779	64,40%	1145	209
2014	2960	45,00%	1335	164
2015	3811	40,80%	1556	168
<b>2016</b>	<b>6775</b>	<b>48,60%</b>	<b>3126*</b>	<b>211</b>

Recursos que el Estado Nacional y los estados Provinciales perciben al momento de comercializar los productos elaborados (Tablas 65, 66 y 67).

**TB65: Recaudación de IVA por venta de azúcar con mejor precio<sup>lxvi</sup>**

Incremento del precio de la bolsa de azúcar con IVA (\$200 a \$500)	\$300
El Incremento de \$300 c/ IVA totalizan \$248 s/IVA	\$248
El IVA pagado por el monto de \$248 son \$52.	\$52
El total de bolsas comercializada	32 millones
Recaudación por cobro de IVA	<b>\$1,666,115,702</b>

**TB66: Recaudación de IVA por venta de Bioetanol a Empresas Petroleras**

Volumen de bioetanol adquirido por empresas petroleras	42,366 m <sup>3</sup>
Precio litro bioetanol sin IVA	2,324
Monto pagado por venta anual sin IVA	\$5,180,597,978
Ingreso adicional al Fisco por pago de IVA	<b>\$1,087,925,575</b>

**TB67: Recaudación por Ingresos Brutos (IIBB) e Impuesto al Cheque** <sup>lxvii</sup>

Tasa promedio IIBB Fiscos Provinciales	3,50%
IIBB por Bolsa por aumento de Precio	\$8,68 por Bolsa
IIBB adicional por aumento de precio	\$277,685,950
IIBB por venta de Bioetanol	\$181,320,929
Impuesto al Cheque.	\$8,288,957
Recaudación por IIB B e Impuesto al Cheque	<b>\$467,295,836</b>
Total recaudación por IVA, IIBB e Impuesto al Cheque	<b>\$3,221,337,114</b>

La diferencia es de \$95 millones a favor de la actividad que produce bioetanol compensando íntegramente el monto del beneficio por eximición de tributar.

El concepto generalizado que el bioetanol esta subsidiado por el estado pierde valor a partir de la información que aquí se aporta de fuentes datos que el estado genera.

### 3.9.3.1. Subsidios a los combustibles fósiles

En el presupuesto 2019 se asignaron U\$S 6008 millones a ser afectados a la explotación de hidrocarburos<sup>lxviii</sup>. Estas partidas serían direccionadas a los yacimientos de Vaca Muerta en casi su totalidad según señala un documento de FARN. Estos montos serían equivalentes a todo el presupuesto asignado al Ministerio de Educación, Cultura, y Ciencia y Tecnología y supera por el doble a lo asignado a las Universidades Nacionales. Asistir Vaca Muerta tiene por objetos recuperar la soberanía energética de otros tiempos y además generar divisas que reduzcan el crónico déficit fiscal de Argentina. Se estima duplicar la producción de gas y petróleo en cinco años, lo que permitiría exportar el 50% de la producción de gas y el 38% de la producción de petróleo.

No es esa decisión la que se objeta, ya que la matriz energética actual y la del futuro serán de coexistencias entre ambas. Lo que se señala y reclama son las decisiones que se describieron precedentemente y afectan directamente la rentabilidad y la subsistencia en un escenario de falta de crédito o existentes a tasas prohibidas.

Como se demostró, con información propia desde el estado, estos importes retornan a las arcas públicas por otras vías, además de generar recursos genuinos, empleo formal y traccionando otras actividades complementarias o integradas a la misma.

### 3.9.4. Importación de combustible Vs producción de bioetanol

<sup>lxix</sup>

El CAA analizo los volúmenes de combustibles que se exportaron e importaron, en los últimos 5 años. La balanza comercial es deficitaria ya no dentro de la economía interna sino por el desbalance entre importación y exportación que genera un déficit de 1. 137.millones de dólares. Equivale al resultado de importar 2.059.555 m<sup>3</sup> de distintos tipos de nafta. El precio resultante del litro importado fue de 552 dólares el m<sup>3</sup>. Al exportar el valor percibido por m<sup>3</sup> es de 247 dólares.

**TB68: Información de importación y exportación de nafta**

Año	Meses	Naftas Grado 1, 2 y 3 (1)					
		Exportaciones		Importaciones		Balance CE	
		m3	u\$ <del>s</del>	m3	u\$ <del>s</del>	m3	u\$ <del>s</del>
2017	12	0	0	415.666	201.535.138	-415.666	-201.535.138
2018	12	1.492	1.044.772	617.719	343.271.971	-616.227	-342.227.199
2019	12	0	0	520.916	255.605.608	-520.916	-255.605.608
2020	12	160.201	27.607.973	161.506	76.693.581	-1.305	-49.085.608
2021	12	75.293	29.921.290	580.734	318.851.435	-505.441	-288.930.145
		236.986	58.574.035			-	
			<b>247</b>			2.059.555	<b>552</b>

**TB69: Producción y precio de bioetanol**

Año	Meses	Bioetanol entregado					
		Caña de azúcar		Maíz		Total	
		m3	u\$s	m3	u\$s	m3	u\$s (2)
2017	12	523.826	253.976.131	550.350	266.836.253	1.074.176	520.812.384
2018	12	501.389	278.626.336	563.240	312.997.504	1.064.629	591.623.839
2019	12	514.138	252.279.510	549.211	269.489.527	1.063.349	521.769.036
2020	12	373.318	183.181.500	395.800	194.213.077	769.118	365.227.382
2021	12	473.141	259.777.604	522.604	286.935.215	995.745	422.704.607
						<b>4.967.016</b>	<b>2.422.137.248</b>
							<b>488</b>

La producción de casi 5 millones de m<sup>3</sup> de bioetanol evito que las importaciones crecieran más, agravando el déficit fiscal actual.

Analizando los primeros 4 meses del 2022, ya se importó el 90 % con respecto al total importado en todo el 2021, sin exportaciones que tiendan a compensar parte del déficit energético. Lo que no se entiende es lo ocurrido en los primeros 4 meses del 2022, importándose en 4 meses un total de m<sup>3</sup> idéntico a lo exportado en todo el 2021.

**TB70: Importaciones en los 4 primeros meses de 2022**

Año	Mes	Importaciones		Balance CE	
		m3	u\$s	m3	u\$s
2022	Ene	106.990	63.783.296	106.990	63.783.296
2022	Feb	186.249	130.938.729	186.249	130.938.729
2022	Mzo	176.651	136.462.787	176.651	136.462.787
2022	Abr	46.028	39.138.001	46.028	39.138.001
				515.918	370.322.813
					<b>718</b>

En la actualidad, de acuerdo con volúmenes del año 2019, último de consumo normal pre-pandemia, los ingresos brutos del sector alcanzaron a 1.026 millones de dólares, correspondiendo 71% a la actividad azucarera (US\$ 610 millones por ventas en el mercado interno y 118 millones por exportaciones) y 29% (US\$ 298 millones) al bioetanol.

### 3.9.5. Incidencia económica e impacto en la generación de empleo<sup>bx</sup>

Por cada 100 pesos adicionales que se demandan de producción de azúcar, en la economía se generan 186 pesos.

El sector azucarero industrial genera 73.500 puestos de trabajo entre directos e indirectos. Este empleo que se genera también produce un efecto positivo en las cuentas públicas a partir de los aportes a la Seguridad Social.

La producción industrial de azúcar está concentrada principalmente en la zona de Jujuy, Salta o Tucumán y la actividad económica de estos distritos está fuertemente influenciada por la producción de la industria azucarera. El 27,8% de los trabajadores industriales de estas provincias se desempeñan en la industria de la elaboración de azúcar.

### **3.9.5.1. Empleos generados por la industria sucroalcoholera en Argentina**

La producción de caña de azúcar, la actividad de los ingenios y la elaboración de alcohol tienen una capacidad de generación de empleo muy importante en el NOA, en particular en la provincia de Tucumán. A pesar de ello, las transformaciones en el proceso productivo, fundamentalmente en la elaboración de caña de azúcar mediante la mecanización integral de la cosecha, ha dado como resultado una disminución del empleo demandado por la cadena azucarera en las últimas tres décadas.

Se estima que cada cosechadora reemplaza a 150 trabajadores. Según un estudio específico sobre la temática, cada operario recolectaba 1 ½ toneladas de caña por día con el sistema de cosecha manual, en tanto que con el semimecánico se recolectan entre 4-5 toneladas diarias. Con cosechadoras integrales la productividad asciende a 600 toneladas por día, lo que implica el desplazamiento de 133 empleos de obreros afectados a cosecha.

Lo que debe señalarse es que al mismo tiempo que la tecnología de cosecha se incorporaba a la actividad azucarera, el desarrollo citrícola despegaba con una alta tasa de crecimiento. Este fenómeno fue simultáneo en Tucumán como en Ingenio Ledesma de Jujuy mitigando el fuerte impacto que hubiera tenido el desplazamiento de mano de obra por la incorporación de nuevas máquinas.

Una de las características relevantes de los empleos generados por esta cadena es la informalidad, debida en gran medida a la estacionalidad de la zafra azucarera, la cual se realiza entre los meses de mayo y octubre. En el resto de los meses del año, disminuye el ritmo de la actividad. Esta situación, entre otros factores, ha contribuido históricamente a la existencia de una gran masa de trabajadores golondrina que arribaban para la época de la zafra desde otras provincias y países limítrofes, y realizaban sus tareas en condiciones de extrema precariedad laboral.

Las transformaciones en el proceso productivo también alteraron las condiciones del trabajo golondrina, dado que tiende a quedar acotado a la demanda de trabajo requerida por los cañeros independientes minifundistas, quienes se vieron imposibilitados de acceder a la nueva tecnología para la cosecha. Los trabajadores golondrina en la actualidad provienen principalmente de la provincia de Santiago del Estero. La aparición de la figura del contratista ligada a la provisión de servicios de cosecha, como así también al reclutamiento de trabajadores para actividades rurales (surcos) o industriales (ingenios), produjeron la progresiva estratificación laboral.

Por un lado, existe personal permanente, con mayor capacitación y especialización, vinculado al manejo y reparación de maquinarias. En este segmento de trabajadores, tienden a prevalecer relaciones laborales formales. Por otro lado, hay trabajadores con menor capacitación, que realizan tareas simples y repetitivas, donde predominan las relaciones laborales informales y temporales. Como resulta evidente, esta diferenciación tiene su contraparte en la desigualdad salarial entre los trabajadores.

De acuerdo a las estadísticas del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS), el empleo registrado en la industria azucarera fue en promedio de 13 mil puestos durante el período 1996-2002. Luego, en el período 2003-2009, esta cifra ascendió hasta alcanzar los 14 mil empleos. Esto significó un aumento del 9% entre un período y otro.

Entre 2010 y 2015, los puestos de trabajo registrados fueron en promedio 16 mil. Según estimaciones propias en base a los datos de MTEySS, en los primeros tres trimestres de 2015, el sector industrial empleó en promedio a 16,4 mil trabajadores.

En cuanto al empleo, según el Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE) del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS), el sector azucarero industrial contrató en 2016 un promedio de 15.300 personas<sup>lxxi</sup>. La mayor producción del sector también genera un efecto positivo en el empleo indirecto. A partir de la actualización de la matriz de coeficientes de requerimientos directos e indirectos de producción del INDEC (2007), se obtiene que la industria del azúcar genera 3,8 puestos directos en el resto de la economía por cada empleo directo que se genera. Considerando el número de empleos directos de 2016, el año



pasado se crearon entonces más de 58.200 empleos indirectos. El resultado final es que el sector azucarero industrial genera 73.500 puestos de trabajo entre directos e indirectos.

Este empleo que se genera también produce un efecto positivo en las cuentas públicas a partir de los aportes a la Seguridad Social. El 27,8% de los trabajadores industriales de estas provincias se desempeñan en la industria de la elaboración de azúcar.<sup>lxxvii</sup>

### 3.9.5.1.1. Informes Productivos de las Provincias

#### Datos aportados por el informe de Salta<sup>lxxviii</sup>

La dinámica del empleo de la cadena azucarera se destaca por su importante capacidad de movilización de mano de obra. En las últimas tres décadas, las transformaciones en el proceso productivo, fundamentalmente la mecanización integral de la cosecha, condujo a una reducción en el empleo permanente y a la extensión de la tercerización a través de contratistas que aportan mano de obra.

A nivel nacional, en 2015 se contabilizaron 15.597 puestos de trabajo registrado promedio en la industria del azúcar.

No obstante, una de las características de la cadena es la informalidad laboral, en gran medida debido a la estacionalidad de la zafra, ya que la cosecha se efectúa entre los meses de mayo y noviembre.

#### Datos aportados por el informe de Jujuy<sup>lxxix</sup>

En las últimas tres décadas, la mecanización integral de la cosecha resultó en una disminución del empleo; se redujo el empleo permanente y se extendió la tercerización a través de contratistas que aportan mano de obra.

En 2018 Ledesma empleó en todas sus actividades del país a 8.000 trabajadores, de los cuales 2.130 están dedicados a la elaboración de azúcar.

Se destaca en esta información estadística de Ledesma, la incorporación de 130 puestos de trabajo desde el año 2010 para incorporar Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) al sistema bioenergético del de la Empresa. Esto permitió la incorporación de 100.000 toneladas de residuo agrícola de cosecha y que permitieron sustituir 27 millones de m<sup>3</sup> de gas en el año.

El Ingenio Río Grande cuenta con aproximadamente 800 empleados. La Esperanza opera con una plantilla de alrededor de 600 trabajadores.

#### Datos aportados por el informe de Tucumán<sup>lxxx</sup>

El complejo azucarero tiene una importante capacidad de movilización de empleo. Según la provincia, la cadena de valor genera 20.000 puestos de trabajos directos e indirectos. Las transformaciones en el proceso productivo, fundamentalmente la mecanización integral de la cosecha, resultaron en una disminución del empleo demandado en las últimas décadas.

Asimismo, se redujo el empleo permanente y se extendió la tercerización a través de contratistas que aportan mano de obra. El trabajo golondrina actualmente se restringe a la demanda de cañeros independientes minifundistas. A nivel nacional, en el tercer trimestre de 2017, la industria exhibía 15.585 puestos de trabajo registrado.

### 3.9.6. Bioetanol de caña de azúcar<sup>lxxxi</sup>

En función de las diferencias en las productividades agrícola e industrial, los volúmenes de bioetanol producido por unidad de área cultivada varían según los cultivos como se ilustra en la Tabla 71 En el caso de caña de azúcar, una productividad agrícola de 70 toneladas de caña por hectárea y rendimientos industriales de 75 litros de bioetanol/tonelada son valores representativos con una variabilidad de aproximadamente 10%. Como valor promedio se obtendrían una

producción de 5250 litros de bioetanol por hectárea cultivada. Evaluado distintos cultivos energéticos podemos observar el nivel de producción esperado por ha a partir de distintas fuentes.

En este cultivo, si además se considera la producción potencial de bioetanol proveniente de residuos celulósicos, considerando aproximadamente un 30% del bagazo excedente y el 50 % del RAC depositado en campo. Se sumarían 400 litros de bioetanol por toneladas de biomasa celulósica seca.

**TB71: Productividad promedio de bioetanol por tonelada y por área para diferentes cultivos**

Cultivos	Etanol (l/t)	Producción (t/ha)	Etanol (l/ha)
Caña de Azúcar	75	70	5250
Remolacha Azucarera	110	54	6000
Maíz	410	6,4	2620
Trigo	340	5,3	1800
Mandioca	180	16,6	3000
Sorgo Azucarado	40	62,5	2500

El proceso industrial consume una significativa cantidad de energía térmica y eléctrica, la que es aportada por la fibra de la caña llamado bagazo como combustible. La producción de esa biomasa se logró gracias a elevadas remociones de CO<sub>2</sub> de la atmosfera al momento de producirse.

La producción fotosintética de biomasa remueve de la atmósfera la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que retorna durante la combustión lo que le da el carácter de neutro. Varios estudios de ciclos de vida han concluido que las emisiones de gas de efecto invernadero a partir del uso de etanol son muy bajas y emisiones de cero o negativas han sido estimadas en algunos escenarios<sup>lxxxvii</sup>.

Quizás, el atributo más propio del bioetanol es su baja emisión de gases de efecto invernadero, particularmente cuando se lo compara con las emisiones de otras opciones de combustibles. Existen buenos motivos para fomentar, con criterios de sostenibilidad, un mercado de bioetanol. Su desarrollo permitiría contribuir a los objetivos de los acuerdos ambientales internacionales.

Considerando los cultivos usualmente mencionados como de interés para la producción de bioetanol, en la Tabla 72 se presentan valores de rangos de balance energético y del nivel de mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

Las regiones tropicales y subtropicales, especialmente Latinoamérica se presentan como las más prometedoras para la producción de cultivos energéticos de manera sostenible.

En este contexto resulta de gran importancia sostener la investigación sobre la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos, las tecnologías de transformación para la fabricación de biocombustibles líquidos y el uso de los residuos de cosecha para la generación de energía calórica y/o la cogeneración de electricidad.

**TB72: Balance energético y emisiones GEI evitadas para diferentes cultivos.**  
 (BNDES.2008. Cap. 3 y datos propios)

Materia Prima	Balance energético	Emisiones GEI evitadas
Caña de Azúcar	9-12	85-90 %
Sorgo sacarino	5-8	60-70 %
Maíz	0,6 -2	30-40 %
Remolacha	1,2-2,1	35-55 %
Trigo	1-1,1	19-45%
Residuos lignocelulósicos	8-9	65-75%

Por medio del bioetanol y de la bioelectricidad, la caña de azúcar representa actualmente una importante fuente de energía renovable en la matriz energética nacional.

### 3.9.7. Características de la caña de azúcar como productora de bioetanol

De las especies energéticas cultivadas, la caña de azúcar es la más eficiente en su balance energético y en la reducción de la emisión de gases efecto invernadero. Es uno de los cultivos de mayor importancia en todo el mundo, ocupando en el 2009/10 más de 23 millones de hectáreas, de las que se producen alrededor de 1550 millones de toneladas de caña. Brasil se destaca en las estadísticas con un área plantada que supera los 8,5 millones de hectáreas y una producción cercana de 600 millones de toneladas de caña, siendo responsable de alrededor del 40% del total de caña producida en el mundo.

La caña de azúcar cumple con las premisas fundamentales para ser considerada como materia prima óptima para la producción de bioetanol, tanto por sus niveles posibles de producción como por sus balances energético y ambiental.

La caña de azúcar es una especie tipo C<sub>4</sub> y es uno de los cultivos más productivos en términos de biomasa. Presenta una elevada *Eficiencia en el uso de la Radiación Solar (RUE)*, con valores de 1,4 a 2,3 g biomasa/MJ., según variedades, condiciones agroecológicas y tecnologías de manejo. Los valores más frecuentes de ritmo de crecimiento en campo varían entre 15- 30 g/m<sup>2</sup> /día, con RUE<sup>lxxviii</sup> de 1,1 – 1,6 g/ MJ.

La máxima producción de biomasa registrada experimentalmente fue de 75 t de materia seca. ha<sup>-1</sup>, que en términos de peso verde significó 285 t. ha<sup>-1</sup>, lo que la posiciona ventajosamente respecto de otros cultivos.

En las condiciones actuales, para cada millón de metros cúbicos de bioetanol de caña de azúcar empleado en mezcla con nafta, cerca de 1,9 millón de toneladas de CO<sub>2</sub> dejan de ser emitidos para la atmósfera<sup>lxxix</sup>.

La agroindustria de la caña de azúcar tiene grandes posibilidades para incrementar tanto la oferta de alimentos como bioenergía. Entre las mejoras que en Argentina se están desarrollando lentamente es el uso intensivo del RAC, mejoras la eficiencia de las destilerías en término de alcohol por tonelada de caña, como también los efluentes como fuentes de energía y producción de fertilizantes. En este análisis de mejoras de proceso, sumado a los anteriores procesos de mejora, el de mayor significación es incrementar la producción de caña por unidad de superficie como también la producción de azúcar por tonelada de caña como lo señalamos en capítulos precedentes.

#### 3.9.7.1. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar<sup>lxxx</sup> (EEAOC)

Al ser los biocombustibles la alternativa de mitigación de las emisiones que el transporte produce es importante analizar la eficiencia energética de cada uno de ellos. La identificación de los tipos de energía que intervienen en el proceso productivo, fósil o renovable y su cuantificación, permitirá posteriormente compararla con la energía producida. El balance entre ambos flujos, input y output determinara el balance energético de un determinado biocombustible.

Los cultivos a partir de los cuales se desea producir biocombustibles serán evaluados también por su productividad en toneladas por un lado como también la energía que aportan por ha. La caña de azúcar tiene características que la hace sumamente apropiada como cultivo bioenergético, debido a su gran capacidad de aprovechamiento de la radiación solar y producción de biomasa. Su capacidad productiva que se analiza en la Tabla 73.

TB73: Rendimientos culturales zonas azucareras del mundo

País	Producción Media (t/ha)	Producción potencial (t/ha)
Australia	81	250
Colombia	130	210
EEUU	53	242
Sudáfrica	94	166

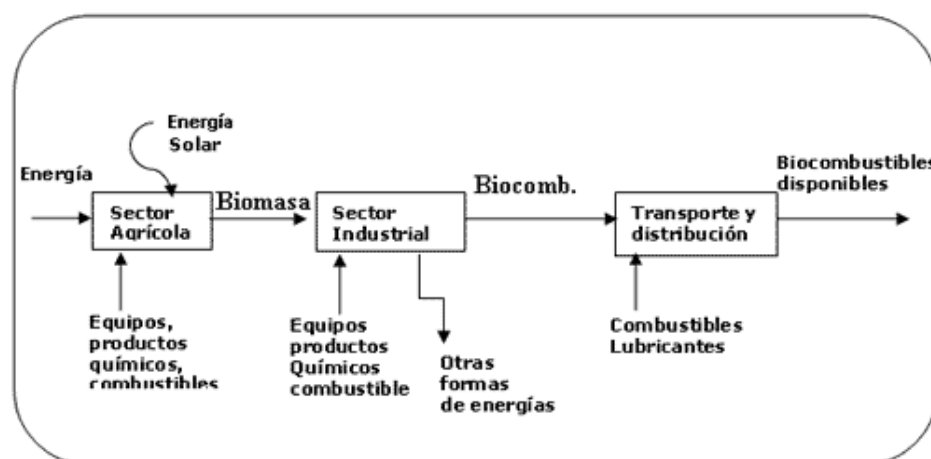
Los constituyentes de esta especie vegetal lo observamos a continuación. En el Tabla 74 se informa los contenidos promedio de estos constituyentes.

TB74: Contenido promedio por constituyente de la caña

Especie	Tallo Molible	Hojas	Despunte
Caña de azúcar	68-70 %	13-14 %	17-18 %
Constituyentes			
Agua	68-70 %	40-70 %	68-75 %
Sacarosa	15-16 %	0%	2-6 %
Fibra	13-14 %	20-50 %	13-20 %
No-azúcar	2.5-3 %	6-10 %	2- 6 %

De manera esquemática, en la Figura 86 se muestran las etapas, insumos y productos obtenidos en cada una de ellas.

FG86: Balance Energético de la producción de Biocombustibles



En la Figura 86 el primer bloque se contabiliza, como ingreso de energía al sistema, la que entrega el sol y que constituye la única entrada genuina e inagotable que será transformada a lo largo de todo el proceso para llegar finalmente a estar disponible como biocombustible.

En la etapa agrícola también contabilizarse como insumos energéticos al combustible empleado en las tareas de siembra, cultivo, recolección y transporte de la biomasa producida hasta la planta de procesamiento, como también la energía en la fabricación de los fertilizantes y otros productos químicos usados en la producción agrícola.

En el segundo bloque, correspondiente a la etapa industrial o de transformación de la biomasa en biocombustible, deben tenerse presentes a todas las incorporaciones de energía que requiera el proceso. Para ello se identifican al combustible para calderas si fuese necesario operar con vapor, la energía eléctrica que consuman motores si la planta no cogenerase a partir de vapor, la energía necesaria para la elaboración de los productos químicos que el proceso pudiera demandar, como también la energía empleada en la fabricación y mantenimiento de los equipos industriales.

En este caso, es necesario considerar todas las formas posibles de energía que ingresen a la fábrica donde se lleva a cabo la transformación de la biomasa, sin descartar la energía que demande el abastecimiento de insumos diferentes a la biomasa.

Se ha esquematizado una tercera etapa del proceso global, la que toma en consideración la energía de transporte del biocombustible hasta los centros de distribución a los usuarios finales.

En el caso de la caña de azúcar este balance es sumamente positivo como resultado de la gran capacidad de esta especie vegetal de acumular la energía que recibe de luz solar.

Este valor se indica en la Tabla 75, en la que se informa la energía que puede producir una tonelada de tallos de caña y los 180 kg de Residuos Agrícola de Cosecha (RAC), que bien manejados constituyen un buen combustible para las calderas de una destilería de bioetanol de caña.

**TB75: Energía producible y consumida en la producción de bioetanol**

Energía producida		
Componente	Alcohol	Bagazo + RAC
Rendimiento	85 litros	300 kilos+180 Kilos
Energía por componente (MJ/t)	1797,1	514,5
Energía total producida (MJ/t)	2311,6	
Energía consumida		
Sector	Agrícola	Industrial
Energía consumida (MJ/t)	233,3	49,6
Energía total consumida (MJ/t)	282,9	

$$\text{Balance} = 2311,6 \text{ MJ/t caña} / 282,9 \text{ MJ/t caña} = 8,17$$

Se puede producir no solo 85 litros de bioetanol anhidro, sino también 514,5 MJ/t a partir de cogeneración usando como combustibles el bagazo y los RAC. Todo integrado equivale a 2311,6 MJ/t (tallos de caña más la fibra procesada) En la etapa agrícola el total de energía demandada acumula 282,9 MJ/t aportado por combustibles, lubricantes y fertilizantes y agroquímicos utilizados a lo largo del año. Como información referencial vale señalar que un m<sup>3</sup> de gas tiene 8300 kcal/kilo. Una energía equivalente está contenida en 5 kilos de fibra de caña obtenida de la molienda o en 3,4 kilos de RAC. Un kilo de fibra base húmeda a partir de la molienda tiene un poder calórico de 1650 kcal/kilo. El RAC con menor humedad tiene 2400 kcal/kilo.

En el sector Industrial toda la energía termoeléctrica demandada es aportada por la combustión del bagazo o eventualmente RAC, fuentes renovables de emisión neutra. Emite lo que antes se capturó. Los 282,49 MJ/t son a causa de insumos y productos químicos necesarios para el proceso.

El balance energético final es de 8,17 unidades de energía por cada unidad consumida en el proceso para las condiciones enunciadas. No está contabilizada la energía requerida por la logística de distribución de lo producido. De todos modos, el balance energético es muy importante y se considera de los mejores entre los que puede lograrse en procesos empleando otras especies vegetales para producir biocombustibles. Este balance es conocido a partir de sus siglas en inglés EROI (Energy Return on Investment) o TRE (Tasa de Retorno de Energía) que el cociente entre la energía lograda en relación a la energía invertida.

### 3.9.7.2. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar<sup>lxxxix</sup> (Evaluación Brasil)

El etanol brasilero, hecho de caña de azúcar, ha sido reportado como el sustituto más eficiente de la gasolina dentro de las tecnologías que están comercialmente disponibles. Carlos A. Ramírez Traiana, economista de la Universidad de Colombia, analizo los distintos trabajos que sobre la eficiencia energética se han presentado sobre la agroindustria de Brasil. Analiza los trabajos y las investigaciones realizadas por dos investigadores (Macedo y Boddley) que separadamente arriban a conclusiones muy similares, coincidentes con lo evaluado por la EEAOC. En las evaluaciones se segmentan los procesos separando el área agrícola del área industrial. Macedo a su vez evaluó datos del 2005/2006 y un escenario posible al 2020. El análisis se describe a continuación.



Balance energético bioetanol de Brasil realizado por Macedo y colaboradores<sup>lxxxii</sup>

Se considera una producción de 77 t/Caña/ha. y una producción de 82 litros de etanol por tonelada de caña. De esta relación resulta una producción de 6314 litros de etanol/ha. El valor calórico del etanol es de 21,45 MJ/ litro. Esto da como resultado que de una ha de caña se obtienen 135,4 GJ/ha

Etapa Agrícola

Comparando los dos periodos, uno real y el otro estimado al 2020. Analiza un futuro escenarios posibles de reducciones o de incrementos según los inputs para cada proceso. Las reducciones de energía demandada serían por mejoras tecnológicas e innovaciones bajo investigación actualmente. Preparación de suelos y plantación son dos procesos que demandan un importante consumo energético por combustible y uso de maquinaria. Este proceso está en plena etapa de cambio. El foco está en el volumen de semilla por ha y la tecnología de preparación de suelos. La tendencia es a emular los buenos resultados de la siembra directa de granos.

Del lado de los agroquímicos se ha logrado mayor especificidad y mejoras en el concepto de manejo integrado de plagas. Podría contribuir a reducir los volúmenes tanto de agroquímicos como de fertilizantes aún mayor que la que estima Macedo. Desde otra perspectiva, se reconoce una significativa deuda en reposición de nutrientes exportados desde el suelo y una tasa de degradación por distintas causas que a futuro podría demandar un mayor requerimiento de fertilizantes<sup>lxxxiii</sup>.

El uso de cobertura por cosecha en verde, la aplicación eficiente de cachaza en campos y el uso de la vinaza como aportante de potasio en suelos deficitarios, son procesos que colaboran en el balance de nutrientes necesario. También suma al balance final el uso de un porcentaje de los residuos agrícolas de cosecha para la generación de energía o producción de etanol de segunda generación, ya instalado a nivel comercial en algunos ingenios.

Cosecha y transporte son las operaciones de mayor demanda energética dentro del proceso agrícola. Representan, según el caso, entre el 38 al 40 % de la energía de todo el proceso agrícola. Recordemos que para el estudio se consideró una producción media de 77 t/ha.

Etapa Industrial

La combustión del bagazo, proveniente de la molienda de caña aporta la demanda térmica y eléctrica requerida por la industria con el resultado de la autosuficiencia energética. Un kilo de fibra resultante de la molienda de caña con un tenor de humedad del 50 %, alcanza un poder calorífico inferior del orden de 7,33. MJ/kilo. Es importante recordar que aproximadamente 5 kilos de fibra que proviene de la molienda equivalen a la energía que aporta un m<sup>3</sup> de gas.

Esta energía potencial contenida en la fibra de caña, al ser procesada en una caldera se transforma en energía térmica a partir del vapor de alta presión que se obtiene. Ese vapor de alta presión, derivado a un turbo generador, operando a contrapresión, genera por un lado energía eléctrica y el vapor de cola, a menor presión es derivado a equipos que operan en la fase térmica de esa energía. Todo este proceso es dinamizado por energía totalmente renovable.

En la Tabla 76 se detalla la energía requerida por cada proceso de la fabricación de bioetanol de caña de azúcar.

**TB76: Balance energético de caña de azúcar (Macedo et al 2008)**

<b>Inputs por procesos. MJ por tonelada de caña</b>		
Periodo analizado	2005/2006	2020
<b>Sector Agrícola</b>		
Operaciones Agrícolas	13,3	14,8
Cosecha	33,3	46,9
Transporte de caña	36,8	44,8
Otros transportes	10,9	13,5
Otras actividades	38,5	44,8

Fertilizantes	52,7	40
Herbicidas, Insecticidas	12,1	11,1
Semilla	5,9	6,6
Maquinaria	6,8	15,5
<b>Subtotal Sector Agrícola</b>	<b>210,3</b>	<b>238</b>
<b>Sector Industrial</b>		
Prod. químicos y lubricantes	19,2	19,7
Construcciones	0,5	0,5
Equipamiento	3,9	3,9
<b>Subtotal Sector Industrial</b>	<b>23,6</b>	<b>24,1</b>
<b>Total Inputs</b>	<b>233,9</b>	<b>262,1</b>
<b>Outputs por procesos. MJ por tonelada de caña</b>		
Etanol	1926,4	2060,3
Bagazo excedente	176	0
Generación eléctrica	82,8	972
<b>Total Outputs</b>	<b>2185,2</b>	<b>3032,3</b>
<b>Balance energético final (TRE)</b>		
Solo Etanol	8,24	7,86
Etanol+ bagazo	8,99	7,86
Etanol +bagazo + electricidad	9,34	11,57

En resumen, el sector agrícola, con la caña y parte de sus residuos, genera el total de la energía demandada por la industria. De hecho, existe un remanente eléctrico que se exporta a la malla local, producto de la capacidad excedentaria que la caña tiene para la demanda interna y la que se suma una cierta energía ofertada externamente.

Insumos químicos, levaduras, enzimas, etc. para la fermentación y destilación, como los materiales para la construcción de la planta tal como cemento y acero demandaron energía para su elaboración y esto está computado dentro del balance.

### 3.9.7.3. Balance energético bioetanol de Brasil realizado por Boddey y colaboradores<sup>lxxxiv</sup>

Bajo criterios similares, Boddley y colaboradores evaluaron el proceso de producción de bioetanol a partir de caña de azúcar, con una descripción más detallada de insumos y requerimientos de cada uno. Esto lo observamos en la Tabla 77.

TB77: Balance energético de caña de azúcar (Boddey et al. 2008)

<b>Balance anual de energía. MJ por Tonelada. Boodey et al</b>				
<b>Ingresos</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Unidades</b>	<b>MJ/Unidad</b>	<b>MJ/ha/año</b>
<b>Demanda de energía Sector Agrícola</b>				
Cultivo	128,0	hs.	7,84	1003,5
Maquinaria	155,4	kgs.	8,52	1785,6
Gas Oíl	22,3	Lit	47,73	1064,4
Nitrógeno	56,7	kgs.	54	3061,8
Fosforo	16,0	kgs.	3,19	51,0
Potasio	83,0	kgs.	5,89	488,9
Cal	367,0	kgs.	1,31	478,9
Semilla	2000,0	kgs.		252,2
Herbicida	3,2	kgs.	451,66	1445,3
Insecticida	0,2	kgs.	363,83	87,3
Disposición de vinaza	180,0	m <sup>3</sup>	3,64	656,0
<i>Transporte de insumos</i>	<i>820,0</i>	<i>kgs.</i>		<i>276,8</i>
<i>Transporte de caña</i>	<i>24,7</i>	<i>Lit</i>	<i>47,73</i>	<i>2058,0</i>
Total Transporte				2334,8

<b>Total Sector Agrícola</b>				<b>12709,7</b>
<b>Demanda de energía Sector Industrial</b>				
Químicos				487,6
Cemento	11,5	Kgs.		75,9
Acero estructural ligero	28,1	Kgs.		841,8
Acero ligero y equipos livianos	23,1			693,5
Acero Inoxidable	4,0	Kgs.		287,1
Paso del alcohol 95 a 99,5 %				225,3
<b>Total Sector Industrial</b>				<b>2611,2</b>
<b>Total energía aportada al proceso</b>				<b>15320,9</b>
<b>Total de etanol producido</b>	<b>6281,0</b>	<b>Lit/ha</b>	<b>21,45</b>	<b>134750,4</b>
<b>Resultado balance energético (TRE)</b>				<b>8,80</b>

En resumen puede observarse que la energía resultante de la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar muestra un TRE (Tasa de Retorno Energético) entre 7,5 a 11 en caso de generar energía a partir de la vinaza

### 3.9.7.4. Conclusiones

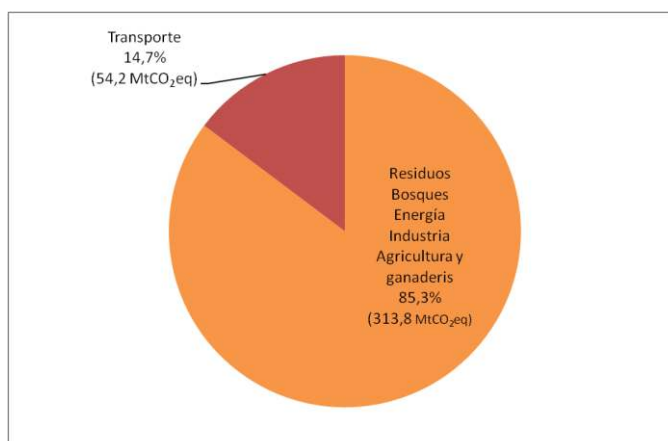
El maíz tiene una TRE algo superior a 1,6. Incrementa a 2,73 si se incorporan la valuación energética de los coproductos. Sin dudas, las ventajas competitivas de la caña de azúcar como productora de biocombustible son significativas en relación al bioetanol a partir de maíz.

Frente a las obligaciones que la Argentina asumió y los compromisos internacionales para mitigar el incremento de temperatura, es necesario incorporar e implementar todas las medidas que permitan alcanzar el logro de las metas asumidas.

Siendo el transporte responsable del 23% de las emisiones totales a nivel mundial y 15% a nivel nacional (Figura 87), los biocombustibles deben desarrollarse e incrementar su participación en la matriz energética.

El sector transporte integrado acumula a nivel nacional una emisión de 54,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Los vehículos livianos a nafta aportaron 13,9 millones de ese total.

FG87: Participación del transporte en las emisiones totales de gases efecto invernadero



Fuente: Dirección Nacional de Cambio Climático y Desarrollo sustentable

### 3.9.8. Alternativas para incrementar la producción de bioetanol

La producción actual de bioetanol depende de 3 factores:

- El área bajo cultivo.
- Las toneladas por ha producidas en dicha superficie y
- Rendimiento sacarino

### 3.9.8.1. Áreas bajo cultivo

El crecimiento de superficie fue significativo en Tucumán principalmente. Las provincias de Salta y Jujuy presentan mayores dificultades como ya se mencionó en el capítulo áreas de siembra. Tucumán creció entre 2008 y 2019 un 28 % en superficie, con algunos intentos de expansión con no buenos resultados. Esta opción estará condicionada por la obtención de material transgénico resistente a sequías o incorporación de tecnología. No incorporaremos en este análisis el incremento de superficie. Cuando las condiciones lo permitan será un factor de crecimiento.

### 3.9.8.2. Las toneladas por ha producidas en dicha superficie y rendimiento sacarino

En los párrafos numéricos 3.1.7.1 y 3.1.7.2. del capítulo área de siembra, se analizaron alternativas de crecimiento vertical con mejoras en TCH y rendimiento sacarino.

Las tablas siguientes son copia de aquellas propuestas:

TB78: Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Tucumán

Proyección producción Tucumán						
Referencia	Has bajo Cultivo	Ton. Caña producidas	Ton Az. Producidas	TCH	Az% /Caña	Azúcar/ Has
zafra 2021	276880	15434210	1404016	55,74	9,10%	5,071
Potencial productivo	276880	17997200	1817717	65,00	10,10%	6,564
<b>Diferencias Proy - actual</b>	<b>0</b>	<b>2562990</b>	<b>413701</b>	<b>9,26</b>	<b>1,00%</b>	<b>1,493</b>

TB79: Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Salta y Jujuy

Proyección producción Salta y Jujuy						
Referencia	Has bajo Cultivo	Ton. Caña producidas	Ton Az. Producidas	TCH	Az% /Caña	Azucar/ Has
Promedio zafra 2018-2020 real	109828	7935439	825178	72,25	10,40%	7,513
Potencial Productivo	109828	9005896	963631	82,00	10,70%	8,774
<b>Diferencia</b>	<b>0</b>	<b>1070457</b>	<b>138453</b>	<b>9,75</b>	<b>0,30%</b>	<b>1,261</b>

Bajo este supuesto de crecimiento en TCH y mejora de rendimiento industrial la producción incremental de azúcar total sería de 551800 toneladas a nivel país. 138493 aportarían Salta y Jujuy y 413381 Tucumán.

No son estimaciones de incremento irreales ni imposibles de cumplir. Ambas regiones lo han logrado con producciones y rendimientos mayores a los aquí sugeridos.

Por otro lado, el mayor TCH implica incremento de 3.633400 toneladas de caña que, tomando una relación de 4% caña, se obtienen 145300 toneladas de melaza incremental.

TB80: Cálculo de producción de alcohol a partir de la melaza

Base de datos para cálculo de producción de alcohol		
Parámetros	Indicador	Cantidad/
Superficie a cosechar	Has	1000
Toneladas de caña/ha	Ton /ha	65
Total producción l	Ton. Caña	65.000
Rendimiento sacarino	Az % /caña	10%

Producción de melaza % caña	%	4%
Total melaza	ton	2600
Eficiencias fermentación	%	82%
Eficiencia de Destilación	%	99%
Pol en melaza	pol	45
Factor de conv. pol en azu. reductores	valor determinado	1,052
Factor de conv. ATR en alcohol	valor determinado	0,6475
Azu. red. contenidos en la melaza	reductores	10
Relación de Azucar/ Alcohol	valor determinado	1,645
% de alcohol en bioetanol hidratado	porcentaje	96%

Asumiendo una pol en melaza de 45 de pol, con eficiencias de fermentación de 82% y destilación de 99% se puede determinar la producción de alcohol por tonelada de melaza.

TB81: Cálculo de producción de alcohol por tonelada de melaza

Calculo para obtención de alcohol a partir de melazas	
Parámetros	Formula y resultado
Convertir Pol de melazas en ATR mas la suma de 10	57,34
Restar el 2% de componente refractarios no azucares	56,19
Convertir el total neto de ATR en alcohol potencial	36,39
Eficiencia de destilación (fermentación + destilación)	81,18%
Total de alcohol absoluto obtenido	29,54
Producción de alcohol por tonelada de melaza	295,37
Total bioetanol hidratado	307,68

De una tonelada de melaza se obtienen 307 litros de bioetanol al 96 % de concentración y de una tonelada de azúcar se obtienen

TB82: Cálculo de producción de alcohol a partir de jugo directo

Calculo para obtención de alcohol a partir de Jugo directo	
Parámetros	Formula y resultado
Factor de conversión de kilo de azúcar en alcohol	0.607
Alcohol obtenido por tonelada de azúcar	607,90

De una tonelada de azúcar se obtienen 607,9 litros de alcohol

### 3.9.8.3. Calculo para determinar la cantidad de alcohol según fuente

ART Totales =  $(45 \times 1,052) + 10$  o sea

$45 * 1,052 = 47,34 + 10\% = 57,34$ .

Se considera que este total tiene un 2% de contenidos no fermentecibles.

Por ellos se procede con el cálculo:

$57,34 * .98 = 56,19$

Para el cálculo de conversión de ese ATR para alcohol, se debe multiplicar por un factor ya determinado que es 0,6475.

$56,19 * 0,6475 = 36,63$  litros de alcohol potencial.

Las destilerías tienen eficiencias. Como línea de base se considerará 82 % para fermentación y 99 % para destilación

El valor final de la eficiencia de la destilería sería el siguiente:

$$0,82 * 0,99 = 0,8118$$

$$36,63 * 0,8118 = 29,7 \text{ litros de alcohol } 100 \text{ unidades de melaza.}$$

Para llevarlo a m<sup>3</sup> multiplicamos por 10. El valor final es que de un m<sup>3</sup> de melaza se obtienen 297 litros de alcohol.

Este valor es e alcohol puro. Como se comercializa hidratado 96%, los 297 se convierten en 307.

Como está determinada la cantidad de melaza totales, se determina el alcohol a obtener solo por melazas.

El valor es el siguiente para un supuesto de 2.000.000 de toneladas,

$$2.000.000 * 0,04 = 80.000 \text{ ton de melazas} * 297 = 23.760.000 \text{ litros de alcohol o sea } 23.760 \text{ m}^3 \text{ de alcohol.}$$

De una tonelada de azúcar, dividiendo por el factor /1,645= litros de alcohol

#### **3.9.8.4. Producción de alcohol bajo supuestos de incremento productivo**

Producción de melaza:	145300 * 307,68 =	44705 m <sup>3</sup> de alcohol
Producción plus azúcar:	<u>551800 / 1,654 =</u>	<u>333.615</u>
Total producción de alcohol		= 378320

#### **3.9.9. Gestión logística del bioetanol producido en el NOA**

El espíritu de la Ley 26.093<sup>xxxxv</sup> de promoción de biocombustibles señalaba lo siguiente entre sus contenidos:

*"Promover y controlar la producción y uso sustentables de biocombustibles".*

Un análisis reciente sobre los factores que contribuyen a las emisiones en la región de América Latina y el Caribe señalaba lo siguiente "El 2016, el sector del transporte<sup>xxxxvi</sup> originó el 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe. El 80% de estas emisiones fueron generadas por el transporte por rutas, con una distribución similar entre el transporte de pasajeros y el de carga". En Argentina, la participación que desde el Ministerio de Ambiente se informa, asigna al sector transporte una participación del 14,5 % en relación al total de emisiones.

La reciente publicación también señalaba "Esta situación representa un gran desafío para la región con relación al cambio climático, ya que para alcanzar la meta de aumento máximo de la temperatura media mundial establecido en el Acuerdo de París es necesario que los países avancen a una economía neutra en carbono hacia fines del siglo.

Si queremos lograr este objetivo, el sector del transporte tendrá que llevar a cabo una transformación profunda y se deberán implementar políticas que aceleren el cambio de un modelo de movilidad intensivo en carbono a uno bajo en carbono y resiliente que garanticen la salud y seguridad de la ciudadanía".

Creemos que los desafíos del futuro están claramente señalados en lo descrito precedentemente. Sin dudas que el direccionamiento que adopten las futuras políticas públicas ligadas a las inversiones del sector privado serán las herramientas que contribuyan al cumplimiento de lo que aquí se señala.

##### **3.9.9.1. Matriz de producción de bioetanol en el NOA**

Analizando el modelo de producción y distribución de Bioetanol en la región del NOA se observan oportunidades de mejora que desarrollaremos a continuación.



Por ley, en el territorio nacional, las naftas deben ser comercializadas con un corte del 12% con alcohol Anhidro. Este es aportado por partes iguales con bioetanol producido a partir de maíz y azúcar, correspondiéndoles el 6% a cada fuente. El alcohol Anhidro producido en la región del NOA se transporta a distintos puntos de mezcla ubicados en distintas provincias, donde están radicadas las refinerías de las distintas compañías petroleras.

En la provincia de Tucumán se encuentra la única planta de mezcla propiedad de Refinor, cuya capacidad de blendeo (mezcla) no es limitante, pero si lo es el volumen de nafta que puede disponer para llevar a cabo las mezclas. Esta planta ubicada en Banda del Río Salí, en el año 2018 recepcionó el 4,05 % del total de alcohol anhidro a partir de azúcar. (21.400 m<sup>3</sup> sobre 528.162 m<sup>3</sup> producido) Este volumen se volcó en la región con mínimos costos logísticos, pero no alcanza a satisfacer la demanda de ésta.

Claro está que el bioetanol que no es retenido en Tucumán se deriva a distintas refinerías desde donde se distribuye a todo el territorio, entre estos volúmenes está el 75% que se consume en el NOA pero proviene de refinerías ubicadas en Córdoba, Mendoza, San Luis, Santa Fe o Buenos Aires posiblemente.

Tomando solo el ejemplo de una empresa, Bioetanol Ledesma, radicada en Jujuy, transporte durante 2018, 100.296 m<sup>3</sup> de bioetanol, realizando 2.656 viajes con un promedio de 1340 kilómetros por viajes. Sin dudas un proceso logístico de traslados innecesarios que puede evitarse si contáramos con el volumen de naftas para mezclas permitiendo que el blendeo sea realizado el 100% en la región.

### **3.9.9.2. Alternativas de mejora para la región NOA**

Frente a este escenario se analizaron cuatro alternativas de mejoras que agreguen valor a la producción de Salta, Jujuy y Tucumán:

- Aumentar la capacidad de mezcla y volumen de naftas en el NOA, Evaluando si la planta de Refinor en el futuro podría tener capacidad de mezcla y el volumen de naftas necesarias para que asista a toda la región de NOA, evitando que parte de lo que aquí se consume provenga de sitios fuera de la región;
- Eficientizar el transporte de bioetanol producido en Salta y Jujuy hacia Tucumán;
- Incrementar la demanda local de bioetanol en el NOA;
- Eficientizar el transporte de alcohol anhidro que no se consume en el NOA y debe ser distribuido hacia distintas refinerías.

Analizaremos a continuación cada alternativa y las sugerencias posibles a implementar en el futuro.

#### **3.9.9.2.1. Aumentar la capacidad de mezcla y volumen de naftas en el NOA**

La Empresa Refinor es dueña de un poliducto que tiene una longitud de 1100 kilómetros, entre Campo Durán (Salta) y Montecristo (Córdoba). Refinor tiene planeado para el 2020, cambiar el sentido actual del traslado de los fluidos Norte-Sur, por un sentido de traslado Sur-Norte. El faltante actual de naftas sería aportado desde Montecristo y transportado hacia la refinería de Banda del Río Salí por ducto. Los volúmenes de naftas a transportar al norte serían aportados por Refinor en un 25% y por YPF en un 75%. Estos cambios tendrán un fuerte impacto tanto en costos logísticos como en mitigación de emisiones y permitiría disponer de los volúmenes de naftas para mezcla en el NOA. Hoy eso no ocurre y el blendeo solo abastece el 25% de la demanda del NOA.

El consumo mensual promedio de naftas en la región NOA es de 70.000 m<sup>3</sup>, representando aproximadamente el 8,9 % del consumo nacional que ostenta 770.000 m<sup>3</sup>/mes. Refinor Banda del Río Salí abastece, aproximadamente el 25% de este volumen regional, lo que representaría

17.500 m<sup>3</sup> mensuales, que anualizado representan 210.000 litros de naftas, lo que redundaría en la adquisición anualizada de algo más de 25.000 m<sup>3</sup> de bioetanol. En el NOA, el consumo anual de bioetanol totaliza 100.000 m<sup>3</sup> de bioetanol.

En el 2018 se elaboraron 528.000 m<sup>3</sup>, lo que muestra que solo el 19% se retendría en el NOA. El resto es transportado a otros puntos de mezclas, salvo que cambien las condiciones por mayor demanda o cambios en la tasa de corte.

El costo de transporte vía gasoducto con relación al camión es 50% más barato, según información de quienes son responsables de la logística, impactando significativamente en una reducción de costos en la cadena logística. La tasa de emisiones se reducirá en equivalencia a las eficiencias entre uno y otro sistema.

### 3.9.9.2.2. Eficientizar el transporte de bioetanol de Salta y Jujuy hacia Tucumán

En la Localidad de Caimancito Jujuy, se mantiene con mínima actividad el yacimiento homónimo. Existe un ducto, hoy a cargo de Transportadora de Gas del Norte, fuera de operaciones, que enlaza dicho punto con Refinor en Banda del Río Salí.

Activando dicho enlace, el bioetanol producido en tres Ingenios del Norte podría llegar a Tucumán por esa vía. El volumen producido en el año 2018 en Salta (sin incluir San Isidro) y Jujuy totaliza 247.000 m<sup>3</sup> de alcohol Anhidro. Los desplazamientos desde Tabacal implican una reducción de transporte de 400 kilómetros, desde Ledesma 330, desde Río Grande 280, ya considerando el transporte corto a cabeza de poliducto en Caimancito.

La producción de Ledesma en el ejercicio 2018 totalizó 89.100 m<sup>3</sup>, Río Grande 17.200 m<sup>3</sup> y Tabacal 140.500 m<sup>3</sup>. El Ingenio más alejado (Tabacal) es el que más produce y mayor beneficio generaría. Es sin dudas un tema a ser estudiado.

Si los volúmenes consignados por Ingenio se transportaran hasta Tucumán vía poliducto, la reducción de viajes de camiones a un promedio de 37 m<sup>3</sup>/ viajes, representarían 6600 viajes menos y 2.430.000 kilómetros menos recorridos. Una reducción significativa en costos y menores tasas de emisiones.

### 3.9.9.2.3. Incrementar la demanda local de bioetanol en el NOA

Emulando lo desarrollado en Santa Fe con el Biodiesel B-100 para todo el transporte público de pasajeros, la región del NOA podría retener el 80 % del bioetanol producido a partir de caña de azúcar a partir de dos medidas posibles de implementar:

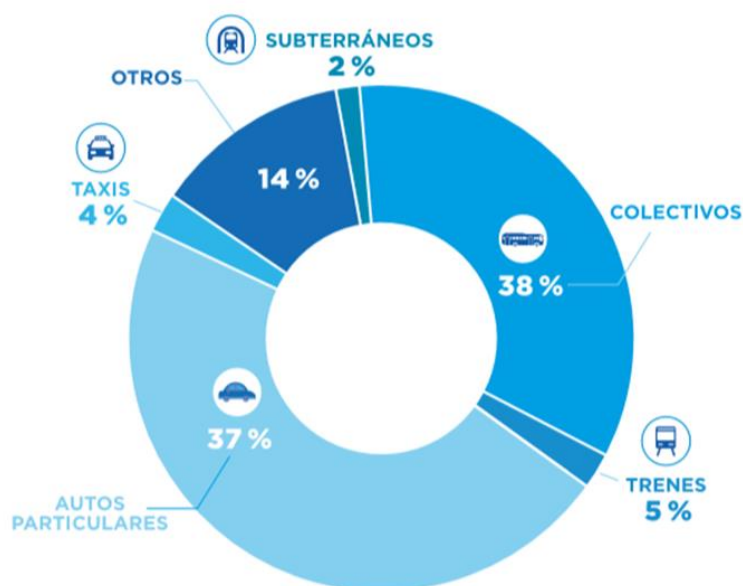
- Todo el transporte urbano de pasajeros, incluidos remises y taxis operen con mezclas del 27% de bioetanol con despachos diferenciales.
- El resto del transporte privado, incrementar la tasa de corte al 15%.

Estas dos medidas posibles de implementar podrían eficientizar la logística de distribución evitando su traslado para mezclar en otras provincias para luego retornarlo para su consumo en Salta, Jujuy y Tucumán. Es posible incorporar regiones del NEA que, por distancias, se integrarían al consumo del bioetanol producido a partir de caña de azúcar.

Si analizamos la participación de las emisiones de transporte urbano y las emisiones según tipo, se evidencia la necesidad de tomar decisiones como las llevadas a cabo en la Provincia de Santa Fe. Colectivos y transporte particular son **responsables de 75% de las emisiones urbanas**. Ambas tienen la posibilidad tecnológica de reducir este nivel de participación en las emisiones donde se concentra el 85% de la población del Territorio Nacional. Estas emisiones, además de las implicancias ambientales tienen alta incidencia en de salud pública sin dudas.

La Figura 88 describe la participación por tipo de transporte y su real incidencia.

FG88: Participación en emisiones GEI por tipo de transporte y su real incidencia



#### 3.9.9.2.4. Eficientizar el transporte de alcohol Anhidro no consumido en el NOA

La nueva ley de transporte de carga incorpora el concepto de escalabilidad a los parámetros de límites de peso que serán tenidos en cuenta para regular el transporte de carga en territorio nacional y adecuarlo a normativas ya vigentes en países vecinos.

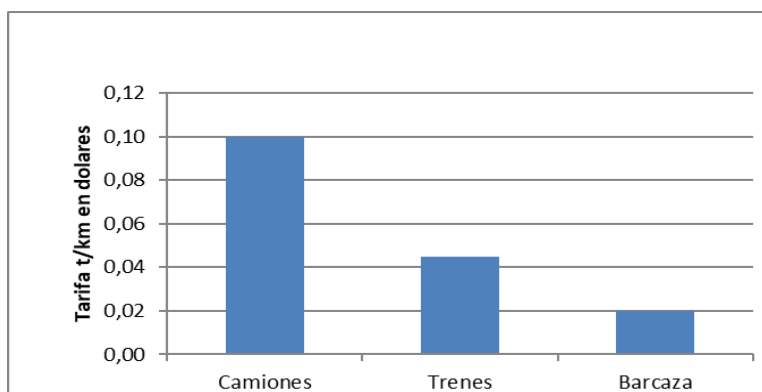
El criterio de escalabilidad incorpora información como, relación peso - potencias, configuración de ejes, configuración de equipos de cargas tipo semirremolque o bitrenes y potencia requerida por tonelada según capacidad de carga total.

En una primera etapa la escalabilidad permite pasar de un límite de 45 toneladas totales a 52 o 55 según la configuración de ejes. En una segunda etapa el salto es hasta 60 toneladas para luego escalar de 60 a 75 toneladas. Sin dudas que esto no es un cambio a realizarse de inmediato ya que antes hay procesos, modificaciones viales y gestiones administrativas a resolver tanto a nivel nacional como en los territorios Provinciales.

Por un lado, las Provincias deben adherir a la ley nacional de transporte en su propio territorio. Como segundo requerimiento, definidas las rutas troncales para los equipos de mayor carga deberán adaptar, sobre todo la infraestructura de puentes principalmente, que brinde seguridad y garantías de tránsito a estos nuevos equipos. Los requerimientos de potencia por tonelada transportada crecen para cada segmento de la escalabilidad. Para transportes entre 45 a 60 toneladas el requerimiento de potencia es de 6 HP/tonelada. Para rangos de 60 a 75 el requerimiento se incrementa a 6,75 HP / tonelada.<sup>lxxxvii</sup>

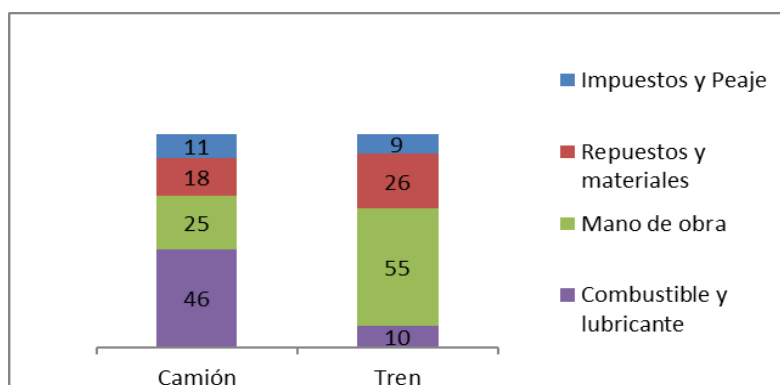
Equipos escalables de capacidad de transporte de 52 toneladas están operando en el retiro de bioetanol desde las plantas productoras. Otro factor importante y de gran contribución económica y ambiental es el costo diferencial que tiene el transporte por carretera versus el transporte en tren. Información del reporte de CEU–UIA elaborado sobre el diagnóstico del rubro transporte a nivel nacional muestra la relación entre distintos sistemas de transporte (Figura 89).

**FG89: Costo de transporte según sistema. Fuente CEU – UIA en base a datos propios**



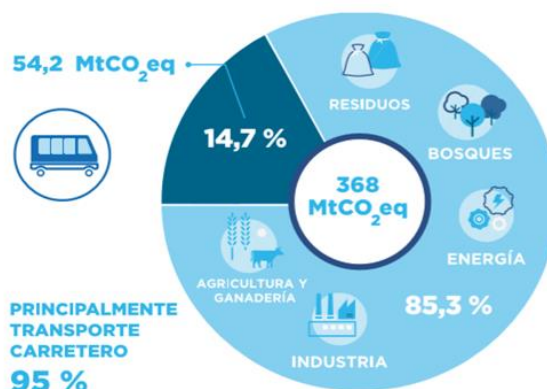
La composición de costos (Figura 90) muestra una elevada incidencia de combustible en el transporte por carretera, impactando además en la tasa de emisiones.

**FG90: Composición de la estructura de costos según medio de transporte. Fuente CEU – UIA en base a datos propios**



El reporte que desde la Secretaria de Ambiente de Nación contabilizan para identificar la contribución por actividad, el transporte participa en un 14,7% en relación a las 368.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de emisiones que reporta Argentina (Figura 91). El compromiso del subsector transporte a la mitigación comprometida a llevar adelante a nivel nacional es del 8,4 de participación en el total de las reducciones obligadas y comprometidas

**FG91: Aporte de emisiones GEI del sector transporte. Fuente. Secretaria de cambio climático Ministerio de Ambiente**



Argentina participa con el 0,7% de las emisiones totales a nivel mundial, pero asumió compromisos titulados incondicionales (deben ser cumplidos sin excepción) del 2,7% del total comprometido por toda la comunidad internacional. Para el sector transporte este compromiso implica un aporte de reducción de 5,9 millones de toneladas equivalente CO<sub>2</sub> para el año 2030 e implica un aporte del 8,4% en relación a los compromisos que Argentina asumió para el 2030.

Para hacer realidad la posibilidad de transferir al ferrocarril parte del transporte carretero, la disponibilidad de vagones tanques puede ser un factor limitante de peso. La actividad minera de La Alumbra en la Provincia de Catamarca tiende a reducir y suspender las actividades en periodos próximos. Disponer de los vagones hoy afectados a dicha actividad podría ser una alternativa a evaluar y estudiar.

En la Figura 92 podemos observar los compromisos que debe el sector transporte alcanzar al 2030.

FG92: Compromiso del sector transporte en la reducción de emisiones



Fuente: Secretaria de cambio climático Ministerio de Ambiente.

### 3.9.9.2.5. Conclusiones

Sin dudas que se observan un sinnúmero de oportunidades de mejora a resolver e implementar. Todo cambio que dinamice las actividades productivas en la región serán sin duda beneficios que la sociedad demanda para reducir los índices de necesidades insatisfechas donde el norte muestra su cara más dolorosa.

Las estadísticas que presentan en la Figura 93 no siempre son extrapolables como beneficios directos de las personas que residen en una provincia determinada, pero son una aproximación de alguna manera. No es necesario ahondar en los números ni en las estadísticas que aquí se muestran, pero si es necesario señalar que la única manera en que se mejoren los indicadores que evalúan el bienestar o las carencias de una sociedad es generar dinámicas productivas potenciando las ventajas competitivas que cada región tiene.

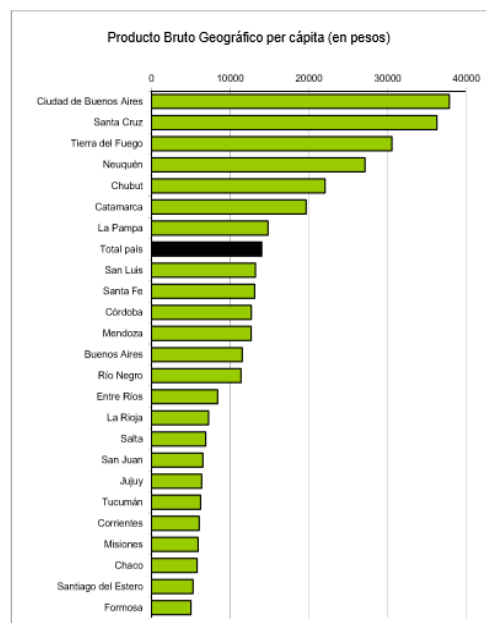
FG93: PBG<sup>xxxviii</sup> por Provincias y promedio país

Sistema de Indicadores de Desarrollo Provincial (SIDEPA). Dirección Nacional de Asuntos Provinciales.  
 Relativos a la Producción

2.1 Producto Bruto Geográfico per cápita (en pesos)  
 Valores corrientes. Año 2005

Orden	Jurisdicción	Indicador
1	Ciudad de Buenos Aires	37.871
2	Santa Cruz	36.283
3	Tierra del Fuego	30.569
4	Neuquén	27.141
5	Chubut	22.068
6	Catamarca	19.691
7	La Pampa	14.833
	<b>Total país</b>	<b>14.026</b>
8	San Luis	13.238
9	Santa Fe	13.146
10	Córdoba	12.706
11	Mendoza	12.695
12	Buenos Aires	11.551
13	Río Negro	11.410
14	Entre Ríos	8.438
15	La Rioja	7.278
16	Salta	6.926
17	San Juan	6.573
18	Jujuy	6.427
19	Tucumán	6.267
20	Corrientes	6.093
21	Misiones	5.970
22	Chaco	5.810
23	Santiago del Estero	5.308
24	Formosa	5.053

Fuentes de Información: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), proyecciones de población propias en base a los Censos 2001 y 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).



Fuente: Comisión Econ. para América

A lo largo de este extenso trabajo hemos puesto a disposición innumerables oportunidades que, desde el poder público, con políticas de estado y con la participación de la actividad privada y la investigación se pueden dinamizar y llevar adelante.

Es necesario acordar que cuando se habla de incremento de actividad económica y como consecuencia mayor empleo, estamos reduciendo indicadores de pobreza que las estadísticas recientes describen como el mayor flagelo en una sociedad en crisis y con dificultades estructurales importantes.

Se han expuesto los problemas y las posibles alternativas de solución al futuro. Algunas inmediatas, otras de mediano y largo plazo. Entendemos que se dispone de los medios y los recursos para recuperar el camino de crecimiento y desarrollo. Las Provincias del NOA no reclaman subsidios ni regalías no correspondidas. Solo demandan condiciones que permitan que las actividades productivas se expresen en su máxima capacidad y desarrollo.

### **3.10. La producción de biojet**

En Argentina no existen actualmente directivas sobre la composición requerida o uso de biojet en el sector aeronáutico. Adicionalmente no son conocidos desarrollos o iniciativas nacionales relevantes respecto a este tema. Por lo tanto, siendo este el panorama nacional actual en torno a este tema, esta hoja de ruta dispensa consideraciones adicionales en este capítulo.

### **3.11. La gestión de residuos**

Es importante señalar la importancia que el marco jurídico tuvo en las mejoras hacia el futuro. La nueva constitución del 1994, en su artículo 41, otorgó al ambiente el carácter de un bien público y colectivo, el que todos debemos preservar y cuidar.

Leyes complementarias que fueron presentándose posteriormente permitieron contar con un marco jurídico y reglamentario que colaboro con los cambios que se fueron dando año a año.

El desempeño ambiental, dejó de ser un concepto de interés menor para ser parte de la estrategia de negocio de las empresas. Hoy, la percepción pública, identifica y valora la gestión ambiental de las empresas, premiando u observando sus desempeños. Día a día esto cobrara mayor importancia y fija metas de desempeño como primera prioridad.

La Industria sucoalcolera presenta niveles de gestión de residuos industriales distintos entre empresas. Los resultados y los cambios ya se visualizan. Estos cambios están también asociados a los compromisos asumidos con las autoridades de aplicación que, con acuerdos entre el sector productivo y el sector público, de manera conjunta llevan adelante los controles de gestión ambiental.

El buen proceso y la gestión institucional de cambio está instalándose cada vez con más fuerza, en las empresas suco alcoholeras, lo que colaborara con los resultados del sector.

#### **3.11.1. Etapas de una gestión ambiental de cambio**

##### **3.11.1.1. La cultura como primera prioridad**

Comprender que la gestión ambiental es un aspecto determinado y condicionado por lo cultural es el primer paso para tener en cuenta.

Se habla de cultura empresarial, como un hecho que distingue a una empresa de otra. Eso no es otra cosa que conceptos que se han internalizado en cada uno de los integrantes de una compañía. Esto sin dudas también es válido para toda actividad que convoque a individuos asociados en pos de un proyecto. Esto es aplicable para el buen y mal desempeño. No tiene la connotación de alta valoración sino la de identificar comportamientos.



Es sin duda el factor de mayor dificultad para cambiar si no se han tomado los recaudos necesarios. Los cambios culturales son los más resilientes y difíciles de modificar. El éxito es factible cuando hay claridad en los objetivos y eficacia en implementarlos. Requiere de líderes empáticos y comprometidos con capacidad de transformar.

### **3.11.1.2. Alta dirección define y apuntala el proyecto**

En una empresa no se cambia hacia un modelo de buena gestión ambiental si la alta dirección de la misma no es quien define el objetivo hacia un futuro de cambio y le dar el carácter y la importancia del mismo. Debe esto tener la solidez que garantice que, en toda la cadena de mando, este concepto se instale. Debe haber, con matices seguramente, un marco referencias al que todos abrevan. Línea de base y proyecto futuro.

### **3.11.1.3. Comunicación y transferencia**

Esto es imprescindible para que los principios que han dado vida al proyecto sean compartidos por todos. La comunicación efectiva y los procesos involucrados deben ser conocidos por todos. Si no se atiende esta necesidad, no podrán alcanzarse las metas objetivo. La comunicación debe ser vertical en las ideas y objetivos y transversal en la comunicación.

### **3.11.2. Gestión de residuos industriales**

#### **3.11.2.1. Identificación**

Es necesario, desde los comienzos, relevar los tipos de residuos, su categoría, frecuencias de generación, volumen de generación y sitio de disposición.

Esa primera evaluación permite conocer los procesos de gestión para cada tipo. Los que sean reciclables, los que sean peligrosos, los que permitan un proceso de reutilización etc.

#### **3.11.2.2. Punto de disposición general**

Esto es lo que sigue al proceso de evaluación anterior ya que permitirá contar con un punto de concentración que permitirá:

- Recepcionar.
- Identificar tipo cantidad y calidad
- Clasificar
- Ordenar
- Disponer

#### **3.11.2.3. Definir tipos de residuos y categorías**

La clasificación de los residuos, (orgánicos, inorgánicos, secos metales, vidrio, etc.) necesitan ser identificados por color y con su cartelería que permita que los mismos en origen sea segregados de manera correcta. Este será un punto de gran importancia, pues es determinante para que un residuo mantenga su valor. Evitar las mezclas que deterioran al mismo y además encarece el trabajo de clasificación en predio de concentración.

#### **3.11.2.4. Puntos de disposición en origen**

Con el sitio de concentración de gestión de residuos ya definido, se deben generar los sitios de disposición transitoria en cada punto de generación. Cada área contara con los recipientes por tipo con el objetivo de poder disponer correctamente según los tipos de residuos que generen. Un taller mecánico tendrá un tipo de contenedores según sus residuos totalmente distintos que los de una oficina administrativa.

FG94: Ejemplo de recipientes diferenciados por tipo de residuo



### **3.11.2.5. Trabajo con las áreas generadoras**

El área generadora debe incorporar la responsabilidad y compromiso en la generación y calidad de segregación de los mismos al momento de disponerlos en un punto desde donde serán colectados. El proceso de evaluación y control en una primera etapa es muy importante. Se debe evitar la complacencia frente a esto. Los inicios, difícil con seguridad, son los que más importancia debe asignársele. Se debe internalizar sobre la responsabilidad que le cabe a los que generan ya que son el eslabón principal del cual dependerá la calidad y eficiencia en etapas siguientes. La calidad de la administración de residuos siempre dependerá da la calidad de gestión en el punto de origen.

### **3.11.2.6. Gestión del residuo. Recolección y transporte**

Aquí radica un punto importante que impacta tano en el punto de disposición como en el sector de concentración.

El sistema de transporte debe contar con espacios que permitan una recolección particionada según los tipos de residuos.

FG95: Disponibilidad de espacios para recolección de residuos



La cantidad de residuos que se generan en un punto define también la capacidad de box para disposición como la frecuencia de retiro. Siempre conviene que la frecuencia no supere el día. En la mejor manera de mantener orden y limpieza de cada punto.

### **3.11.2.7. Gestión de la clasificación de residuos en punto de concentración**

Dicho predio debe contar con espacios para almacenar todos los tipos de residuos. Los boxes de residuos peligrosos deben ser construidos con la normativa que lo determina. Deben estar con de hormigón y con techo de cobertura de posibles lluvias. Baterías, envases de pinturas, residuos químicos etc.

FG96: Predio de concentración y clasificación de residuos



### **3.11.3. Tipos de residuos comerciables**

#### a) Metálico.

Los residuos metálicos generalmente se transportan con contenedores o equipos de traslado. El punto de descarga debe ser de hormigón armado para poder recuperar las piezas de menos tamaño que a su vez son las de mayor valor.

Se clasifica por tamaño, por tipo y por calidad.

#### Por tamaño:4

- Dimensionada
- No dimensionada

#### Por tipo:

- Pesada.
- Liviana

#### Por calidad:

- Cobre
- Bronce
- Acero Inoxidable
- Hierro común

FG97: Ejemplos de residuos metálicos







b) Residuos plásticos clasificados según tipo

FG98: Ejemplos de residuos plásticos



c) Celulósicos.

FG99: Ejemplos de residuos celulósicos



Maquinas enfardadoras o trituradoras permites prepara los residuos para luego disponerlos para venta o entrega a operador.

**3.11.4. Residuos peligrosos**

Estos residuos son de variado tipo.

Entre estos residuos se encuentran las baterías, luminarias, cubiertas, aceites usados, residuos contaminados con hidrocarburos, envase de herbicidas y varios otros.

Cada uno es estos residuos son dispuestos en operadores habilitados:

### FG100: Ejemplos de residuos peligrosos



#### **3.11.4.1. Cementera como operadora de residuos peligrosos**

En la provincia de Jujuy está instalada una cementera con habilitación para el tratamiento de residuos peligrosos con potencial energético. Allí se disponen los elementos contaminados con hidrocarburo como también aceites y cubiertas. Estos residuos llegan a disposición final generando energía para otra actividad, reduciendo el consumo de gas.

### FG101: Valoración térmica de residuos peligrosos en precalcinador de cementera



Cubiertas y aceites son algunos de los residuos que se disponen en la cementera. Todo material que ha perdido su potencialidad de reusó o reciclado es enviado a esta disposición final. El traslado desde el predio de concentración hasta operador final se realiza con transporte autorizado y habilitado por la secretaria de Medio Ambiente.

#### **3.11.4.2. Manifiesto de disposición de residuos contaminados**

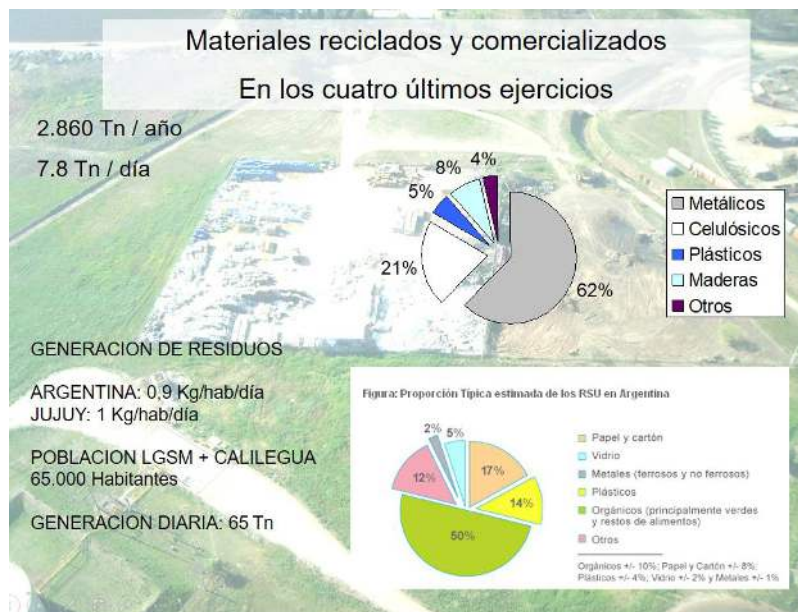
La autoridad de aplicación, a través de un manifiesto de residuos peligroso que se emite desde la Secretaría de Medio Ambiente, permite registrar y documentar los kilos y el tipo de residuos que se desea enviar a disposición final. En el caso de las cementeras la disposición es incineración.

#### **3.11.5. Resultados**

En la imagen siguiente se describen los resultados promedio de 3 años de gestión ambiental de residuos industriales de la Empresa Ledesma. El año 2006, con el armado de un Comité Medioambiental, conformado con responsables de todas las áreas de la empresa se iniciaron las actividades y los cambios a implementar. La primera decisión de dicho Comité, atento a los observado en cada sector, fue el armado de un predio de concentración y clasificación de residuos.

Los resultados de 3 años de gestión están allí documentados:

FG102: Resultados de 3 años de predio de concentración y clasificación de residuos de Ledesma



La cantidad de residuos administrados y gestionados equivale a lo que genera una ciudad de 7800 habitantes.

### 3.11.6. Ocupación y empleo

La dotación de personal afectada directamente a la actividad en el predio, son 15 personas, a los que se suman 12 personas de empresas de servicios que realizar tareas asociadas a la gestión de residuos.

### 3.11.7. Certificación ISO 14001

El predio de Residuos cuenta con la certificación de referencia. Implementa y opera bajo método de mejora 5 S.

## 3.12. El procesamiento de efluentes

### 3.12.1. La Vinaza

Para el abordamiento del tratamiento de la vinaza, es importante conocer primeramente las características de la misma, su composición, el entorno productivo e impacto económico donde se desarrolla el proceso productivo que genera este efluente como también los impactos ambientales de una u otra alternativa y los costos involucrados. Todo ello, condicionará los procesos de tratamiento con una amplia gama de alternativas a llevar adelante.

La hoja de ruta que ONUDI propone estipula desarrollar y presentar opciones con impacto en la creación de valor, mitigación de emisiones y generación de empleo genuino hacia el futuro. Es imprescindible entonces proyectarse hacia adelante, identificando alternativas posibles de desarrollo como también los límites en que deben llevarse a cabo.

Se analizará a continuación las características de la vinaza, para luego evaluar alternativas de gestión y tratamiento de este efluente.

#### Origen de la vinaza

La materia prima original es la caña de azúcar. Es una gramínea con mecanismo fisiológico C4, lo que la hace sumamente eficiente en la utilización del agua y la luz en la asimilación del CO<sub>2</sub> para la



producción de azúcares principalmente. La elevada capacidad de producción de materia seca por ha, más de 30 toneladas anuales, lleva a que los variados componentes alcancen producciones totales también elevadas. En ello están involucrados nutrientes, materia orgánica y todos los elementos de la integran.

El proceso de destilación de azúcares totales fermentecibles contenidos en la caña da lugar a la producción de vinaza. Esta puede provenir ya sea por destilación de la melaza fermentada, de mieles intermedias o de la fermentación directa de los jugos de la caña.

#### Investigación de la vinaza y sus características

Entre innumerables artículos que analizan la vinaza, se seleccionó uno elaborado por TECNICAÑA, (Asociación Colombiana de Técnicos de la Industria Azucarera) denominado "Posibilidades de Uso de la vinaza en Agricultura".

TECNICAÑA La vinaza está compuesta por materiales orgánicos y nutrientes minerales que son parte de compuestos y constituyentes vegetales como aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos diversos, enzimas, bases, ácidos nucleicos, clorofila, lignina, quinonas, ceras, azúcares y hormona. La naturaleza en forma normal descompone estos materiales en procesos microbiológicos y recicla los elementos minerales, lo que hace lógico pensar que el destino final de la vinaza deba ser su regreso al suelo.

#### Composición de la vinaza a partir de melaza

- De manera general, los constituyentes son los siguientes:
- Sustancias inorgánicas solubles (iones K, Ca y SO<sub>4</sub>).
- Células muertas de levadura.
- Alcohol y azúcar residual.
- Sustancias orgánicas insolubles.
- Sustancias orgánicas volátiles

#### Composición mineral

En el Cuadro siguiente se relaciona en forma general la composición elemental de la vinaza con el contenido promedio de los elementos mayores, menores y algunas propiedades.

La composición de la vinaza depende de las características de la materia prima usada en la producción de alcohol, melaza, jugos o miel, del sustrato empleado en la fermentación, del tipo y eficiencia de la fermentación y destilación como de las variedades y maduración de la caña. Estos varios tipos de vinaza dan como resultados rangos amplios de valores al analizar sus concentraciones. Lo observamos en el siguiente cuadro que describe la composición elemental de la vinaza.

TB83: Composición elemental de la vinaza

<b>Composición elemental de la vinaza al 10 %</b>		
<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidades</b>
<b>Nitrógeno</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0,63-1,14
<b>Fosforo</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0,04-0,11
<b>Potasio</b>	Kg/m <sup>3</sup>	4,05-9,01
<b>Calcio</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0,74-2,2
<b>Magnesio</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0,80-1,36
<b>Azufre</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1,28
<b>PH</b>		3,5 a 4,3
<b>Cond. Electrolítica</b>	DS/m <sup>1</sup>	11

#### Composición orgánica

El enfoque de biorrefinería podría diversificar aún más la gama de productos de los ingenios tradicionales de caña de azúcar al incluir productos de mayor valor agregado.

Analizando vinaza concentrada al 60 % grados brix, los siguientes componentes orgánicos no volátiles como el glicerol, el ácido aconítico, el sorbitol y el ácido láctico se encuentran en ella y en las siguientes proporciones:

TB84: Compuesto orgánicos Vinaza concentrada. Compuestos orgánicos no volátiles. Concentración en vinazas concentradas al 60%

Compuestos	Concentracion
No Volatiles	% m/m
Glicerol	2,70
Ácido aconítico	1,76
Sorbitol	1,39
Fructosa + glucosa	1,3
Ácido láctico	1,28

Investigar y evaluar la ruta de extracción y aprovechamiento de éstos compuesto es parte del proceso de agregado de valor. Sera analizado y evaluado en el punto 13. Gestión de residuos de la actividad Industrial.

#### Alternativas de disposición de la vinaza

##### Disposición a campo

La disposición de la vinaza de manera directa sin tratamiento biológico está determinada y condicionada por la estructura productiva, la tenencia de la tierra y la ubicación de los campos con caña que serán receptores de este efluente.

La agroindustria de Salta y Jujuy versus Tucumán, como ya se mencionó en esta hoja de ruta, presentan diferencias importantes en la configuración del sistema productivo. Las 2 primeras cuentan con pocos productores y los ingenios son titulares de gran parte de los campos que proveen caña a la industria. Los campos de caña rodean en gran medida a la planta industrial.

Se suma a ello, variaciones climáticas que condiciona el modo de producción. Ambas provincias del Norte, Jujuy y Salta, producen caña con la suplementación de riego a causa del elevado déficit hídrico. En Tucumán la práctica de riego es muy limitada, no supera el 20 % y su intensidad estará también condicionada por la ocurrencia o no de lluvias.

En esta última provincia, la caña que se muele es principalmente de cañeros, los Ingenio tienen tierras, pero con menos has por Ingenio y con una dispersión geográfica mayor, no siempre cercanas a la planta industrial. Estas diferencias inciden radicalmente en el modo y la práctica de disposición de efluentes.

### **3.12.2. Gestión de efluentes en Salta y Jujuy**

Los 5 Ingenio ubicados en ambas provincias, salvo Ledesma, producen alcohol en un periodo casi idéntico al periodo de molienda. La destilación habitualmente se inicia a los pocos días de iniciada la zafra y se extiende algunas semanas después de su finalización. Coincide con el periodo de riego.

Ledesma en cambio destila 11 meses al año, lo que lo obliga a tener un modelo de disposición distinto y ampliado en el tiempo durante parte de la primavera y el verano.

De los 5 Ingenios, 4 disponen, con algunas diferencias, la vinaza durante zafra junto al agua que se retira desde la industria. Esta proviene, en gran parte, de los procesos de refrigeración de la fábrica de azúcar como de la destilería.

Los metros cúbicos de agua utilizados en la industria varían entre 3, 4 y hasta 5 m<sup>3</sup> por tonelada de caña molida. Las instalaciones de torres de enfriamiento colaboran en el proceso de recircular, post proceso de intercambio térmico, recuperándola para el proceso de intercambio térmico.

Las has disponibles aguas debajo de los Ingenios para ser regadas con efluentes diluido varias según empresa. En Ledesma son 8500 has, Ing. San Isidro 1500, Ing. Rio Grande, 3200. Ingenio La Esperanza 7500

### 3.12.2.1. Gestión de efluente Empresa Seaboard

Seaboard, Energías Renovable, (ex Tabacal), por el emplazamiento industrial, no cuenta con campos de caña agua abajo del Ingenio, lo que demandó implementar un modelo de gestión distinto al resto de los Ingenios de Salta y Jujuy.

Desde la Industria se generan 3 residuos que se administran en campo

Cachaza: Proviene de la decantación de jugo y posterior separación de sólidos. El volumen es promedio 4 % del total de la caña molida.

Cenizas: Proveniente de calderas de biomasa. Posterior a su combustión, el material particulado generado, es retenido con una fina aspersion de agua antes de migrar a la atmosfera. Este proceso se desarrolla en los lavadores de gases. Estos equipos demandan 180 m<sup>3</sup> de agua por hora, por equipo lavador. El agua con el material particulado retenido es derivada a grandes filtros retenedores, recuperando el agua que retorna a proceso.

Vinaza: Proviene de la destilación de alcohol. Según la materia prima para producirlo, la relación vinaza: alcohol es la siguiente:

- 10:1 vinaza/alcohol si la materia prima es jugo de caña
- 12:1 Vinaza/alcohol, si la materia prima es melaza

Se deriva a 62 lagunas de evaporación<sup>xxxxix</sup> que permite concentrarla a mayor grados brix para reducir volumen o dejarla secar totalmente para luego ser retirada y derivada a pista de compostaje.

El elevado déficit hídrico de la región, más de 800 mm anuales, permitió identificar una ventaja comparativa a partir esta condición. El Departamento de Investigación y ensayo de Ledesma<sup>xc</sup> determinó la capacidad evaporativa diaria en la región, sumando los registros pluviométricos anuales de varios años.

Lo observamos en la siguiente tabla:

TB85: Balance hídrico y tasa de evaporación por ha

Balance Hídrico Anual		
Descripción	Unidad de medida	Cantidades
Evapotranspiración anual	Milímetros ( Litros por m <sup>2</sup> )	1740
Precipitación anual promedio	Milímetros ( Litros por m <sup>2</sup> )	930
Deficit Hídrico anual	Milímetros ( Litros por m <sup>2</sup> )	810
Deficit hídrico diario (810/365días)	Milímetros ( Litros por m <sup>2</sup> )	2,22
M <sup>2</sup> en una hectarea	Metros cuadrados	10.000
Total metros cubicos de agua de evaporación diaria en una hectarea	M <sup>3</sup> (metros cubicos)	22,2

La misma describe claramente el volumen de  $m^3$  de agua que evapora una ha. por día en la región donde están emplazados las empresas Seaboard, energías renovables y Ledesma SAAI. separados por una distancia de 120 kilómetros.

Ambas empresas, a partir de esto desarrollaron el sistema de evaporación de vinaza. Uno por falta de tierras para riego, otras por destilación fuera de zafra.

Las piletas de evaporación tienen una profundidad de 25 cm o sea 250 mm de altura de líquido. Ese líquido tiene 90 % agua y 10 % sólido. Al cabo de 3 meses queda un residuo sólido con un 10 % de humedad. El 85 % del agua se evaporó. O sea que, de los 250 mm de altura de líquido, 212 mm se evaporaron. Esto implica que, a nivel promedio, en 90 días las piletas estarán secas.

La Empresa Seaboard, describió en el informe de Cadenas de Valor de Bioetanol<sup>xi</sup>, elaborado a Instancias del Consejo Federal de Inversiones, el proceso, previo a la llegada a las piletas de evaporación. Desde la Industria, la vinaza es conducida hacia un punto donde se disponen de un equipo de tres bombas las cuales la presurizan a un sistema de cañerías que rematan en un aspersor, en el cual atomiza el líquido al ambiente y este evapora el agua de la vinaza. Lo resultante cae a piletas de contención el cual sigue hacia una segunda aspersion, donde otras dos bombas presurizan la vinaza en cañerías que rematan en aspersores y la atomizan al ambiente para la segunda evaporación. Con este sistema se logra reducir en volumen inicial en un 50% aproximadamente (valor promedio en el año), la vinaza resultante de las dos aspersiones queda más concentrada, es decir pasa de tener.

Observamos las imágenes y sus resultados<sup>xii</sup> de Empresa Ledesma AAI. Allí no se desarrolla el proceso de aspersion forzada.

FG103: Laguna de evaporación y vinaza concentrada



En la Empresa Seaboard, Cachaza y cenizas, con variada humedad, se destinan a pista de compostaje. Allí también concurre también la vinaza sólida o concentrada. Es su reporte de sustentabilidad expresan lo siguiente.” Desarrollamos un sistema propio y único para el tratamiento y aprovechamiento de residuos y efluentes de las plantas como base para la producción de bioabono”.

El bioabono está integrado principalmente por 3 efluentes. Estos son mezclados con un equipo de volteo que permite homogeneizar el material y además generar condiciones para la obtención del compost que después es derivado a campo. La humedad en el proceso de compostaje es aportada por la vinaza.

FG104: Pila de compostaje y maquina mezcladora de compost



La imagen, muestra en proceso de elaboración del bioabono<sup>xciii</sup>, como también el equipo de volteo<sup>xciv</sup> que permite se desarrolle el proceso de compostaje.

### **3.12.2.2. Gestión de efluente Empresa Ledesma**

#### **3.12.2.2.1. Riego vinaza diluida**

Durante el periodo de zafra, cachaza, parte de la vinaza y cenizas de lavadores de gases como también material orgánico proveniente de la depuración y limpieza del sistema de procesamiento de RAC, son retiradas de la industria vía canal derivado a riego. El agua proviene de refrigeración del sistema de azúcar y destilería. Aguas abajo del Ingenio están implantadas 8500 has.

El mapa que se observa en la Imagen corresponde a la identificación de puntos de muestreo de suelos que Ledesma, a lo largo de más de 2 años, llevo adelante. Se identificaron concentraciones de nitrógeno, fosforo y potasio, entre los principales nutrientes como también contenido de materia orgánica entre los datos principales.

La línea azul de la imagen es la traza del canal por donde se derivan los efluentes industriales. A la derecha de dicha traza se encuentran las has con dominio del canal del agua industrial que se deriva a campo. Los puntos de colores variados son registros de información de concentración de potasio en suelo agrícola. Azul es valor optimo y los distintos colores son valores intermedios. Los puntos rojos son sectores con déficit de potasio.



FG105: Mapa de dominio de riego y puntos de concentración de potasio en suelo agrícola



Como el riego con efluentes industriales tiene muchos años de gestión agrícola de esta manera, determinar la contribución de estos efluentes a la mejora de la producción fue difícil de cuantificar al no tener una línea de base que sirviera como dato testigo.

En el año 2002, se realizó una obra de bombeo de estas aguas para dominar un sector que hasta el 2001, solo había sido regado con agua de río.

FG106: Zona con incorporación de riego en 2003



El área demarcada en verde fue el sector incorporado. La primera zafra, ya regándose con efluente fue en 2003.

FG107: Equipo de bombeo para ampliar el sector de riego con efluente



En la tabla siguiente puede observarse una unidad de producción de caña de dicho sector, con información de TCH y Az/ha antes de la instalación del equipo de bombeo (línea de base) y su producción después de incorporar el riego con efluente. Los datos de antes son promedios de 6 zafra. Los posteriores desde el 2003 son promedio de 14 años de producción.

**TB86: Producción y resultados de áreas de riego con y sin efluentes**

Descripción	Periodo evaluado	Zafra	Hect.	TCH	% Rto.	TAzH
Sector riego con efluentes desde el 2003	Zafra 1996 al 2001	Promedio antes de riego con Vinaza y Cachaza	56,86	60,69	11,21	6,87
	Zafra 2003 a 2017	Promedio despues de riego con Vinaza y Cachaza	58,56	90,88	9,80	8,94

Esta evidencia, ratifica la contribución de estos efluentes a la producción total por ha, tanto en toneladas de caña como azúcar por ha. Es necesario señalar que el rendimiento de azúcar % caña se redujo, 1,4 puntos. De todos modos, el incremento de caña compensó esa merma, obteniéndose en la serie de 14 años, un 50 % más de caña y un 30 % más de azúcar por unidad de superficie.

En el libro "El Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala" editado por CENGICAÑA describe resultados de la vinaza aplicada en los campos de cultivo con caña.<sup>xv</sup>

Allí se describe "En un ensayo de vinaza y dosis de N conducido en un suelo Andisol por seis años consecutivos, se encontró que en todos los años el rendimiento de caña se incrementó en la medida que aumentó la dosis de vinaza. En promedio con la dosis más alta (120m<sup>3</sup> /ha) se obtuvo un incremento anual de 16.6 TCH con relación al testigo sin vinaza, lo que representó en el periodo evaluado un incremento acumulado de 100 TCH (Pérez et al., 2011)."

### 3.12.2.2. Aplicación de vinaza Pura

A pocas semanas del inicio de zafra se inicia la destilación y la producción de vinaza. La cosecha aun no avanza en grandes superficies y no se disponen de has suficientes para prácticas de riego. Frente a ello, se riega con vinaza sin dilución hacia campos recién cosechados. La aplicación se realiza con equipos de aspersión vía cañón, denominado Rolapi a una tasa variable entre 50 y 150 m<sup>3</sup> por ha. Estos caudales equivalentes a un aporte entre 5 y 15 mm de vinaza aplicada.

**FG108: Caños aspersión aplicador de vinaza en Ledesma SAAI**



### 3.12.2.3. Gestión de efluente Ingenio San Isidro

Ingenio San Isidro, en 4500 has propias cultiva caña orgánica. Los aportes nutricionales de los efluentes industriales son indispensables para llevar adelante su estrategia productiva.

La vinaza es derivada de 2 maneras distintas. Al inicio de zafra, sin muchos campos cosechados, la vinaza es aplicada en pilas de compostaje cuya mayor contribución es la cachaza, junto con cenizas de calderas y bagacillo proveniente del proceso industrial. Cuando la cosecha entrego áreas de caña que se encuentran aguas abajo del Ingenio y tienen dominio de riego, derivan vinaza para regar las 1500 has, de las 4500 que cultiva el Ingenio.

### 3.12.2.4. Gestión de efluentes Ingenio La Esperanza

El área total bajo cultivo con caña en Ingenio La Esperanza de Jujuy es de 10.000 has. 6200 has tienen dominio del agua saliente de la industria. La vinaza y la cachaza se disponen por esta vía.

### 3.12.2.5. Gestión de efluentes Ingenio Rio Grande

El Ingenio Rio Grande destila y deshidrata algo más de 17.000 m<sup>3</sup> de bioetanol anualmente. Esto da como resultado una producción aproximada de 21.000 m<sup>3</sup> de vinaza al año. Con una situación similar al Ingenio Ledesma, cuenta con más 3200 has de campos con cultivo de caña de azúcar aguas abajo del emplazamiento de la planta de alcohol. Este le permite incorporar los 8 a 9 litros/segundo de caudal de vinaza junto con el caudal de 400 litros/segundo de aguas que son evacuada desde la industria. Estas mismas aguas también son el vehículo de transporte de cachaza. Ambos efluentes, que provienen del sector agrícola, son restituidos vía irrigación a los campos de donde provienen con una relación 50:1. (Agua -vinaza). Esta práctica agrícola de fertirrigar se realiza durante el periodo de zafra coincidente con el periodo de riego. Sin dudas que los beneficios analizados precedentemente generan los mismos resultados.

### 3.12.3. Gestión de efluentes en la Provincia de Tucumán

La EEAOC en la publicación avance agroindustrial, 43-1 describe las características de la gestión y disposición de la vinaza en Tucumán.

Allí se describe lo siguiente:

El 60 % de la vinaza es aplicada en suelos productivos.

- De este total el 70 % aplica el efluente crudo vía camión tanque o vía cañón aspersor Rolapi
- El resto, 30 % aplica vinaza diluida en relación agua vinaza 20:1 por riego por gravedad

El 40 % restante en suelos improductivos.

La relación alcohol -Vinaza depende de la materia prima.

Vinaza a partir de jugo la relación es 1:10

Vinaza a partir de melaza 1:12

En suelos productivos la vinaza se aplica hasta un máximo de 150 m<sup>3</sup> de vinaza por ha y año.

En suelos productivos en pre-plantación, hasta un máximo de 300 m<sup>3</sup> por ha.

En suelos no productivos la vinaza se aplica hasta un máximo de 300 m<sup>3</sup> por ha y año. Esta aplicación es secuencial, 8 mm de vinaza por semana. Mayor mm en periodo seco y altas temperaturas (primavera).

El 50 % de las destilerías producen entre 100 y 150 m<sup>3</sup> de alcohol por día.

El 80 % de las destilerías extienden su periodo de destilación a más de 150 días.

La EEAOC, a lo largo de años de investigación sugirió que los volúmenes de aplicación de vinaza en sectores agrícolas podrían variar entre 50 y 150 metros cúbicos de vinaza por ha. En la Tabla 87 se evalúa la superficie de cultivo necesaria para disponer la vinaza producida según distintos niveles de producción y caudales por hectárea.

**TB87: Requerimiento de superficie según volumen de aplicación por ha**

Producción de alcohol (m <sup>3</sup> )	Producción de vinaza (m <sup>3</sup> )	Requerimiento de has. según caudal aplicado		
		50 m <sup>3</sup> /ha	100 m <sup>3</sup> /ha	150 m <sup>3</sup> /ha
1.000	10.000	200	100	67
10.000	100.000	2.000	1.000	670
50.000	500.000	10.000	5.000	3333

### 3.12.3.1. Gestión de efluentes en Ingenio Florida

Las instalaciones muestran un abordamiento integral para resolver el difícil problema que el Ingenio tiene con los efluentes líquidos como sólidos.

Para ello, a 5 kilómetros se alistó un predio de 70 has. En 17 se realiza la disposición y concentración de la vinaza y los 53 restantes para disposición de residuos sólidos como también la vinaza concentrada luego del tratamiento de evaporación. Los sólidos aportados son la cachaza, cenizas de calderas como también todo residuo orgánico del proceso industrial. El objetivo final es la producción de biofertilizantes que le permita convertir en valor lo que hoy es un pasivo. Cuenta con 10 bateas de 25 m<sup>3</sup> para el retiro de cachaza y cenizas y otros materiales orgánicos que forman parte de los productos a ser tratados y convertidos fertilizantes orgánicos.

Instalación de 2 filtros de separación de cenizas de agua de lavado de scrubbers con tecnología Tabacal.

Vinazoducto de 8,5 kilómetros enterrado a 1,5 metros en todo su recorrido. Se transportan 200.000 litros /hora la vinaza con más de 86 °C de temperatura hasta el campo de disposición. Para el transporte no se requiere bombeo ya que el gradiente de 30 metros de desnivel en los 8,5 kilómetros le permite transportar este volumen sin bombeo. El vinazoducto de polipropileno permite derivar vinaza a altas temperaturas con un diámetro de 12 pulgadas.

Luego de descargar en una pileta de recepción, es bombeada por cañerías hacia aspersores fijados en columnas de aproximadamente 8 metros desde donde es asperjada con un tamaño de gota muy pequeño.

El área donde se opera los efluentes sólidos como líquidos son 70 has de Campo. Allí se disponen 17 has de sector de evaporación forzada y 53 has. para pista de compostaje.

La vinaza es derivada primeramente a 2 cámaras donde están instaladas 7 bombas de 30 HP que derivan la vinaza a 7 líneas de caños con columnas de 8 metros que en su parte superior tienen aspersores evaporadores. Operan solo 3 bombas simultáneamente y las restantes de reserva. Cuentan en dicho punto con una línea eléctrica que abastece el requerimiento energético de los equipos de bombeo.

Un equipo mezclador de compost desarrollado por Empresa Local que permite procesar los sólidos orgánicos en largas filas de compost. La humectación del compost lo realizan con la vinaza que ya ha sufrido un proceso de concentración aún mayor.

Cuentan con camiones tanque para distribuir en campos de cultivo la vinaza concentrada por los procesos antes mencionados. El compost, una vez procesado y transcurrido el tiempo de maduración con la consiguiente reducción de volumen, es derivado a sectores de cultivo en campos propios como de terceros.



Cuentan con filtros separadores de cenizas tipo "Tabacal", sencillos y de bajo costo los que entregan para el agua en condiciones para su reciclado.

Como la recepción es continua, para solucionar inconvenientes en caso cortes de E.E. cuentan una pileta de reserva que permita recepción alternativa en caso de parada.

### **3.12.3.1. Gestión de efluente Ing. Leales**

Leales como primera medida de gestión y manejo de la vinaza, la concentro a valores de 25 gados brix, lo que permitió administrar un volumen mucho menor. Desarrollo un modelo de gestión de compost todos los residuos orgánicos provenientes de la producción industrial Ingenio. Entre sus alternativas implementadas de disposición han desarrollado la aplicación a campo con camiones que cuentan con bombas de caudal que les permiten distribuir la vinaza a lo largo de los distintos sitios y acceder a predios que se encuentran a distancias medias. El compostaje elaborado a partir de cachaza del propio ingenio a lo que le suman cenizas y fibras varias también es una alternativa de disposición de vinaza. La humectación requerida es aportada por la vinaza concentrada siendo también derivada a campos propios principalmente

### **3.12.3.2. Gestión de efluente Ing. Trinidad**

Es el único Ingenio que incorporó a escala piloto una planta de tratamiento de vinaza con tecnología UASB de flujo ascendente. Lo hizo con colaboración y tecnologías de la Universidad Pontificia de Santiago de Chile. El volumen a tratar era menor, menos del 10 % de la producción de vinaza del Ingenio. Hoy por inconvenientes operativos no está en operación.

La vinaza es distribuida en sectores propios de caña como en campos no aptos para caña de azúcar. Las experiencias de incorporar pasturas a sectores regado con vinaza, son campos que la Empresa Ingas opera como receptora y administradora del efluente, adicionando la experiencia de pasturas con fines ganaderos.

### **3.12.3.3. Gestión de efluente Ing. Concepción**

Ingenio concepción es uno de los pocos ingenios que gestiona la vinaza en campos propios bajo la modalidad de riego, previa dilución con agua provenientes del sector industrial.

El 90 % de la vinaza se deriva a fertirriego y que solo el 10 % es aplicada en sectores no productivos. El retiro de la vinaza desde la industria está resuelto con intercambiadores que reduce la temperatura del efluente desde destilería y evita el daño del vinazoducto por efecto de elevada temperatura.

Las cenizas son derivadas a 2 decantadores de 250 metro de largo, 16 metros de ancho y 4 metros de profundidad ubicados dentro del predio del Ingenio, El volumen total de almacenaje de cada una es de 16.000 m<sup>3</sup>. Para una rápida decantación se agregan floculantes al agua proveniente de los lavadores de gases Se retiran 600 toneladas/ día y son depositadas en el entorno del predio Industrial. La cachaza es retirada con camiones y aplicada principalmente en sectores de renovación con el agregado de vinaza adicional.

### **3.12.3.4. Gestión de efluente Ing. Bella Vista**

La vinaza tiene un sistema de control a partir de documentación que parte desde punto de generación, determinación de volumen, transporte a sitio de disposición autorizado y evaluación de caudal aportado por ha. Cuenta con trazabilidad de cada salida, respaldado con documentación de equipo de transporte y peso del efluente transportado. La normativa que rige el sistema de control de la vinaza y su forma disposición parte de la resolución 148 de la SEMA (Secretaría de Medio Ambiente).

La cachaza se obtiene a partir de filtros de banda. Al igual que la vinaza, la cachaza es derivada a terrenos de barbecho previamente identificados, geo referenciados y autorizados por la secretaría de Ambiente. Cuenta con un registro trazable desde punto de generación, pesaje de cada viaje y disposición en sitio autorizado.



La cachaza es retirada con camiones de 8 m<sup>3</sup> de capacidad. El peso varía entre 11 y 13 toneladas. A 7 kilómetros de distancias la rutina de ida y regreso es de 50 minutos a 1,10 horas de ida y tiempos similar de regreso, dependiendo de las condiciones del camino. La demora en cargas el camión está en relación a la actividad de la fábrica, pero en tiempos normales de molienda, el camión se carga el 45/50 minutos.

Pesan al salir y descuenta la tara del ingreso anterior, lo que determina el neto transportado. Esa documentación de pesaje es el registro que debe ser anexado en la planilla de información diaria e movimiento de cachaza hacia sectores agrícolas previamente georreferenciados y autorizados y documentados en el PRI.

La ceniza tiene un circuito de control idéntico al de la cachaza, pero su retiro no es continuo. Cuenta con 3 filtros de retención de cenizas, símil Ingenio Tabacal, que le permite acumular este residuo de proceso y retirarla al momento que se cuentan con los medios y los equipos para su vaciado.

### **3.12.3.5. Gestión de efluente Ing. Santa Rosa**

El Ingenio cuenta con equipos propios y de terceros que realizan aplicaciones de vinaza directamente a sectores de cultivo sobre campos propios que se encuentran cercanos al Ingenio.

### **3.12.3.6. Gestión de efluentes Ingenio Marapa**

Otra alternativa distinta la desarrolla el Ingenio Marapa, distribuyendo la vinaza en sitios no productivos con riego por gravedad en surcos de corta longitud, buscando una distribución lo más homogénea posible en el perfil del suelo. También parte de la vinaza como la cachaza son distribuidas en campos de proveedores de caña ya que Marapa no cuenta con campos con caña propia.

### **3.12.4. Control de aplicación de efluente**

#### **3.12.4.1. Control y gestión de efluente Empresa Ledesma**

A pesar de contar con una dilución de agua vinaza superior a 20:1 veces, se instalaron dispositivos de control. Estos permiten evaluar caudal, conductividad y PH. Estos registros continuos permiten identificar variaciones como también hacer balances de caudales entre otras ventajas. Los dispositivos los observamos en las siguientes imágenes:

FG109: Cabina de control y emisión de datos



FG110: Sensor de caudal



FG111: Sensor de pH y cond.



FG112: Control impreso de evaluación de caudal



El control de efluentes no solo permite el monitoreo a distancias, sino que además los eventos son almacenados en una base de datos que permite tener trazabilidad e información de variabilidad de cada parámetro. El acceso a este nivel de información colabora la toma de decisiones sobre mejoras y cambios en los procesos.

### 3.12.4.2. Gestión ambiental en la agroindustria de la Provincia de Tucumán

La autoridad de aplicación de la Provincia, la Secretaria de Medio Ambiente, (SEMA), frente a continuas y frecuentes situaciones de incumplimiento por parte de los Industriales azucareros, desarrollo un protocolo de gestión, incorporando además un sistema de control en tiempo real de todos los puntos de evacuación de efluentes sólidos y líquidos.

El control de efluentes líquidos se realiza con equipo de medición de parámetros ambientales como conductividad, PH y caudal. Dicha información es registrada y administrada por un centro de monitoreo en tiempo real. Los efluentes solidos deben ser dispuesto en puntos georreferenciados previamente declarados.

En las imágenes siguientes pueden observarse los controles de la SEMA en puntos de salida de efluentes líquidos del predio <Industrial hacia sectores de dominio público

#### Equipos de sistema de control de SEMA

FG113: Punto de control



FG114: Equipo de registro y transmisión



FG115: Aforador de control de caudal



FG116: Sensores de control



### 3.12.5. Gestión de efluente en suelos salinos

Campos extremadamente salinos o salinos-sódicos, donde no se cultiva caña por excesiva salinidad son receptores de vinaza pura.

#### 3.12.5.1. INTA. Ensayo con pasturas en suelos salinos y salinos sódico

Analizando trabajos de Investigación en la materia, se identificó un interesante ensayo llevado adelante durante 3 años por la Estación Regional INTA Santa Fe, en Reconquista a causa de tener una extensa región ganadera problemas de suelos por excesiva salinidad y sodicidad en sus perfiles.

El trabajo de investigación<sup>xvii</sup> resume así la situación:

“El departamento 9 de Julio, al norte de Santa Fe, tiene 1.420.000 hectáreas de suelos afectados por problemas de salinidad, o alcalinidad, en los que se concentra la actividad ganadera extensiva de la zona. La productividad de estos suelos se ve agravada por la falta de precipitaciones y la baja disponibilidad forrajera de los pastos naturales, por ello, es necesario contar con especies tolerantes a altas concentraciones salinas y anegamientos temporarios, así como con técnicas de manejo que mejoren la productividad y persistencia de las pasturas allí implantadas.

Se seleccionó Grama Rhode (*Chloris gayana*), una gramínea megatérmica, que permite realizar pastoreo directo, como su reserva en pasto diferido en el invierno y/o la confección de henos de buena calidad cuando se efectúa el corte antes de floración. Esta especie crece bien en suelos arcillosos, tolera altos niveles de sodio (conductividad mayor a 10dsm/m) y se puede establecer en suelos con un amplio rango de pH que varía desde 4,5 a 10”.

Los resultados luego de 3 años de investigación fueron los siguientes:

TB88: Producción de materia seca de Grama Rhode

Producción Materia Seca (Kg MS/ha)					
Cultivar	Especie	año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013
Katambora	Grama Rhodes	14210	9892	15605	10817
Callide	Grama Rhodes	18140	9391	14201	8150
Fine cut	Grama Rhodes	14093	6390	6391	7102
Promedio		15481	8557	12065	8689



Sin dudas que estas condiciones de suelo eran coincidentes con los que se pueden observar en Ledesma, Jujuy, Salta y Tucumán, aledaños a sectores de producción de caña. Estos suelos sin posibilidad para el cultivo de la caña de azúcar fueron parte de un ensayo con pasturas tolerante a suelos salinos.

### 3.12.5.2. Ledesma. Ensayo con pasturas en suelos salinos y salinos sódico

Ledesma inició ensayos siembra de Grama Rhodes, en campos salinos por un lado y en campos salinos sódicos en otro. Las siembras se realizaron durante el periodo de lluvias.

Las aplicaciones de vinaza fueron realizadas previa a la siembra y en alguna de los sectores se realizaron aplicaciones posteriores, con la forrajera ya emergida.

Los resultados los observamos en las imágenes siguientes:

FG117: Grama Rhode en suelos- salinos no apto para caña. Ledesma



FG118: Grama Rhode en suelos salinos - sódicos Ledesma



FG119: Mata de Grama Rhode colonizando suelo salino- sódico. Ledesma



### 3.12.5.3. Finca Ingas SA Tucumán. Ensayo con pasturas en suelos salinos sódico

Idénticas experiencias se llevaron a cabo en Tucumán, En campos salinos ubicados en la llanura deprimida salina. La experiencia se llevó a cabo Fincas Ingas S.A., ubicada en el límite sur del área cañera de Tucumán. Los resultados los observamos en las imágenes siguientes:

FG120: Grama Rhode En suelo Salino- Sódico Finca Ingas Tucumán



### 3.12.6. Sistema de tratamiento

Se analizaron las distintas maneras de disposición de la vinaza en los sectores agrícolas, productivos y no productivos. Las estructuras productivas definen los modos de disposición y los resultados.

Al analizar la caña de azúcar, se distingue como valor de gran importancia, su potencial energético. La agroindustria sustraer de la caña una enorme cantidad de energía a partir del bagazo y del bioetanol, pero de sus residuos, RAC y vinaza, el enorme activo energético aún no ha sido utilizado. Es indispensable que, en esta hoja de ruta, se desarrollen y se analicen las alternativas de tratamiento, biológicos, incineración y combustión o también el proceso de secado.

#### 3.12.6.1. Sistemas biológicos

Los reactores pueden ser tipo UASB o Digestor en todas sus variantes, mezcla completa, flujo pistón, mesofílico, termofílico, baja o alta tasa, etc. El tipo de Reactor como los objetivos que se desean alcanzar, definen los parámetros de funcionamiento, temperatura del proceso, tiempos de residencia del efluente y lodos, recirculación del sustrato, etc.

Entre las distintas alternativas de tratamiento biológicos se selecciona el de **digestión anaeróbica mesófila de baja tasa y mezcla completa** pues presenta características para el tratamiento de un efluente de alta carga orgánica, alta salinidad a lo que se le adiciona una variabilidad importante a lo largo del proceso, tanto por fuente de materia prima como melaza, mieles ricas o jugo de caña como también por características distintas según origen de la materia prima caña de azúcar. Cañas cosechadas que provienen de suelos con elevado contenido de arcillas o de cañas con genética de espontaneum, (Tuc. 77-42 como ejemplo) aumentan hasta un 30 % el tenor de cenizas en jugo en la caña. Estas determinaciones evaluadas en Ingenio Ledesma llevaron de pactar cupos de entregas según puntos de origen y variedad cosechada, buscando no afectar y ni lentificar los procesos en Industria.

Sin dudas esto se traduce también a la vinaza resultante de la destilación de estas melazas o jugos. Solo a modo de ejemplo, Los sulfatos normalmente presentes en el orden de 2000 mg/litro en las vinazas de variados orígenes, puede en algunos casos alcanzaban valores de 8000 mg /litro. Un reactor como este permite absorber estas variaciones y mantener su proceso de metanización estable.



El efecto buffer es logrado en principalmente por el gran volumen del reactor, con una carga de DQO no superior a 3 kilos por m<sup>3</sup> en el tanque de digestión como también el tiempo de residencia de 29 días, que le permite a este diseño seleccionado mantener eficiencias frente a situaciones cambiantes.

El tratamiento seleccionado completo tiene 2 etapas a desarrollar:

- 1- Producción de biogás para ser utilizado como energía térmica o de potencia.
- 2- Gestión y disposición del digestado, post tratamiento.

Para la primera etapa, los procesos que la componen son:

- Digestión Anaeróbica
- Generación de Biogás
- Limpieza y acondicionamiento del Biogás
- Generación de Energía – Térmica y Eléctrica.

Para la segunda etapa los procesos dependerán de las condiciones, emplazamiento y requerimientos ambientales.

- Disposición directa a campo.
- Osmosis inversa
- Floculación y recuperación de lodos

#### Etapa 1 Producción de biogás para ser utilizado en energía.

##### Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas:

1. Etapa Hidrólisis
2. Etapa fermentativa o acidogénica
3. Etapa acetogénica
4. Etapa metanogénica

1-Hidrolisis: se desarrolla sobre partículas y moléculas complejas como proteínas y carbohidratos, las que a través de enzimas producidas por microorganismos acidogénicos, actúan descomponiéndolo en compuestos solubles más sencillos como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga.

2-Acidogenesis. En esta etapa actúan bacteria acidogénicas, las que metabolizan estos compuestos dando lugar a ácidos grasos de cadenas cortas, alcoholes hidrógeno, dióxido de hidrógenos y otros productos intermedios.

3-Acetogénesis: Los microorganismos acetogenicos operan sobre ácidos grasos de cadena corta y otros compuestos, transformándolos en ácido acético, hidrógeno y CO<sub>2</sub>.

4-Metanogenesis. Los microorganismos metanogenicos producen metano a partir de ácido acético, H<sub>2</sub> con un residual de CO<sub>2</sub> como parte del biogás obtenido.

##### Proceso operativo y de funcionamiento.

La vinaza de la destilería es transportada al tanque de refrigeración, sedimentación y eculización con el propósito de enfriar el efluente. La temperatura es variable también según se disponga o no en el trayecto de un intercambiador de placas que levante temperatura, por ejemplo, de jugo

mixto, y colabore en reducir la temperatura en el punto de recepción. De destilería sale entre 85°C a 95 °C. Este activo térmico es importante aprovecharlos en etapas intermedias.

La Vinaza se enfriará bajo condiciones de temperaturas ambientales. Este proceso de enfriado de la vinaza en los tanques de aclimatación colabora con el buen desarrollo y condiciones para las bacterias mesofilas. La dimensión del tanque de aclimatación dependerá del caudal recibido desde destilería. Lo ideal es contar no con un solo tanque de aclimatación sino 2. Los sedimentos que se depositan deben ser retirados con cierta frecuencia. Un solo tanque demandara detener el proceso.

Lo ideal es que la temperatura saliente del tanque de aclimatación al reactor oscile entre 37 y 41 °C. Se estima un tiempo de residencia hidráulico entre 30 y 36 horas. Esto dependerá de la temperatura que se reciba la vinaza.

La vinaza ecualizada y refrigerada ingresara al reactor impulsada por 3 bombas y se contara con 3 bombas de reserva. Los digestores serán tanques de acero remachado con cobertura de membrana flotante de alta duración. La posibilidad de hacerlo con estructura de hormigón armado esta entre las alternativas de constructivas. Dependerá de los costos de una u otra. La altura debe ser de 9 metro y el diámetro final será definido en función del efluente ingresante.

El cabezal de distribución entrante esparce al ingreso el flujo por sobre todo el ancho del reactor. Cada digestor contará además con un dispositivo de mezcla que colaborará en la recirculación del lodo recirculado desde el piso del digestor a la boca de ingreso: Esto permitirá la mezcla con la vinaza ingresante. Esto sirve para reciclar la alcalinidad creada que rondará los 7 de pH dentro del reactor. Homogeneizar ambas corrientes permite avanzar en la ecualización de la vinaza ingresante de un pH cercano a 3,5 -3,8. El gran volumen del reactor sumado con una masa importante de lodo, ayuda al manejo de la carga de choque.

El nivel de sólidos suspendidos totales (TSS) que ingresa al digestor anaeróbico permanecerá dentro de los mismos valores en el efluente. Durante el proceso de digestión anaerobia los sólidos suspendidos que se hallen en la vinaza no sedimentaran debido a que el biogás los mantendrá en suspensión y el nivel de TSS que ingresa en el digestor también será evacuado en el efluente.

La mezcla completa en el proceso tiene por objeto el contacto de sustrato –biomasa, lo que optimiza los procesos de digestión. La baja velocidad del mezclado permite además mantener el contenido del digestor en suspensión, reduciendo la deposición de lodos. Esta es la razón por la que el biodigestor genera bajo contenido de lodos en las bases de los tanques. Cada digestor estará diseñado con una baja carga, alto tiempo de residencia con el objetivo de reducir la carga de DQO en un 65 a 70 %.

La recirculación del lodo puede también ser utilizado positivamente para una remoción de lodo. Sin embargo, la cantidad de desarrollo de exceso de lodo es baja, por lo que hace de esto una operación poco frecuente ya que el digestor provee tiempos prolongados de retención de sólidos (SRT), siendo la mayoría de los sólidos digeridos dentro del reactor y convertidos en biogás.

El biogás, acumulado bajo la membrana de cubierta es removido por medio de un soplador, el cual aplica una presión apenas negativa por debajo de la membrana. No es necesario contar con un almacenaje de biogás, ya que un exceso no demandado puede ser temporariamente almacenado bajo la extensa cobertura flotante si fuera necesario por algunas horas. El biogás generado requiere remoción de H<sub>2</sub>S hasta alcanzar concentraciones de 1% o menores.

Para resumir, el sistema de digestión de biogás cuenta con los siguientes componentes:

- Membrana cobertor del digestor para prevenir escapes de biogás en la atmósfera y proveer almacenamiento temporario después que el biogás se separa del líquido.
- Sistema de Soplado del Biogás para la extracción de biogás para su utilización.
- Sistema Antorcha de Biogás, obligatorio por legislación para su quemado cuando no es utilizado en las calderas.
- Bomba sumergible axial de baja velocidad para mantener homogeneidad en el digestor.
- Sistema de recirculación / retiro de exceso de lodo.

- Sistema de limpieza (extracción H<sub>2</sub>S) del biogás.

#### Producción de biogás

La producción de biogás dependerá del tipo de vinaza producida. Para un cálculo de diseño tomaremos en cuenta una situación de producción de alcohol solo a partir de la melaza producida. No se analiza a partir de jugo directo:

- Relación vinaza:alcohol: 12: 1
- DQO de la vinaza: 80000 mg/litro
- Porcentaje de DQO degradable: 70 %
- Porcentaje de biogás por kilo de DQO digerido
- Concentración del metano en el biogás: 60 %

Análisis de molienda de un ingenio tipo con datos de eficiencias en destilación aportadas por EEAOC:

- Molienda Diaria: 16000 Ton/día
- Producción de melaza. 4% de la caña molida
- Total, melaza producida: 650 toneladas
- Producción de alcohol por tonelada de melaza: 307,68 litros de alcohol hidratado
- Total, alcohol producido por día: 200 m<sup>3</sup> /día

A partir de esta información, la producción de biogás en un reactor anaeróbico de baja tasa es la siguiente:

#### TB121: Balance diario de producción de metano

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>	<b>Parámetro</b>
Producción de alcohol por día:	200	m <sup>3</sup>
Relación alcohol/ vinaza	12,00	Relación
Vinaza total día	2400	m <sup>3</sup>
Concentración de DQO en la vinaza	80000	mg/litro
Carga de DQO por m <sup>3</sup>	80	kg/m <sup>3</sup>
Total de DQO	192000	Kilos de DQO
DQO degradable (69 % de la carga)	132480	Kilos de DQO
Biogás a partir de la DQO (0,53%)	70214	m <sup>3</sup> de Biogás
Concentración de metano en el Biogás (60%)	42129	metano

#### Limpieza y acondicionamiento del biogás

El tratamiento para reducir el H<sub>2</sub>S es necesario debido a que su uso en caldera o en Motores de combustión interna, puede generar daño en los componentes de los equipos por corrosión. También las emisiones podrían no cumplir con los límites de emisiones permitidos.

Valor calorífico luego de la remoción:

Retirar el H<sub>2</sub>S contenido en el biogás no genera pérdida de valor calorífico por su mínima participación. Si se deriva biogás para generación de energía eléctrica a partir de motogeneradores se deben obtener valores finales por debajo de 150/250 mg/l y con ello cumplir con las especificaciones más estrictas de los motores de generación.

Sistema de remoción Biológico:

El sistema de remoción del H<sub>2</sub>S del biogás en forma biológica consiste en uno o más tanques resistentes al ácido con material de soporte constantemente rociada con un depurador líquido. El biogás sin tratar es conducido a través del filtro, donde el H<sub>2</sub>S es disuelto en el depurador líquido. Un proceso biológico convierte el H<sub>2</sub>S en sulfato por una serie de oxidaciones. Los productos de

la reacción son removidos y juntados, y el biogás limpio puede ser conducido para la combustión en el motor de gas. La bacteria de la oxidación del azufre es de la familia de los Thibacillus y requiere de lo siguiente:

Espacio para vivir y multiplicarse (en un medio, material de soporte, dentro de un tanque resistente al ácido, cerrado)

- Sulfuro ( $H_2S$  que contiene biogás)
- Oxígeno (suministro de aire atmosférico)
- Humedad (aguas blandas o gas condensado)
- Nutrientes (nutriente NPK líquido o agua tratada)
- Temperatura entre  $25^\circ - 60^\circ C$

Sistema de remoción con carbón activado:

Planta de biogás de la firma Weltec en Alemania, generan anualmente 27 millones de  $m^3$  de biogás y 14, 5 millones de  $m^3$  de metano. La capacidad de generación horaria es de  $1700 m^3$  de metano/hora. Los biodigestores son alimentados con maíz como materia prima y fuente de energía. Depuran a partir de 2 tanques, módulos de carbón activado que operan alternativamente para poder realizar las limpiezas secuencialmente

Sistema de remoción con Hierro como retenedor:

Investigadoras del Depto. de Ing. Química, Facultad de Ing. Química, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría en una publicación de Ingeniería Hidráulica y Ambiental (Cuba) de abril del 2015, reportan investigaciones sobre la absorción del  $H_2S(g)$  a partir de compuestos de hierro. Las limallas de hierro se colocan en columnas rellenas con otros materiales como el aserrín y se humedecen con agua de manera discontinua. El proceso opera a diferentes presiones y ha permitido remover eficientemente el  $H_2S(g)$ , con un contenido de humedad de las mallas entre el 30 y 60% y un pH entre 7,5 y 8,5. En este método es posible utilizar el óxido de hierro hidratado para la purificación del biogás.

Generación de Energía – Térmica y Eléctrica.

La producción de metano derivada para la producción de energía puede ser aplicada en motogeneradores que aportaran a la red. Puede este biogás ya depurado ser derivado a calderas, en reemplazo de gas de red. Esa derivación requerirá un nivel de presurización según el punto en que sea aplicado. Si se conecta a la red del proveedor deber tener idéntica presión que la que tiene la red del proveedor. Si es aportada en los quemadores de calderas la presión es mucho menor, pero deberá contarse con instalaciones que transporten el biogás hasta ese punto.

Estimación de energía obtenida con motogeneradores:

TB122: Producción de metano y de energía

Balance de producción de metano y generación de EE		
Datos de producción. Periodo de zafra 160 días		
Descripción	Valores originales	Parámetro
	Valores	
Biogás a partir de la DQO (0,53%)	70214	$m^3$ de biogás
Conc. de metano en el biogás (60%)	42129	metano
$m^3$ de metano para generar un MW	236	$m^3$ de biogás
Total de Mw/ día	179	Mw/ día
Total de Mw hora	7,4	Mw / hora
Total días de zafra	160	Días de zafra
Total de Mw/h en zafra	28416	Mw/hora

Para la generación de un kw/h se requieren 3,40 pie cubico de metano que equivale a 0,096227  $NM^3$  de metano, bajo el supuesto de una eficiencia de un motor del orden del 100%. En la

realidad la eficiencia eléctrica es solo algo superior a 40 %, lo que demanda un mayor requerimiento de pie cúbico de metano. Este se incrementa entre 8,30 a 8,40 pie cúbico de metano para obtener 1 kw/hora. Tomando un valor promedio de 8,35, el valor convertido a  $\text{NM}^3$  de metano asciende a 0,236  $\text{NM}^3$  para lograr obtener 1 Kw/h de energía eléctrica. Para un megavatio /hora se requerirán los 236  $\text{m}^3$  de biogás, que es el valor que se describe la tabla de cálculo anterior. Si se aprovechara la energía térmica de los motogeneradores, que ronda el 40 %. la eficiencia integrada asciende al 80 % aproximadamente.

#### Estimación de mitigación de emisión de GEI a derivar a calderas

Si los 42129 metros cúbicos de metano generados diariamente, fueran destinados a calderas, se mitigarían diariamente por este proceso de reemplazo, un total de 82,15 toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente. Para el periodo de zafra el total el acumulado mitigado sería 13.112 toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente. De este total debería descontarse la emisión del efluente digerido como también el consumo por servicios eléctrica de la planta de biodigestión.

### **3.12.6.2. Sistema de Incineración con fuente combustible mixta**

Una de ellas requiere con una etapa de evaporación, para llevar a la vinaza a una concentración del 60 %, concentración mínima necesaria para poder quemarla. Para esto se necesita un sistema de evaporación de cuatro etapas y una etapa final de superconcentración. El aporte energético proviene de 2 fuentes. El 70 % de la vinaza y el 30 % del bagazo con una humedad contenida alrededor del 50 %.

Este proceso comienza con una etapa de evaporación, para llevar a la vinaza de una concentración de entre 5 % y 10 % al 60 %, concentración mínima necesaria para poder quemarla. Para esto se necesita un sistema de evaporación de cuatro etapas y una etapa final de superconcentración.

Una vez concentrada la vinaza es alimentada a través de quemadores especiales, en una caldera de diseño particular (dos cámaras de combustión y altura suficiente), donde se quema en suspensión, simultáneamente con el quemado de un flujo de bagazo sobre la grilla viajera de la caldera.

La relación existente entre ambos combustibles es tal que un 70 % del poder calorífico lo aporta la vinaza y un 30 % lo aporta el bagazo. Hoy consultado el Ing. Gerardo Andreani representante en Argentina de la empresa ISGEC, cuya casa matriz se encuentra en la India, señalan que, por mejoras en el diseño, el requerimiento de bagazo solo será en el futuro del 20 %.

Esta caldera especial es un equipo que, en sus diferentes etapas, en el recorrido del gas de combustión (flue gas), va separando las cenizas que quedan de la combustión de la vinaza, ricas en potasio, y trasladándolas por medio de un sistema neumático, hacia un silo desde donde finalmente se la carga en big bags.

Parte del vapor generado en esta caldera se usa como autoconsumo en los sopladores para su limpieza interior. El resto del vapor se utiliza para generar energía eléctrica y, el vapor de contra presión del generador se usa en la concentración de la vinaza.

Es un proceso que le da un tratamiento final a la vinaza, que solo tiene como efluente líquido los condensados vegetales de la evaporación, fácilmente manejables con reutilización en procesos o incorporándolo en la corriente de entrada del tratamiento integral de efluentes del complejo. Las cenizas con alto contenido de potasio son solubles por lo que se pueden utilizar, mezclándolas con agua de riego, para disponer de potasio en campos que requieran de ese nutriente.

La generación de energía eléctrica para venta (neta del autoconsumo) es de 5 Mw/h en receso y 3 Mw/h en zafra. al tratar 1.000.000 de  $\text{m}^3$  de vinaza de un ingenio de producción de 90.000 a 100.000  $\text{m}^3$  de alcohol anual. (Caso Ledesma).

En este caso la destilación se realiza en 11 meses y permite una generación más distribuida e instalaciones en equipamiento más reducidas. Si este volumen de vinaza se debería tratar el 6

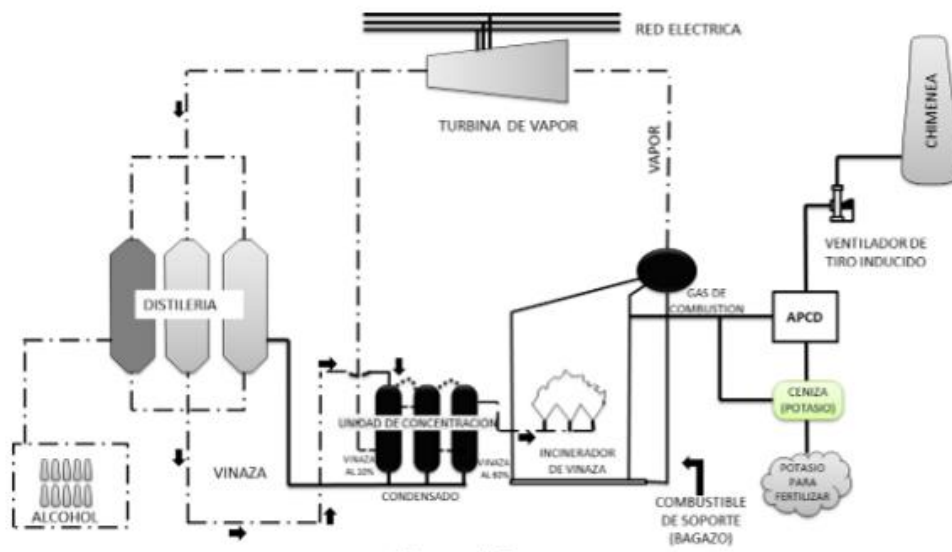


mes, las instalaciones y los costos crecerían en equivalencia a la reducción de tiempo y el incremento de caudal de vinaza generada diariamente.

Esta alternativa es una muy buena solución ambiental para el manejo de la vinaza, pero, dado que tiene un consumo de vapor en zafra, mayor del que genera el sistema, y que en ambos períodos tiene baja generación de energía eléctrica, no es un proyecto donde la generación eléctrica es el aporte más significativo.

Sin dudas que el valor está en las cenizas de Oxido de potasio, que para un uso agrícola adecuado y eficiente, debería convertirse en sulfato o cloruro de potasio. Este proceso requiere de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico, un proceso que debe ser analizado.

FG123: Diagrama de incinerador de vinaza y bagazo



La incineración como el mejor modelo desde el punto de vista ambiental, pero no desde el punto de vista de negocio energético a partir de fuentes renovables, ya que la cantidad de MWH, posible de vender no supera los 3 MW/h.

India está en pleno proceso de expansión de esta tecnología. Entre las instalaciones funcionando podemos mencionar las siguientes:

- Rajshree Chemical Limited: Se ubica en la región de Tamil Nadu. Las fuentes de energía son carbón y vinaza y se encuentra en funcionamiento desde el 2012 con una generación de 30 toneladas de vapor por hora.
- Mankapur Chini Mills: se ubica en la región de Uttar Pradesh. Las fuentes de energía son vinaza y bagazo y se encuentra funcionando desde el 2016 con una generación de vapor de 45 toneladas de vapor por hora.
- Balrampur Chini Mills: se ubica en la región de Uttar Pradesh. Las fuentes de energía son vinaza y bagazo y se encuentra funcionando desde el 2016. Con una generación de vapor de 45 toneladas de vapor por hora.

### 3.12.6.3. Sistema de combustión solo con vinaza concentrada

Alternativa de incineración es una caldera de recuperación, similar a las que se utilizan en el circuito de recuperación el proceso papelerero.

El diseño es similar a una caldera de recuperación, como las que se utilizan en el circuito de recuperación el proceso papelerero. El proceso requiere también una concentración del 60/65 %, fundición y obtención de sales de potasio, que pueden ser convertirse posteriormente en sulfato o cloruro de potasio para uso directo en agricultura. Ambos procesos tienen menos saldo energético que los tratamientos biológicos. El valor como producción final está en la obtención de sales de potasio por un lado y la disposición del 100% de la vinaza por otro. De esta manera se

eliminan potenciales contingencias ambientales futuras que el uso incorrecto del efluente podría generar.

El proyecto contempla una sola planta de procesamiento de la vinaza la que debe ser transportada desde los ingenios productores de alcohol, con una concentración próxima al 25 % a cargo de los ingenios. Involucraría a 10 ingenios en un radio de 80 kilómetros. La concentración también es a 60 ° Brix y el valor final lo generaría principalmente la venta de las sales y potasio.

Como la materia prima debe ser provista por terceros, el proyecto debe tener un acuerdo del aportante de la materia prima con bases sólidas, tanto en lo operativo como en lo jurídico. Es una inversión de gran magnitud por la tecnología seleccionada, lo que requiere que todos los aspectos estén comprometidos. Las figuras jurídicas de los ingenios en la actualidad, se presenta como un importante escollo por la estructura de responsabilidad a través de la figura de arriendo en varias plantas.

Lo observado como resumen, es que el proyecto requiere mayores definiciones y compromisos de partes para ser llevado adelante. Desde el punto de vista técnico sin dudas es un proceso técnicamente aplicable por ser una tecnología ampliamente utilizada en el sector de la industria del papel

#### **3.12.6.4. Sistema de biodigestión y secado a polvo del efluente digerido**

Este sistema es combinado entre digestión anaeróbica con producción de biogás y con dicha energía secar a polvo el efluente digerido. No hay saldo de energía residual, pero se elimina el efluente líquido, transformando el mismo en un polvo comercializable y de bajo volumen. Este sistema es combinado entre digestión anaeróbica con producción de biogás y con dicha energía secar a polvo el efluente digerido. No hay saldo de energía residual, pero se elimina el efluente líquido, transformando el mismo en un polvo comercializable y de bajo volumen. Es idéntico al proyecto de biodigestión anaeróbico, pero sin saldo energético, pero solución plena de carácter ambiental. El saldo y balance económico estará dado por la comercialización de los residuos sólidos del efluente saliente y posteriormente secado.

#### **3.12.7. Costes de inversión**

##### **3.12.7.1. Costo de caldera de incineración**

La inversión para un proyecto de incineración de vinaza que administre y proceso el 100% del efluente proveniente de una destilería de 120.000 litros se estima en 32 millones de dólares. Este costo permitirá contar con instalaciones para la producción de 19 MW de energía para la venta. Debe tenerse en cuenta que la incineración soluciona el 100% del problema, pero requiere el aporte de energía para concentración de la vinaza como también al aporte del bagazo demandado. Ambos procesos son consumos energéticos que deberán ser incorporados como costos operativos y por ende reducirá las utilidades de la generación de energía eléctrica.

##### **3.12.7.2. Costo de un biodigestor**

Para un proyecto de digestión anaeróbica de baja tasa se estima una inversión de 33 millones de dólares con la generación de 7 MW en el periodo de zafra y 12 MW en periodo de receso al operar con vinazas de mayor DQO. En un periodo anualizado de 300 días permitiría generar un promedio de 9 MW/hora. La menor generación tiene como ventaja la casi nula demanda de insumos ni energía demandada para el proceso. Por otro lado, deberán ser tenidos en cuentas los recursos necesarios para la administración del digerido saliente y evaluar sus costos y el balance final resultante.

#### **3.12.8. Análisis de fortalezas y debilidades de los sistemas de tratamiento**

A continuación, se desarrolla un análisis comparativo entre los 2 sistema de tratamiento más extendido en la agroindustria en el mundo. De biodigestores y de calderas de incineración.

**TB89: Fortaleza del sistema de tratamiento de biodigestor**

	<b>Aspectos</b>	<b>Fortaleza</b>
<b>Biodigestor mas turbogeneradores</b>	Económicos	Inversión similar que el proyecto incineración.
		Genera EE apropiada para licitación de E. Renovables
		Tiene los beneficios de una venta de EE a valores altos
		Accede a beneficios impositivos
		Bajo costo de mantenimiento de los bioreactores
	Ambientales	Baja carga orgánica del efluente pero sin calidad de vuelco
		Reduce olores en Lagunas
		Consolida la gestión e imagen de la Empresa
		Genera EE renovable
	Agrícolas	Genera un fertilizante apto y requerido en suelo
		Libera recursos para otras necesidades
		Aplicables en suelos no aptos y producción de pasturas
		Es un fertilizante en déficit en muchas has.
	Operatividad	Tecnología probada y en funcionamiento
		De bajo requerimiento de asistencia y control
		Alto buffer ante contingencias o cambios del efluente

**TB90: Debilidades del sistema de tratamiento de biodigestores**

	<b>Aspectos</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Biodigestor mas turbogeneradores</b>	Económicos	Inversión inicial igual que el incinerador
		A verificar costos de mantenimiento de turbo generadores
		Mantiene el costo de disposición del efluente en campo
		Alto costo de enlace a red
	Ambientales	No resuelve el problema ambiental del sector agrícola por salinidad
		Mantiene los riesgos de vuelco a cauce publico
		Podría ser objetado por las autoridades a aplicación a futuro
	Agrícolas	demanda recursos de tiempo completo
		puede genera, en alguna situación, afectación del cultivo
		En verano con fuertes llluvias se cargan las lagunas
	Operatividad	Recuperación post paradas . A ser evaluado

**TB91: Fortalezas del sistema de tratamiento de Incineradores**

<b>Aspectos</b>		<b>Fortaleza</b>
<b>Incineración</b>	Económicos	Igual Inversión inicial que los biodigestores.
		Reduce costo actual en el sector agrícola
	Ambientales	Elimina potencial impacto ambiental en napas por lagunas
		Elimina problemas de olores
		Consolida la gestión e imagen ambiental de Ledesma
	Agrícolas	Genera un fertilizante apto y requerido en suelo
		Libera recursos para otras necesidades en campo
		Disponibilidad del fertilizante en polvo y de fácil uso
		Es un fertilizante en déficit en muchas has.
	Operatividad	Funciona en INDIA

**TB92: Debilidades del sistema de tratamiento de Incineradores**

<b>Aspectos</b>		<b>Debilidades</b>
<b>Incineración</b>	Económicos	Baja Generación de EE
		Demanda mas vapor que el que aporta en zafra
		Gran estructura y tamaño de instalaciones.
		Baja tasa de retorno en la inversión
	Ambientales	No generar EE renovable o en baja cantidad
		Gran ocupación de espació de instalaciones
	Agrícolas	No tiene debilidades
	Operatividad	No es una tecnología de muchos años
		No asegura que con sustrato de maloja funciones
		Muchos componentes y equipos ¿ Mantenimiento?

## 4. RECOMENDACIONES

### 4.1. Áreas de siembra

El sector azucarero aspira a tener un mayor grado de participación en la oferta energética a partir del bioetanol. La producción actual no estaría en condiciones de crecer significativamente en la oferta sectorial. En algunas campañas, el sector azucarero no cumplió con los cupos otorgados del 6% de participación. Este fue cubierto por el sector maicero.

Esta hoja de ruta busca aportar ideas y alternativas a ser implementadas en un corto y mediano plazo como también sugerencias a ser consideradas para un largo plazo. Esta direccionada a futuras estrategia del sector privado, la propia Agroindustria como también al sector público. También se analizan medidas de largo plazo.

#### 4.1.1. Medidas de corto y mediano plazo

La rentabilidad que tanto el sector agrícola como el Industrial pueden obtener tiene que ser analizada y resuelta en el propio seno de la actividad. Se propondrán medidas de responsabilidad pública pero lo relevante se encuentra bajo la responsabilidad de la propia agroindustria.

El sector industrial no podrá procesar más caña que aquella que el sector agrícola genere. Esto no siempre está considerado como una cuestión de primer orden e importancia.

Tucumán en los 5 últimos ejercicios logró un promedio de 55 TCH. Lo señala el reporte agroindustrial de la EEAOCC<sup>xvii</sup> de marzo del 2022. El reporte sobre Argentina presentado en la Kingsman Miami Sugar Conference reportaba una línea de base de 63 Ton/caña /ha., 8 toneladas más que lo real registrado en los últimos 5 años.

Las entrevistas a productores con buenos resultados, ubicados en áreas de media y baja productividad, reportan producciones próximas a las 65 y 70 TCH. Existe un común denominador entre estos productores. Contaron con recursos para ser aplicados al cultivo y las labores agrícolas fueron realizadas con calidad y oportunamente.

Las evaluaciones y los análisis de zafra 2006, con una producción promedio de 70 TCH a nivel provincial, destacan las condiciones imperantes en ese año agrícola. Fue un año particularmente óptimo desde el punto de vista climático pero lo realmente destacado fue el logro de un precio, en el mercado doméstico, estable y rentable.

No fueron agentes externos a la agroindustria del azúcar. Fue el propio sector, el que acordó medidas comunes de gestión comercial, control de excedentes y acuerdos de exportación determinados. Varios años, con buenas rentabilidades, genero un circuito virtuoso de buenas prácticas agrícolas. Renovaciones del cañaveral, fertilización según demanda y buen control de malezas fueron características de ese periodo.

Hoy las condiciones son aún mejores. La demanda de bioetanol abre la oferta y deprime las contingencias anuales de excedentes, que impactaban de manera directa en precios internos, generando crisis recurrentes y cíclicas en la actividad azucarera nacional.

El azúcar por ciento caña es también un aspecto para mejorar. Hoy Tucumán presenta valores de calidad de materia prima menores que años anteriores El sector de la Investigación, sector industrial y sector Agrícola tiene las herramientas para encontrar alternativas que mejoren la recuperación del azúcar contenido en caña. La oferta tecnológica que la EEAOCC presenta año a año no se traduce en resultados comerciales. Sin duda, un aspecto a mejorar.

Años de crisis y malos precios dieron como resultado menor nivel de renovación, menores recursos aplicados y asignados a la producción y por ende caída de producción a nivel global. Un cultivo semiperenne como la caña de azúcar no se recupera de igual manera que un cultivo anual, a pesar de las bondades que la sacarífera posee.



En el sentido inverso, los años que la actividad se desarrolló y obtuvo mejores resultados fue cuando las metas y objetivos se llevaron adelante con una agenda común. Control de oferta al mercado doméstico, exportación determinada con buenos precios externos o exportando a pérdida cuando el mercado externo estaba saturado y con bajos precios, fue la estrategia para un logro de un precio fortalecido. La ecuación final era gananciosa cuando los compromisos asumidos se llevaron adelante.

#### **4.1.2. Biotecnología y agricultura de precisión**

A mediano plazo variedades transgénicas de caña de azúcar aportaran resistencia a herbicidas, a plagas y a enfermedades. Esta tecnología logrando eventos que aporten más caña y más azúcar % caña, tiene un gran desafío hacia el futuro por las características genéticas compleja de la caña de azúcar.

Eventos biotecnológicos resistentes a sequía brindaran la oportunidad para el corrimiento de la frontera agrícola a espacios de menos pluviometría. Su implementación comercial dependerá de factores tecnológicos y la obtención de buenos eventos transgénicos. Factores extra productivos, como barreras comerciales restrictivas podrían retrasar la transferencia al sector productivo. El panorama futuro se observa alentador y posible.

Agricultura de precisión permitirá generar acciones directas y de mayor impacto. Será una contribución positiva, como ya lo es para quienes la están implementando. Casi todo lo señalado precedentemente puso foco en crecimiento vertical. Mayor producción por unidad de superficie.

#### **4.1.3. Crecimiento territorial en mediano plazo**

Por último, el crecimiento y expansión del área agrícola hacia sectores ocupados por otros cultivos, dependerá de la rentabilidad relativa entre ambos. Si la caña logra alcanzar producciones mayores ya logradas y los acuerdos comerciales de la actividad toda, permiten periodos de buenas rentabilidades, el escenario de crecimiento en reemplazo de cultivos existentes es una posibilidad. Bajos precios y bajas producciones no son estimulantes para un cambio del modelo agrícola. Este crecimiento, reemplazando otros cultivos, es posible en un mediano plazo. La experiencia de crecimiento hacia zonas marginales sin tecnología y buenas prácticas no fue positiva. La EEAOC recomienda incorporar riego si esto fuera posible o implantar variedades que respondan mejor ante fuertes déficit hídrico. Se coincide con la proyección de crecimiento elaborada y presentada en el evento\_Kingsman Miami Sugar Conference.

#### **4.1.4. Medidas de orden público**

El estado no generó un marco de previsibilidad al futuro para quienes son proveedores de bioetanol. El sector azucarero como el del maíz para la producción de bioetanol, vivió momentos de incertidumbre. Se cambiaron condiciones pactadas y acordadas por ley. Leyes con periodo de caducidad determinados, como la de biocombustibles, tampoco estimulan inversiones que demandan visiones y proyecciones de largo plazo. Se propone contar con un marco regulatorio estable y de largo plazo. Hoy esto no es una realidad.

Por otro lado, se propone establecer una metodología que permita Identificar la contribución de las energías renovables a la mitigación del cambio climático, por un lado, como también la metodología que determine la contaminación de toda fuente de energía fósil. A partir de ello, generar el marco regulatorio de un mercado de bonos verdes, emitidos por quienes aportan mitigación para ser comercializados y adquiridos por quienes emiten.

#### **4.1.5. Crecimiento territorial a largo plazo**

El desarrollo de nuevas áreas cañeras en Provincias del Noreste del País será una posibilidad atada a las proyecciones y rentabilidades que el sector azucarero y bioenergética visualice al futuro. Hoy no se observan, salvo algunas propuestas e ideas, que este proyecto de crecimiento en áreas no convencionales para la producción de caña de azúcar sea llevado adelante en medianos plazos.

## 4.2. Métodos de siembra

No plantar, salvo razones fuerza mayor, bajo el modelo de renovar caña sobre caña.

Incorporar cultivos intercalares, leguminosas u otros cultivos de servicio que permita un reseteo de la patogenicidad residual en campos con largo historial de caña sobre caña.

Tener en cuenta el concepto de salud del suelo, junto con el de productividad de la caña.

Avanzar con variantes en los modelos de plantación asociados a la disponibilidad de mano de obra. Incorporar la mecanización cuando la disponibilidad de mano de obra afecte los programas de plantación establecidos.

Iniciar evaluaciones de cambios en los modelos tradicionales de plantación. El uso de semilla debe ser analizado con miras a minimizar la cantidad de caña que se deposita bajo suelo, siendo la caña de mayor valor y de mayor capacidad productiva.

El sistema de plantación a partir de plántulas tiene la virtud de la reducción y minimización en el uso de semilla, reducción de la oferta energética como también ser una opción de ocupación de mano de obra que sería desplazada frente a cambio de mecanización en el futuro.

## 4.3. Métodos de labranza

### 4.3.1. Labranza reducida en preparación de suelos

Roturar el 100% de los campos es una práctica que debe ser modificada como también los equipos e implementos utilizados para la misma.

Asumiendo la implementación de equipos para laboreo en franja, sobre una línea de base de un consumo de 66 litros de combustible por ha a 20,6 con equipo prototipo o 40 con Canterizador, la reducción de costos por un lado y de mitigación de emisiones por otros es de gran magnitud.

Sobre una extensión nacional de 378.000 has, la superficie anual que está involucrada en esta innovación el 15 % de la misma. Representan 56.000 donde esta anualmente se implementarían modelo de preparación en franjas. En un futuro de 50% para cada modelo de trabajo, la reducción sería de 30 litros menos de combustible por ha. Para un total de 56.000 has. sumarían 1.680.000 litro menos de gas oil, pasibles de reducir. En términos de mitigación por la tasa de emisión el gas oil de 2,64 kilos de CO<sub>2</sub> equivalente por litro consumido, implicaría una reducción de 4.435 toneladas de CO<sub>2</sub> mitigados.

### 4.3.2. Control de tráfico

La incorporación de tecnología de piloto automático sobre máquina y tractores, a partir de un diseño y espaciado planificado y digitalizado previamente, es el camino seguro que garantiza y minimiza compactación. Aunque no se cuente con diseños de distancias entre surcos idénticos al ancho de la máquina de cosecha, colaborara a que la compactación se realice siempre sobre un mismo espacio, evitando que más del 80 % del campo haya sido transitado por las cosechadoras, máquina que con 12000 kilos de peso más contribuye a los procesos de compactación, junto con el transporte.

### 4.3.3. Espaciado entre surcos

Cambios de espaciado de 1,80 entre surcos, y estos plantados con 2 líneas separadas entre ellas por una distancia de 0,4 m es la configuración ideal para minimizar compactación. Ese diseño, por su distribución u ocupación del espacio aéreo, tiene una tasa de intercepción de luz mayor que un modelo tradicional de una sola línea de caña, separada a 1,6 m. con surcos simples o pareados. Esta mayor intercepción permite tener una tasa de conversión de materia seca por ha mayor. La complejidad de este cambio está en los cambios a introducir en equipos de transporte

principalmente. Requerirá que, al campo, al momento de cosecha, solo ingresen equipo de auto vuelco con distancias de su cubierta que estén adaptados al nuevo diseño.

#### **4.3.4. Labranza para el cultivo de caña**

Lo observado, al igual a que la preparación de suelos para renovación, con la indispensable cobertura del RAC depositado en campo, ofrece una reducción del orden de 16 a 21 litros de combustible. Estos valores están relacionados con los 27 y 23 litros de consumo en los modelos de cultivo y roturación vs los 7 litros que se consumiría si adopta el modelo de no roturación.

Esto no se puede cuantificar en términos globales por carecer de información de las has adoptados por uno u otro modelo.

#### **4.3.5. Contribución de nutrientes y reducción de emisiones**

La contribución de nutrientes es variable según se retire el RAC con fines energéticos. Las quemas de campos cosechados en verde se transforman en una pérdida por nutrientes no incorporados por un lado y por el crecimiento de emisiones a pesar del modelo de cosecha adoptado sea sin quema.

Este balance será más o menos favorable a medidas que el RAC se mantenga en el campo y solo se reduzca su contribución por retiro con fines energéticos.

#### **4.3.6. Cultivo intercalar de leguminosa**

Esta práctica, en franco crecimiento, se está convirtiendo en una práctica indispensable. Genera reducción en el consumo de herbicidas como también reducción de fertilizante en caña planta como la reducción de a media dosis de fertilizante en soca 1.

La reducción en el consumo de herbicida es de difícil cuantificación, pero la de fertilizante en planta, eliminando la habitual media dosis y la reducción a media dosis en soca 1 (segunda cosecha) si son evidencias de prácticas ya adoptada por productores. La dosis promedio por ha es de 200 kilos de ureas al 46 % de nitrógeno. Esto representa un aporte de 92 kilo de nitrógeno. En caña planta esa dosis se reduce a la mitad., 46 kilos de nitrógeno. Bajo un modelo de cultivo intercalar con leguminosa, esto no se aplica.

En soca 1, habitual una aplicación de 96 kilos de nitrógeno por ha, se reduce a media dosis. Esto represente una merma de 46 kilos de nitrógeno por ha. Asumiendo una renovación del 15 % del cañaveral, 56000 has, por planta reducen 2576 toneladas y por soca 1 una cantidad idéntica.

Con miras a estimar y cuantificar la mejora, es necesario conocer la cantidad de las 56.000 ha. que ya están bajo un modelo de rotación. Esa información no tiene registros estadísticos disponible.

### **4.4. Métodos de cosecha**

#### **4.4.1. Sector Agrícola**

##### **4.4.1.1. Inmediatas**

- Cosecha de caña en verde con control de velocidad de extractores que garanticen un nivel mínimo de pérdidas;
- Cañaverales de bajos tonelajes debe garantizarse limpieza con no más de 900 RPM en extractor y velocidades controladas;
- Trozado de caña de tamaño de 20 a 23 cm de longitud. En cañas delgadas y de baja producción esto debe ser una norma estricta;
- Evitar mejorar el trash en caña operando los extractores arriba de 900 en carga;
- Control de presión de corte en máquinas momento de cosecha;
- Capacitación a operadores y tractoristas. Hoy la tecnología incorporada en las maquinas requiere capacitación especial sobre el uso de la tecnología y la digitalización de los sistemas de control y performance.

#### **4.4.1.2. Mediano y Largo plazo**

- Incorporar pilotos automáticos al momento de plantación de caña;
- Cosechar con piloto automático incorporando diseño de plantación;
- Incorporar dispositivo de control automático de presión de corte en maquina;
- Incorporar carros auto vuelco en todos los frentes de cosecha. Se debe evitar la compactación que equipos transitando dentro de los campos;
- Incorporar tecnología en máquinas cosechadoras con dispositivos de producción y variaciones de TCH en la superficie cosechada como también evaluación entiempo real de tasa de cosecha y tenor de trash contenido en caña.

#### **4.4.2. Sector Industrial**

##### **4.4.2.1. Inmediatas**

- Acordar con productores niveles de trash que no exijan tasas de limpieza que sean causas de pérdidas en campo;
- Garantizar un índice de preparación entre 90 a 91 % a 90 % de celular abiertas;
- Fidelizar productores con Ingenio, optimizando distancias de caña disponible al Ingenio más cercano. Grandes distancias la eficiencia del transporte y la hora efectiva de cosecha de cada máquina. Cuanto mayor distancia, crecen los improductivos por falta de vacíos en el frente de cosecha. La rentabilidad se reduce para el conjunto;
- Evitar acuerdo contractual de parámetros fijos con los productores (azúcar por toneladas y trash a valores fijos) Deteriora la evaluación real de la calidad de la caña.

##### **4.4.2.2. Mediano y Largo plazo**

- Incorporar sistemas de limpieza en seco en fábricas de azúcar;
- Incorporar RAC al sistema energético.

#### **4.4.3. Desarrollo de minifundistas**

##### **4.4.3.1. Inmediatas**

- Transferencia y asistencia con material genético de alta calidad. Estaciones Experimentales de Tucumán;
- Promover programa de asociatividad no solo comercial sino de servicios;
- Capacitación en gestión contable y de planes de producción.

##### **4.4.3.2. Inmediato y Mediano plazo**

- Incorporación de maquina cosechadoras no autopropulsadas. Habilitar líneas de crédito para su adquisición;
- Acceso a financiación que garanticen recursos para gestión productiva.

#### **4.4.4. Sector Público**

- Gestión de créditos y financiación para adquisición de equipos a ser utilizados en servicios asociativos del conjunto;
- Financiamiento, (no subsidio) para procesos de producción. Plantación principalmente.

#### **4.4.5. Sector Público y Privado**

##### **4.4.5.1. Control de Incendios**

- Desarrollar protocolo de control fuego de carácter preventivo en sector público y privado;
- Contar con equipamiento y personal capacitado en municipios o comunas como en productores e ingenios para asistir frente a incendios;
- Contar con digitalización de focos ígneos en tiempo real y con líneas de comunicación rápida y efectiva;
- Adherir a la certificación de control y protocolo de incendios. Buenas prácticas de control gap;

- Extremar controles meses de agosto y septiembre en 3 municipios críticos. (Leales, Cruz Alta y Sínoca).

#### **4.4.6. Sector donde impactan las recomendaciones**

##### **4.4.6.1. Económico**

- Todo el proceso de control de pérdidas en cosecha;
- Fidelizar productores.

##### **4.4.6.2. Económico y social**

- Apoyo a minifundistas en capacitación y transferencia tecnología;
- Apoyo con financiamiento;
- Limpieza en seco.

##### **4.4.6.3. Económico, social y ambiental**

- Control incendio. Evita pérdidas, evita contaminación, impacto social en ambiente sano;
- Maquinas cosechadoras con tecnología de control.

#### **4.5. Las variedades transgénicas**

El mejoramiento genético por cruzamiento deberá seguir siendo la base de los planes varietales. Los materiales desatacados serán los que mejor se expresen cuando incorporen caracteres deseados a través de inserción génica en sus cromosomas.

Se debe intensificar los aportes a la investigación y desarrollo de esta práctica que retornara a la actividad con una enorme contribución futura.

Los registros de variedades se incrementarán, limitando su uso de manera abierta.

Argentina necesita de una estructura de investigación integrada como Brasil. Será importante lograrlos en el futuro.

#### **4.6. El RAC y su utilización**

La cosecha de caña verde tiene ventajas y desventajas. El sector agrícola es el principal beneficiario de los cambios al eliminarse la quema de la caña previo a la cosecha. Incrementa el total de azúcar por ha.

La industria, en sentido inverso, se vio afectada por los cambios de calidad de la materia prima e inició cambios que mejoras y minimizar los impactos no deseados.

La limpieza en seco ya sea a distancia o en las instalaciones del Ingenio son la alternativa tecnológica que permitirá recuperar la calidad de materia prima para molienda.

Recuperar el 50 % del RAC, generado por la limpieza de cosecha en verde. Este material procesarlo en calderas de biomasa, hasta un 20% de participación.

Las quemas no promovidas por los propios productores y que afectan la disponibilidad del RAC en campo requiere de estructura de detección temprana que evite que un material de alta contribución nutricional o energético se pierda por no contar con recursos oportunos y disponibles. Son solo 60 o 70 días los críticos que, si se logran evitar daños, posteriormente, con mayor humedad esos eventos no son de peligro ni de riesgo.

#### **4.7. La Energía. Nuevas cogeneraciones**

##### **4.7.1. Introducción**



La cogeneración, como generador de energías eléctrica y térmica para la industria, es una actividad de capital intensivo, con periodos relativamente largos de retorno del capital invertido, y por lo tanto necesita para un su desarrollo, de tener otorgado un régimen regulatorio transparente, estable, previsible y sostenible, reflejando entre otros su contribución fundamental para la reducción nacional de GEI, gestionabilidad, calidad y estabilidad de las redes, empleo, y que confiera la seguridad suficiente para que los inversores privados reconozcan tener un límite aceptable de riesgo en sus opciones de invertir en proyectos de renovación y/o de cambio de centrales de cogeneración.

Además, siendo la cogeneración una actividad muy madura, sobre todo la cogeneración basada en ciclos de Rankine de media/alta presión, los que importan al sector azucarero, con un TRL de 9, y no se previendo innovaciones técnicas significativas con impacto en los CAPEX específicos por rangos de potencias nominales (por ejemplo en torno de los 3,3 a 3,6 MME/MWe instalada para el rango de los 15 MWe en la UE, en contra por ejemplo a CAPEX específicos inferiores a 1 MME/MWe instalado para el solar FTV), estos CAPEX específicos son bien conocidos y sus variaciones tienen tradicionalmente que ver con varios factores ajenos a la tecnología, incluyendo la evolución en el tiempo de los precios de mercado de los materiales de construcción. Concluyendo este punto, los CAPEX específicos de la cogeneración son razonablemente conocidos con algunas variaciones función del momento comercial, y no tienen posibilidades a días de hoy de competir con los LCOE de mercado de otras tecnologías RE como las no-gestionables VRE eólica y solar FTV (solas o con almacenamiento parcial).

Sin embargo, la cogeneración presenta ventajas sustanciales respecto a las tecnologías VRE como la eólica o la solar FTV, por lo que una comparativa simple solamente basada en conceptos como el LCOE, no es adecuada, e incluso no tiene sentido. De hecho, las comparativas entre los diferentes tipos de generación de electricidad son obviamente necesarios para la toma final de decisiones, pero si comparando todas las ventajas e inconvenientes de cada tecnología, y no solamente comparando los precios posibles de venta de electricidad. **De hecho, la contribución real total de cada tecnología de generación de electricidad para un sistema eléctrico incluí no solo (1) la garantía de suministro de electricidad a un determinado precio, pero también (2) la garantía de potencia, (3) la garantía de calidad de red, y (4) la contribución para la reducción de GEI.** Por lo tanto, respecto a la cogeneración las ventajas que deberán tenerse en cuenta en una comparativa de contribución real total con las demás alternativas de generación de electricidad son las siguientes:

- ✓ Su gestionabilidad: la cogeneración es una tecnología gestionable, lo que quiere decir que garantiza potencia a la red 24 horas al día, 7 días por semana. O, visto desde otra perspectiva, cuando solamente usadas en autoconsumo, sin inyección de electricidad en la red, garantizan no importaciones de electricidad de la red. Las tecnologías VRE no tienen esa posibilidad, mismo que los nuevos proyectos sean acompañados por una capacidad interna de almacenamiento de 20%, de acuerdo con la tendencia de las últimas recomendaciones internacionales. Y, cómo el suministro de electricidad a una red pública nacional se define por sus garantías tanto de suministro de cantidad de energía (electricidad) como de garantías de potencia y calidad de suministro, las tecnologías VRE tienen ventajas sobre la cogeneración respecto al precio final de electricidad suministrada, pero la cogeneración tiene una muy importante ventaja sobre las tecnologías VRE respecto a su capacidad de garantizar potencia al sistema nacional, y a hacerla con la calidad demandada por una red moderna. Obviamente, a esas capacidades añadidas de la cogeneración, no posible de acompañar por las tecnologías VRE, deberá corresponder un premio para la cogeneración;
- ✓ Su calidad/estabilidad de generación de electricidad: siendo una tecnología con la capacidad de producir electricidad con gran estabilidad, la cogeneración contribuí para la estabilidad de los diversos parámetros de calidad de la red (tensión, frecuencia, armónicas) al revés de las tecnologías VRE como la eólica o la solar FTV que tienen la tendencia de perturbar la calidad de servicio de la red. Por eso, es del interés del gestor de una red pública incrementar al máximo la componente de cogeneración en la mezcla energética nacional de RE;
- ✓ Su producción conjunta de calor y electricidad: las tecnologías VRE de referencia además de solo tener capacidad para suministrar electricidad a un industrial de una forma complementaria a una otra fuente gestionable, no tiene capacidad de generar energía

térmica, por lo que esta última tendría de ser producida por un proceso térmico dedicado, se perdiendo la sinergia de producción conjunta, luego bajando sustancialmente el rendimiento global conjunto. De hecho, cogeneraciones suministrando energías eléctrica y térmica a un usuario industrial, pueden alcanzar rendimientos globales de conversión superiores a 80%, lo que hace la cogeneración la tecnología con el mejor aprovechamiento de la energía del combustible de base;

- ✓ Su capacidad de generar empleo: la cogeneración conlleva un nivel sustancialmente superior de empleo en su O&M que las tecnologías VRE no pueden acompañar, ya que tienen asociado un muy bajo nivel de empleo. Además, la cogeneración, sobre todo las cogeneraciones basadas en combustibles RE como la biomasa, en conjunto con las industrias usuarias asociadas, tienen tradicionalmente asociado un nivel de empleo local en toda la cadena productiva, tanto aguas arriba como aguas abajo, bastante superior al nivel de empleo generado por la generalidad de las demás tecnologías RE y/o VRE;
- ✓ Y finalmente, las cogeneraciones, cuando basadas en combustibles RE como el caso del sector sucroalcoholero, tienen la ventaja sobre todas las tecnologías basadas en combustibles fósiles, de contribuir para una importante reducción de GEI.

En ese sentido, se recomienda la adopción por el sector público de las siguientes medidas:

#### **4.7.2. Recomendación de medidas a adoptar por el sector público**

En una etapa inicial, el desarrollo a un nivel nacional de un primer borrador de un estatuto/marco regulatorio específico abarcando toda la cogeneración en Argentina, y no solamente la cogeneración asociada al sector azucarero, con objeto de evitar inaceptables discriminaciones negativas en los demás sectores de actividades económicas que tradicionalmente utilizan esta tecnología de producción conjunta de calor y electricidad, sea basada en combustibles renovables o fósiles:

- ✓ Papeleros y pasteros;
- ✓ Alimentario;
- ✓ Refinerías;
- ✓ Hospitales;
- ✓ Piscinas públicas;
- ✓ Aeropuertos;
- ✓ Hoteles;
- ✓ Complejos deportivos;
- ✓ Industria química;
- ✓ Industria del vidrio;
- ✓ Industria textil;
- ✓ Industria cerámica, azulejos, yesos y cemento.
- ✓ Centros comerciales;
- ✓ Redes de climatización de distrito o "*district heating*";
- ✓ Etc.

con independencia de las opciones técnicas de ciclo de cogeneración a utilizar:

- ✓ Ciclo de Rankine, con turbina de vapor en contrapresión
- ✓ Turbina de gas en ciclo abierto
- ✓ Turbina de gas en ciclo cerrado
- ✓ Motores de combustión, incluyendo los de biogás
- ✓ Micromotores
- ✓ Microturbinas
- ✓ Motores Stirling
- ✓ Motores a vapor

seguida de una deseable discusión pública, y finalmente la adopción oficial de un estatuto/marco regulatorio para la actividad de cogeneración;

#### 4.7.3. Recomendación de adopción oficial de un estatuto/marco regulatorio para la actividad de cogeneración

Se recomienda que un nuevo estatuto/marco regulatorio, siga los siguientes principios para **nuevas cogeneraciones**:

1. La aceptación que toda la electricidad neta generada por la cogeneración, incluyendo la auto consumida por el usuario asociado, y no solo la electricidad excedente inyectada en la red tiene los mismos méritos medioambientales en la reducción de GEI. De hecho, teniendo como situación de referencia una industria consumidora de calor y electricidad, generando internamente sus necesidades térmicas, pero demandando toda la electricidad necesaria de la red, se entiende que la evolución por el industrial para la adopción de una cogeneración implica la reducción de la demanda de la red de toda la electricidad generada y distribuida localmente por esa cogeneración, a partir de una cualquiera central lejana, eventualmente basada en combustibles fósiles. Implica igualmente evitar las correspondientes pérdidas en la red de transporte y distribución, por el tránsito evitado de la totalidad de la electricidad;
2. La aceptación de concesión de precios fijos de venta de electricidad a la red, en conjunto con el tiempo garantizado para esos precios, tradicionalmente entre los 15 y 20 años, de manera a poder permitir obtener una TIR mínima de proyecto, pudiendo después del tiempo garantizado, y por lo tanto después de la central ya estar amortizada, ser igualmente tomada la opción de conceder una nueva tarifa de venta de electricidad a la red para el tiempo restante de vida útil del proyecto, más baja que la inicial, pero permitiendo la estabilidad económica de la operación de la cogeneración por su tiempo de vida restante.

Típicamente hay dos sistemas muy distintos que pueden ser usados por el sector público para promocionar en mercado abierto, transparente y atractivo, la instalación de nuevas potencias de inyección a la red, basadas en capital privado:

- 2.1. El sistema basado en subastas con objeto de definir cual podrá ser el mejor precio ofertado por el mercado para el suministro de electricidad a la red;
- 2.2. El sistema basado en precios garantizados de venta de electricidad a la red (o *FIT*)

El sistema basado en subastas ya ha demostrado funcionar muy bien para tecnologías con un alto margen de innovación y sin la necesidad para el inversor de tener que sostener costes (y tiempo) demasiado elevados de evaluación y desarrollo de todas las etapas iniciales de los proyectos, con el objetivo de determinar sus principales variables, a saber: CAPEX, OPEX, producción específica, costes de instalación, costes de logística, costes para licencias, incluyendo las medioambientales, etc. Los llamados "*up-front costs*" en la terminología anglosaxónica. Este es el caso típico de la promoción de nuevos proyectos VRE (eólicos y/o solar FTV), con pocas excepciones como sea por ejemplo la necesidad de conocimiento de requerimientos específicos para conexión a la red. Pero las más relevantes condiciones como sean el potencial del recurso RE, aunque que con posterioridad tenga de ser confirmada con campañas de mediciones, puede hoy ser previamente conocida con una precisión muy elevada solamente con la utilización de la información disponible en la internet.

Un otro muy importante factor de diferenciación es que el recurso RE no tiene cualquier interferencia humana (como por ejemplo la biomasa) y solo depende de eventuales cambios que las condiciones climatológicas puedan tener a lo largo de los años. Por lo tanto, pueden ser calculados con una precisión y certidumbre razonables, y sobre todo no tienen cualquier coste o logística asociado.

Todo esto, conjugado con el muy importante hecho que estos proyectos VRE son, de un punto de vista estrictamente técnico, muy más sencillos que los proyectos de bioenergía, permite la existencia de un gran número de potenciales inversores y candidatos IPP disponibles para aceptar un sistema de concurso basado en subastas para tecnologías VRE como la eólica y/o la solar FTV, pero no para los proyectos de cogeneración y sobre todo cogeneración basada en biocombustibles.

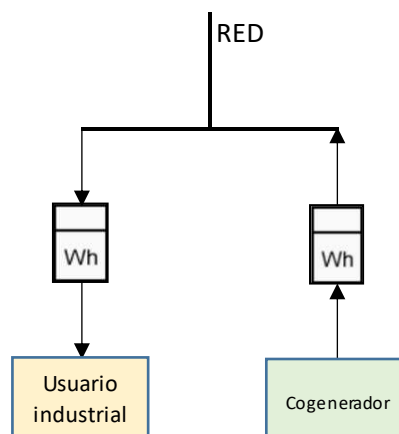
Por lo tanto, los proyectos basados en precios garantizados de venta de energía a la red, están tradicionalmente asociados a proyectos con características muy distintas de los proyectos VRE eólicos o solar FTV, y con costes de desarrollo muy elevados ya que tienen que:

- ✓ Analizar primer la viabilidad técnica y económica de una logística de suministro de combustible, que puede ser compleja, sobre todo para los proyectos basados en biocombustibles, incluyendo la garantía de continuidad de precios de suministro, y sobre todo el riesgo de discontinuidad de suministro por razones múltiples (condiciones climatológicas adversas, incumplimiento contractual de los propietarios de la biomasa, etc);
- ✓ La complejidad técnica de proyectos de cogeneración, y sobre todo de proyectos de cogeneración basados en biocombustibles, muy superior a los proyectos basados a los VRE, y por lo tanto en tiempo (y coste) necesario hasta un su total desarrollo;
- ✓ Por consecuencia de todo el riesgo inherente, la dificultad en negociar y obtener financiación, ya que los procesos de financiación son analizados caso a caso por los potenciales *lenders*, que normalmente imponen restricciones más elevadas al candidato al proyecto, asociadas a interés también más elevados, reflejando un riesgo superior de proyecto;
- ✓ Además, proyectos de cogeneración, sea basados en combustibles fósiles sea en biocombustibles, tienen normalmente un nivel de exigencias muy superior por las entidades medioambientales competentes, debido no solo al impacto que sus emisiones líquidas, atmosféricas, sólidas y de ruido puedan tener, pero también debido a otros factores como la demanda de agua para el proceso. Normalmente, los proyectos VRE tienen un impacto medioambiental muy más bajo, sobre todo ahora para el caso del eólico, en que las turbinas eólicas de las últimas generaciones han bajado sustancialmente sus velocidades de rotación y por lo tanto las emisiones de ruido e impacto en las migraciones de pájaros.
- ✓ Etc

Por todas estas razones, proyectos de cogeneración y sobre todo proyectos de cogeneración basados en biocombustibles, tienen tiempos de maduración de desarrollo muy largos, así como un nivel de riesgos bastante elevado y, en consecuencia, un nivel de costes de desarrollo (*up-front costs*) no comparable con los proyectos VRE tradicionales. Por lo tanto, no corresponden a una tipología de proyectos que pueda ser desarrollada a través de políticas públicas de promoción basadas en licitaciones por subastas, ya al revés solo tienen viabilidad de ser desarrollados basados en un modelo de FIT previamente definido y reconocido como suficientemente atractivo.

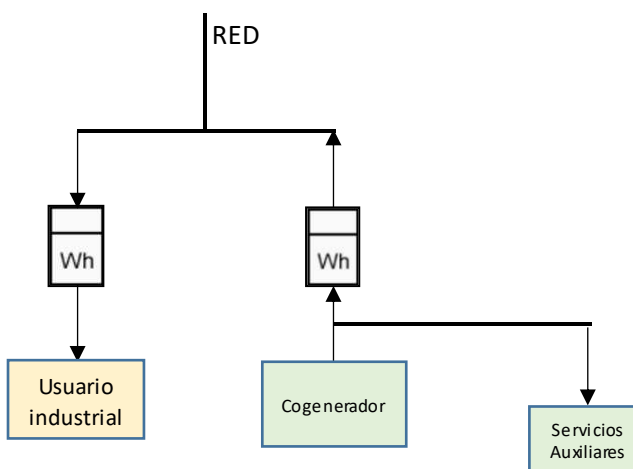
3. La aceptación del principio definido en 2.1 arriba implica la necesidad de adoptar una separación de medición de respectivamente las electricidades consumidas por el industrial y neta generada por la cogeneración, a través de la aceptación del siguiente diagrama unifilar general de medición:

FG124: Diagrama unifilar general de medición



4. En proyectos totalmente *greenfield*, no será necesaria una medición independiente para los servicios auxiliares de la cogeneración ya que su salida se quedará aguas arriba del contador de la cogeneración:

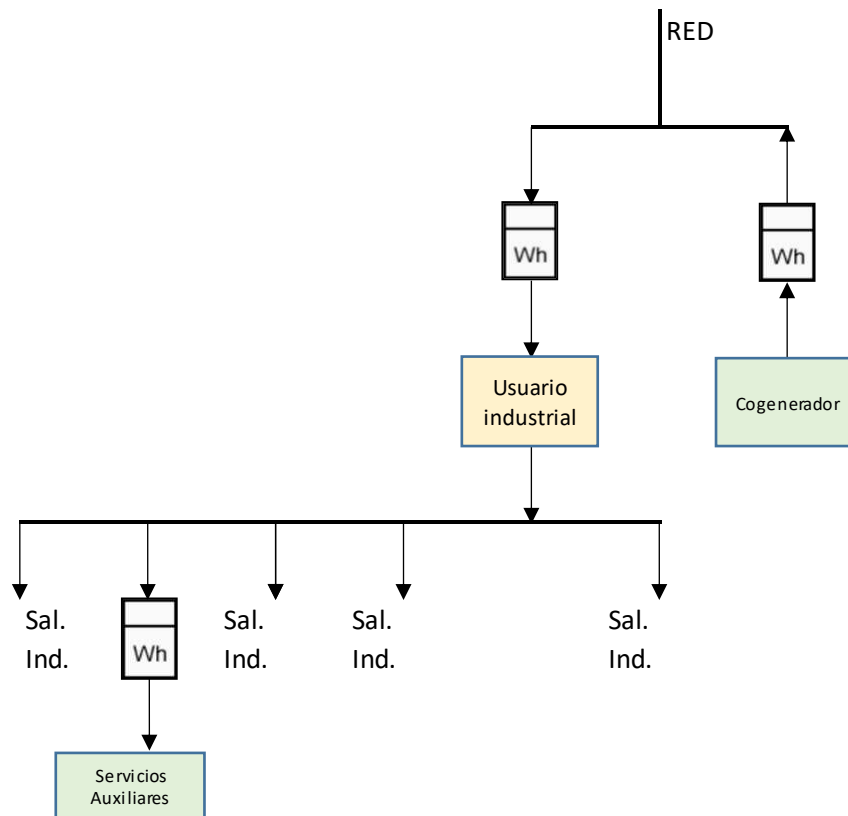
FG125: Diagrama unifilar general de medición para proyectos *greenfield*



Sin embargo, se admite que una parte importante de las nuevas cogeneraciones de “alto Rendimiento” no se desarrollen bajo un concepto *greenfield*, pero sí *brownfield*, donde solo son sustituidas las partes de la cogeneración estrictamente necesarias para incrementar la eficiencia de la central, se quedando las no esenciales, correspondientes a la mayoría de los servicios auxiliares y su red de suministro de electricidad. En muchos de estos casos, es probable que, en el diagrama unifilar existente, los servicios auxiliares de la cogeneración no dispongan de alimentación eléctrica independiente de las demás alimentaciones para el usuario asociado. Para estos casos, y con el objetivo de no complicar y sobre todo no encarecer innecesariamente el proyecto, se recomienda la adopción del siguiente diagrama unifilar, que tendrá una precisión de medición muy alta y por lo tanto una configuración aceptable:



FG126: Diagrama unifilar general de medición para proyectos *brownfield*



- Se recomienda que los precios de venta de la totalidad de electricidad neta a la red tengan idealmente una componente fija conectada con la componente "energía", añadida de una componente variable a establecer función de la eficiencia global de la cogeneración (y por lo tanto de la reducción de GEI), y de una otra componente variable función de la garantía de potencia.

La eficiencia global de la cogeneración podrá establecerse a través por ejemplo de la fórmula inicialmente definida por la Directiva Europea 2004/8/CE (u otra semejante), teniendo como meta obtener en las nuevas cogeneraciones un ahorro de energía primaria de 10% (lo que permitiría su clasificación de cogeneración de "alto rendimiento") respecto a una situación de referencia de base con producciones separadas de calor y electricidad:

FG127: Fórmula de cálculo de eficiencia global de una cogeneración

$$PES = 1 - \left[ \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta}} \right]$$

Siendo que:

- PES es el ahorro de energía primaria
- $CHP H\eta$  es la eficiencia térmica de la cogeneración cuya definición corresponde a la producción anual de calor útil dividida por la cantidad de combustible utilizada en la producción total de calor y electricidad en la cogeneración
- $Ref H\eta$  es el valor de referencia de eficiencia para la producción separada de calor
- $CHP E\eta$  es la eficiencia energética de la cogeneración cuya definición corresponde a la producción anual de electricidad producida en cogeneración, dividida por la cantidad de combustible utilizada en la producción total de calor útil y electricidad en la cogeneración

- Ref  $\eta$  es el valor de referencia de la eficiencia para producción separada de electricidad.

Con posterioridad, la Directiva Europea 2004/8/CE fue sucesivamente cambiada y sustituida por las Directivas n° 2009/125/CE, Directiva n° 2010/30/UE y Directiva n.º 2012/27/UE.

Con el objetivo de promocionar la optimización de las eficiencias eléctrica y global, nuevas cogeneraciones con mejor eficiencia global tendrán acceso a una más alta componente variable, y al revés cogeneradores con eficiencias globales más bajas tendrán acceso a una componente variable más baja. En términos prácticos, y para el sector azucarero, esta discriminación por eficiencia motivará los cogeneradores en la búsqueda de soluciones técnicas más eficientes dentro del ciclo de Rankine, siendo que una posibilidad será la evaluación de nuevos ciclos con presiones y temperaturas más elevadas que el actual nivel máximo de 64 bar y 480 °C.

6. Una nueva cogeneración, solo podrá obtener y migrar para el nuevo estatuto de cogenerador, si lograr una eficiencia global mínima que la clasifique como de "alto rendimiento", diferente por tecnología, o un ahorro mínimo de energía primaria, igualmente diferente por tecnología. Esta disposición motivará los cogeneradores basados en biocombustibles, a seleccionar soluciones que además de eficientes, no utilicen combustibles fósiles en permanente a saber, el gas natural, con las naturales excepciones de las puestas en marcha;
7. Las eficiencias globales serán declaradas por el cogenerador en la fase de solicitud de licencias de la cogeneración, y confirmadas por una entidad certificadora independiente en un plazo de tiempo limitado (a definir), después de la puesta en marcha;

#### **4.7.4. Otras recomendaciones para el sector público**

La aplicación de un nuevo estatuto/marco regulatorio específico para las nuevas cogeneraciones, tal como definido aguas arriba, recomienda también el siguiente por parte del sector público:

1. A que en conjunto sean revisadas y adecuadas las actuales alternativas disponibles de marco legal para las cogeneraciones existentes, a saber, los estatutos de autogenerador, cogenerador y autogenerador distribuido, con el objetivo de eliminar posibles conflictos de marco legal, redundancias, y generar un marco legal uniforme para todo el sector;
2. La ejecución previa de un estudio a un nivel nacional, de la totalidad del potencial de instalación de nuevas cogeneraciones por sectores de actividad económica, tal como listadas en el punto 4.7.2. arriba. Esta recomendación tiene en cuenta el hecho de que, aunque existan algunos estudios sobre el potencial de la cogeneración en Argentina, incluyendo la reciente "Hoja de Ruta para el fomento de la cogeneración en Argentina", de marzo 2021, no abarcan todo el ámbito ahora considerado como necesario, en particular la situación de base de todos los sectores donde hay técnica y económicamente posibilidad de implementar cogeneraciones, su total potencial de crecimiento, propuestas de establecimiento de metas a alcanzar, etc, y por lo tanto no reflejan la totalidad de la realidad actual.

Este estudio, deberá permitir los siguientes conocimientos:

- ✓ La actual situación de instalación de cogeneraciones desglosada por sectores de actividad económica (la situación de base o de referencia);
- ✓ El potencial total de aplicación de la tecnología de la cogeneración, aún desglosada por actividad económica, y en un escenario de medio/largo plazo, idealmente igual al escenario de visión de esta Hoja de Ruta, hasta 2040, pero al menos de 15 años;
- ✓ Por diferencia, el desfase que se queda para extender la cogeneración a su máximo potencial, aún desglosado por sectores de actividad económica;
- ✓ El establecimiento de metas de crecimiento a alcanzar;
- ✓ Y finalmente, con base en el desfase, prever el potencial total final de ahorro de GEI por sector de actividad económica, y los ahorros anuales función de los

cupos de potencia a atribuir. La atribución de cupos limitados anuales es recomendable no solo en términos de gestión de la capacidad de absorción de las nuevas potencias a inyectar en la red, pero sobre todo por el recomendado aguas abajo.

Con base en el conocimiento de los desfases de instalación de la tecnología cogeneración por sector de actividad económica, en un escenario de tiempo idealmente igual al escenario de visión de esta Hoja de Ruda, pero al menos de 15 años, el sector público estará en condiciones de conceder, **de una forma equilibrada entre sectores de actividad económica**, cupos de licencias de nuevas potencias de cogeneraciones, e indirectamente conocer el impacto de nuevas inyecciones de electricidad a la red. El conocimiento solamente "indirecto" de nuevas potencias de inyección de electricidad a la red, siempre importante en términos de gestión de red, tiene que ver con el hecho que los excedentes de electricidad están relacionados no con la potencia eléctrica nominal de la cogeneración, pero sí con la tipología de equilibrio entre demanda de energías térmica y eléctrica, diferentes para cada sector de actividad económica, y con la correspondiente selección de ciclo de cogeneración, por su parte también dependiendo del régimen o perfil de funcionamiento del sector de actividad económica, continuo o no continuo (este último teniendo como un posible ejemplo típico, las cartoneras en el sector del papel, funcionando 1 a 2 turnos por día) y de la dimensión requerida para la cogeneración.

Al revés, el desconocimiento del desfase que se quedará para extender la cogeneración a su máximo potencial, desglosado por sectores de actividad económica, conllevará al riesgo para el sector público, de generar desequilibrios entre los varios sectores de actividad económica en atribución de cupos de nuevas potencias de cogeneración, favoreciendo a unos sectores de la actividad económica frente a otros.

3. Respecto al recomendado aguas arriba, sobre la definición de precios de venta de electricidad a la red, función de la tipología de la cogeneración, su eficiencia global, dimensión, etc, la ejecución de estudios completos técnico-económicos que permitan conocer para cada sector de actividad económica, y para cada:

- ✓ Tipología (ciclo) de cogeneración (tal como definido arriba);
- ✓ Dimensión de cogeneración (su potencia nominal);
- ✓ Combustible usado (renovable, fósil o una mezcla de los dos);
- ✓ Eficiencias eléctrica y global que cada tipo de ciclo de cogeneración pueda alcanzar a un coste razonable,

los precios de venta de electricidad a la red (en un escenario de venta a la red de la totalidad de la energía neta producida) que, en conjunto con la valoración interna del calor producido, puedan permitir alcanzar una determinada TIR de proyecto, aceptable del punto de vista del inversor.

Respecto a la valoración del calor, la práctica habitual tomada como referencia en estudios semejantes en la UE, es la de cuantificar la cantidad de gas natural (y coste) necesaria para producir una cantidad igual de calor usando una caldera dedicada con un rendimiento térmico estándar, normalmente de 90%.

4. De acuerdo con el recomendado arriba, la definición de los precios de venta de electricidad a la red por la entidad competente del sector público argentino, resultará de un estudio completo que los calculará con el objetivo de conceder una rentabilidad adecuada y razonable al inversor privado. Aun así es recomendable que el nuevo marco/estatuto de la cogeneración tenga una disposición previendo la necesidad de al final de periodos de tiempo predefinidos, por ejemplo en cada 5 años, el sector público verifique si las perspectivas de desarrollo de la cogeneración están de acuerdo con las expectativas introducidas por la atribución de cupos anuales, es decir si los cupos anuales fueran usados en nuevos proyectos de cogeneraciones de "alto rendimiento", lo que indicará que al menos las FIT fueran percibidas por el sector privado como bien calculadas, o si al revés el desarrollo verificado está por debajo de las expectativas introducidas por la atribución de cupos anuales, lo que podrá indicar que las FIT tendrán sido percibida por el conjunto de

los potenciales inversores privados como insuficientes. Comprobándose ser ese el caso, la entidad competente del sector público tendrá entonces la oportunidad y la justificación para introducir las necesarias correcciones en las tarifas de venta de electricidad a la red.

5. La correcta valoración de los precios de venta a la red a establecer por nuevas cogeneraciones de alto rendimiento, serán superiores a los precios de mercado, siendo pues necesaria la adopción de un mecanismo que garantice la sostenibilidad de los pagos del extra-coste a los cogeneradores, evitando que dicha garantía sea otorgada por subsidios concedidos por el Estado argentino con cargo a sus presupuestos anuales.

En este sentido, se recomienda que el sector público adopte, como mecanismo de pago de sobrecostes, el actualmente vigente en algunos países europeos, en los que se considera que estos sobrecostes corresponden a un coste del sistema, a pagar mensualmente por todos los consumidores de electricidad, particulares y empresas, en proporción a la respectiva potencia contratada.

#### **4.8. La Energía. Cogeneraciones existentes**

La adopción por parte de los cogeneradores de las medidas de seguida recomendadas conlleva la aceptación no solo de inversiones (CAPEX) que en algunos casos podrán ser importantes, función de la complejidad de la medida a adoptar, como también a costes añadidos de operación (OPEX).

Aunque una parte del retorno de las inversiones necesarias para implementar estas medidas pueda resultar de los ahorros internos que las mismas generan, ese ahorro podrá no ser suficiente para justificarlas.

Todavía, la adopción de estas medidas conlleva igualmente a un correspondiente ahorro de emisión de GEI, y como tal contribuyendo para las metas del Estado Argentina en términos de reducción de huella de carbono y de las NDC. Por lo tanto, será lícito por parte de los cogeneradores esperar que el Estado Argentino reconozca esta contribución, y la compense, complementando las necesidades de retorno de capital invertido.

Resumiendo, se recomiendan las siguientes medidas:

##### **4.8.1. Reemplazo de quema de gas natural por quema de RAC "verde"**

En términos generales, las actuales cogeneraciones de baja presión nominal de vapor (23 bar) tienen un bajo rendimiento de conversión térmica y eléctrica asociado a la presión del ciclo. Por lo tanto, y con objeto de producir la energía eléctrica para el proceso que la quema sola del bagazo no logra suministrar, estas cogeneraciones utilizan la capacidad sobrante de las calderas para quemar un combustible fósil que además de caro, emite GEI: el GN.

En este escenario, se recomienda que los actuales ingenios con calderas de bajo rendimiento térmico y eléctrico de quema de bagazo sustituyan la quema de GN por RAC.

La implementación de esta medida, además del ahorro económico que conlleva para los cogeneradores, conlleva igualmente una contribución para alcanzar las metas argentinas de NDC de 2030, a través de la sustitución de un combustible fósil por un combustible renovable.

Los cálculos técnico-económicos justificativos de esta medida se encuentran en el ANEXO H, "Memorias de cálculo complementarias".

##### **4.8.2. Incremento de la eficiencia de conversión eléctrica de centrales de baja presión por su cambio por centrales con al menos con presión nominal de vapor de 63 bar**

En alternativa a la medida recomendada en 4.8.1., los cogeneradores tienen la posibilidad de cambiar su ciclo de bajo rendimiento, de 23 bar de presión nominal de vapor, por un ciclo de más alto rendimiento, de al menos 63 bar de presión nominal de vapor, lo que en algunos casos específicos posibilitaría lograr una auto suficiencia energética del usuario industrial sucro alcoholero,

y reservar la utilización del RAC para otras soluciones, igualmente con valor añadido de un punto de vista económico y ambiental.

En términos generales, esta medida corresponde igualmente a lo ya recomendado para nuevas cogeneraciones en el subapartado 4.7.

Sin embargo, al revés de la medida recomendada en 4.8.1, que requiere un CAPEX moderado y un OPEX que puede ser relevante, la medida ahora recomendada requiere la aceptación por los cogeneradores de un CAPEX muy importante, que tradicionalmente solo puede aceptarse mediante la inequívoca opción pública de, a medio/largo plazo, establecer una regulación estable de la actividad de cogeneración, suficientemente atractiva desde un punto de vista económico.

De igual modo que en el recomendado en el subapartado 4.8.1., la implementación de esta medida, además del ahorro económico que conlleva para los cogeneradores, conlleva igualmente una importante contribución para alcanzar las metas argentinas de NDC de 2030, en este caso específico no solo a través de la sustitución de un combustible fósil por un combustible renovable, pero también por la posibilidad, en algunos casos específicos, de generar un excedente de energía eléctrica "verde" para la red.

#### **4.8.3. Uso adicional de RAC para generación de energía eléctrica "verde" para la red**

Hay una tercera medida alternativa de desarrollo, correspondiente a la utilización de las disponibilidades de RAC para la generación de la electricidad "verde" para la red, definiendo dentro del concepto de "disponibilidad", las cantidades de RAC no utilizado para generar vapor para el proceso.

En esta tercera medida, lo ideal será operar todo el año, con excepción obvia de un período normal y oficialmente aceptado como de "mantenimiento técnico anual", para así inyectar siempre la misma potencia "verde" a la red, alcanzando por las cogeneraciones el concepto normalmente designado por "potencia y/o energía gestionable", lo que quiere decir el suministro de energía garantizando potencia en el tiempo.

Sin embargo, esta es una medida que conlleva la aceptación de un nivel importante de inversiones (CAPEX) en nuevas calderas de al menos 64 bar de presión de vapor, con objeto de lograr 85% de eficiencia térmica, y sobre todo técnicamente dimensionadas para gestionar la baja fusibilidad de las cenizas generadas en la combustión.

De igual modo que en el recomendado en los subapartados anteriores 4.8.1. y 4.8.2, la implementación de esta medida, además del ahorro económico que conlleva para los cogeneradores, conlleva igualmente una contribución para alcanzar las metas argentinas de NDC de 2030, en este caso específico a través de la sustitución de energía eléctrica suministrada por la red, con un factor de emisión de 0,4071 Kg<sub>CO<sub>2</sub>eq</sub>/MWh, por una energía potencialmente sin emisiones asociadas de GEI.

Los cálculos técnico-económicos justificativos de esta medida se encuentran en el ANEXO H, "Memorias de Cálculo complementarias".

#### **4.8.4. Alternativas de mecanismos de compensación**

Hay dos grandes alternativas para el Estado Argentino proceder a esta compensación, de nuevo evitando que dicha compensación sea otorgada por subsidios concedidos por el Estado con cargo a sus presupuestos anuales:

- 1- A través de un mecanismo semejante al ya recomendado en el subapartado 4.7.4.5 arriba, para el caso de la electricidad generada por las futuras cogeneraciones de alto rendimiento.
- 2- A través de la dinamización de un mercado interno de comercio de carbono en Argentina, mediante el cual las empresas que superen los límites específicos anuales de emisiones de GEI definidos por el Estado Argentino para su sector de actividad, pasan a comprar los derechos de emisión que faltan en el mercado de carbono, a las empresas que hayan obtenido certificados de emisiones por reducciones de GEI que hayan realizado previamente.



La última alternativa tiene la ventaja frente a la primera de no requerir ningún esfuerzo financiero adicional por parte de la generalidad de los consumidores argentinos, particulares y empresas, pero implica que el Estado Argentino defina internamente un marco legal para las certificaciones y certificadores.

#### **4.9. La producción de bioetanol**

#### **4.10. La producción de biojet**

### **Bioetanol**

#### **Introducción**

Las actividades de producción de electricidad "verde" y biocombustibles, aunque ambas contribuyendo para la reducción de GEI, son todavía actividades muy distintas en el producto final, así como aguas arriba en su cadena de producción y aguas abajo en su cadena de comercialización, o lógica de mercado, incluyendo todos los necesarios procedimientos de certificación.

#### **Recomendaciones generales**

Por lo tanto, y dado que no son productos comparables, se recomienda diferenciar la lógica inherente a la valoración de cada uno de ellos, teniendo en cuenta sus especificidades individuales, y sobre todo la lógica y especificidad de valoración en mercados abiertos y transparentes.

Se recomienda igualmente tener en consideración los aspectos positivos de las experiencias exitosas de promoción de comercialización de biocombustibles de acuerdo con una lógica estricta de mercado, en mercados de la misma área geográfica de Argentina, y en particular del programa RenovaBio en Brasil, pero evitando sus aspectos negativos.

#### **Recomendaciones específicas**

La recomendación específica dominante, es que el sector público promueva un mercado interno abierto y transparente en Argentina para la comercialización de biocombustibles, diferenciado y con un regulatorio distinto del mercado de la electricidad "verde", y basado en una lógica de operacionalización en el sector transporte.

Este mercado de comercialización de biocombustibles, tendrá como principal ventaja permitir planificar de una forma clara y dedicada la demanda de biocombustibles, si acompañada por una planificación pública de huellas máximas obligatorias de GEI, disminuyendo progresivamente a lo largo de un período 10 a 15 años, en línea con los objetivos nacionales de NDC, y consecuentemente dar previsibilidad a los inversores para invertir en nuevas producciones de biocombustibles. La situación ideal en términos de planificación, es que las huellas de carbono límites para los varios potenciales consumidores, sean gradualmente reducidas, con objeto de no generar inestabilidad en las producciones, y permitir que la capacidad de producción de biocombustibles, se incremente y adapte gradualmente.

Se recomienda igualmente que el nuevo mercado interno de biocombustibles pueda progresivamente extenderse a otros sectores de actividades económicas consumidores de combustibles fósiles, incluyendo los sectores de la energía, industrial y terciario, pero con los necesarios cuidados para evitar redundancias con el mercado de la energía "verde".

### **Biojet**

Se necesitarán políticas ambiciosas, estables y relevantes a nivel internacional para que se produzca un aumento significativo de la producción y el uso de los biocombustibles. En varios informes recientes se han evaluado los tipos de políticas que se necesitarán para aumentar la producción y el uso de los biojets.

Dichas políticas tendrán que hacer frente a factores como la economía desfavorable, la disponibilidad limitada de materias primas, la competencia de otros usos de combustibles con bajas emisiones de carbono y las tecnologías inmaduras, que actualmente limitan el uso de combustibles sostenibles para la aviación, incluido el biojet.

La aviación internacional está bajo la jurisdicción de la OACI y es probable que sea más difícil de aplicar. Este "sistema de doble política" probablemente supondrá una carga administrativa adicional para las compañías aéreas y podría dar lugar a anomalías. Por ejemplo, el sistema de compensación CORSIA se aplica a los vuelos internacionales, mientras que los impuestos nacionales sobre el carbono/combustible pueden aplicarse a los vuelos nacionales según la normativa local.

Una combinación de ambos tipos de políticas será esencial para que se produzca un aumento significativo de la producción y el uso de Biojets. Mientras que las políticas de atracción del mercado son fundamentales para la expansión de los biocombustibles, el uso de mandatos para los biocombustibles puede considerarse prematuro, ya que los volúmenes comerciales de biocombustibles son actualmente limitados. Dado que los biocombustibles convencionales pueden considerarse relativamente maduros, su producción y uso se ha promovido principalmente mediante políticas de atracción del mercado, como los mandatos y las cuotas. Sin embargo, es poco probable que un enfoque político similar sea tan eficaz para fomentar la producción y el uso de los biocombustibles avanzados, ya que muchas de las tecnologías aún no están maduras.

Debido a la importante diferencia de precio entre el biojets y el combustible normal para aviones, las políticas eficaces de atracción del mercado basadas en los precios desempeñarán un papel mucho más importante que el que desempeñaron en el establecimiento de biocombustibles convencionales como el bioetanol/biodiésel. Este tipo de políticas complementará las políticas de impulso tecnológico utilizadas para mejorar la inversión en las instalaciones de producción de combustible de biojets actuales y futuras. Sin embargo, como los procesos utilizados para fabricar biocombustible tienden a ser más complejos y requieren una mayor inversión de capital que la producción de biocombustibles convencionales, cualquier subvención o garantía de préstamo para la construcción de instalaciones específicas para biojets deberá tener en cuenta el mayor CAPEX necesario para construirlas.

Dado que siguen existiendo varios retos económicos para la ampliación de los biocombustibles "drop-in", como los elevados costes de las materias primas y de la mejora, es probable que las políticas futuras tengan que proporcionar un mayor apoyo a su producción y uso. Este apoyo político pondría al sector del transporte, incluida la aviación, en la senda de la descarbonización. Dado que las políticas nacionales e internacionales de aviación se inscriben actualmente en marcos diferentes, sería muy beneficioso que estas políticas estuvieran mejor integradas. En consecuencia, aunque la reducción de los impuestos sobre el combustible se ha utilizado con éxito para promover el consumo de biocombustibles para el transporte por carretera, como el bioetanol y el biodiésel, esta estrategia no es viable para la aviación internacional. Esto se agrava aún más porque el acuerdo CORSIA sólo se aplica a la aviación internacional, y los requisitos de compensación sólo se aplican al crecimiento de la aviación internacional. El 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq proceden de los vuelos de más de 1.500 km, los vuelos internacionales contribuyen significativamente a las emisiones.

Sin embargo, es probable que inicialmente sea más fácil desarrollar políticas para la aviación nacional, adaptando las políticas que se han utilizado con éxito para incentivar la producción y el uso de combustibles para el transporte terrestre. Al igual que el empleo actual en el sector de los biocombustibles, se espera que la mayoría de estos puestos de trabajo se encuentren en el suministro de materias primas, como el sector agrícola. Actualmente, el empleo en el sector de los biocarburantes asciende a unos 2,5 millones de personas.

#### **4.11. La gestión de residuos**

La gestión de residuos debe enmarcarse en la gestión integral de Medio Ambiente.

La alta conducción de la Empresa debe incorporar la gestión ambiental como eje estratégico de la Empresa.

Todo miembro de una empresa es un gestor ambiental. No es una responsabilidad delegada.

El desempeño ambiental involucra a todos. La capacitación, evaluación y método de gestión deben ser pilares del proceso.

Incorporar certificación ISO 14001 garantiza que la puesta en marcha se realice bajo principio de gestión medioambiental ya establecidos. Un modelo de control de proceso como 5 S o equivalentes serán herramientas que colaboraran al logro de los objetivos que se desean implementar.

Un proceso eficiente de gestión de residuos se autogestiona con los recursos que se obtienen del mismo proceso comercial.

#### **4.12. El procesamiento de efluentes**

Los sistemas de gestión de la vinaza deben seguir un proceso de evolución hacia la generación de energía y de nutrientes. Biodigestión o incineración son los caminos que deben ser abordados hacia el futuro.

La aplicación a campo en sectores productivos debe tener en consideración toda el área desde donde proviene la caña. Es una manera de restaurar el equilibrio y sustentabilidad de los sistemas agrícola.

Como el costo logístico puede ser oneroso, concentrarla (ejemplo Ingenio Florida y Leales) permitirá acceder a una mayor superficie de disposición.

Para determinar a qué sitios direccionar la vinaza a aplicar y que cantidades, puede hacerse a partir de la concentración de potasio en caña y en RAC. Esta determinación permitirá conocer la extracción de este elemento por parte de la planta y la necesidad de recuperar estas cantidades.

La recuperación de suelos salinos y potencial uso como sitios de pasturas es un tema de gran interés. Es sin duda un ejemplo de economía circular.

Aquellos ingenios que no derivan la cachaza por canales de riego como los 4 ingenios de Salta y Jujuy deberían compostarla para reducir su volumen a un 30 % del volumen original al momento de salir de proceso de separación en fabrica, ya sea filtro rotativo o de banda.

El agregado de vinaza al compost debe tener cuidado que superen los valores de concentración salina determinado por las normas de gestión y disposición final a campo.

## 4.13. Resumen de Recomendaciones

### **TB93: RESUMEN DE PROPUESTAS DE RECOMENDACIONES DE ESTÁNDARES Y PROGRAMAS ESPECÍFICOS**

Tema general	Tema específico	Sub - apartado	Orden Recom.	Recomendaciones	
				Sector público	Sector privado
Agrícola	Áreas de siembra	1.1.	1		El área actual bajo siembra en las provincias del Norte (Salta, Jujuy y Tucumán) tuvieron producciones en zafras últimas, menores que sus promedios históricos. El primer paso es recuperar ambas productividades históricas (caña y azúcar) y posteriormente expandirse. Desarrollado en <b>3.1.7.1 y 3.1.7.2.</b> (Meta corto plazo)
		1.1.	2	El crecimiento y las inversiones necesarias para el crecimiento demandan un marco de leyes que generen previsibilidad y cumplimiento de acuerdos establecidos. Un aporte importante a la rentabilidad de la actividad esta sostenida por la ley de biocombustible. Se recomienda un horizonte mayor de vigencia de la ley, que permita incorporar inversiones. Hoy no se perciben las condiciones que estimulen la llegada de recursos para la demanda del sector agroindustrial. Tratamiento de efluentes e inversiones en el sector energético. Desarrollado en <b>3.9.2.1 y 3.9.2.2</b>	La expansión menos costosa será reemplazando otros cultivos, gracias a tener mayor rentabilidad por unidad de superficie. Estas oportunidades de reemplazar por caña dependerá de lo antes señalado. Desarrollado en <b>3.1.7.3.1.</b> (Meta corto y mediano plazo)
		1.1.	3	La Infraestructura vial actual, principalmente en la Provincia de Tucumán afecta la eficiencia del transporte de la materia prima hacia la industria. Adecuar redes viales del interior de la provincia es necesario. Evaluar y determinar la factibilidad de explotación de nuevas áreas y disponibilidad de nuevas fuentes de agua para abastecer nuevas demandas. <b>3.1.2.2.</b>	La expansión territorial, en áreas de influencia de los actuales Ingenios (no con industrias nuevas) casi siempre se desarrollarán en sectores marginales por agua o baja aptitud agrícola. Se recomienda crecer en la marginalidad incorporando tecnología. Desarrollado en <b>3.1.2.2.</b> (Mediano y largo plazo)
		1.1.	4	Incorporar la contribución de Bioetanol y otras fuentes de energía renovable de la caña de azúcar a la mitigación de emisiones nacionales. Establecer el marco regulatorio de un mercado de bonos que sean adquiridos por los oferentes de energía de origen fósil. Desarrollado en <b>4.10.</b>	Desarrollo y expansión en nuevas áreas no convencionales con instalación de nuevos ingenios. Opción solo recomendable frente a un crecimiento de la demanda de bioetanol u otras alternativas energéticas que hagan rentable la actividad sucroalcolera. Requeriría pruebas, tiempo y gran inversión en agricultura, fábricas e infraestructura. Por lo tanto, el crecimiento debe provenir prioritariamente de las áreas existentes y la inversión debe dirigirse a mejoras de productividad tanto agrícola como industrial. Desarrollado en <b>3.1.10</b> (Largo plazo)
	Métodos de siembra	1.2.	5		Toda plantación de caña debe ser precedida de un cultivo intercalar que aporte nitrógeno y elimine patogenicidad residual del cultivo anterior. Desarrollado en <b>3.2.4 y 4.3.6</b>
		1.2.	6	Implementar la inserción en el mercado laboral formal a personas que tienen un plan de asistencia por parte del estado sin que al momento de ser incorporado en plantilla laboral, pierda el beneficio de la asistencia social, por el lapso de un año como mínimo. (recomendación no incluida en el texto de los informes).	Plantación de Semilleros núcleos realizarlas a partir de plantines pre germinados. Este rubro de actividad incorpora mano de obra desplazada por plantación mecánica, reduciendo uso de caña semilla, garantiza calidad de plantación, menor energía de HP aplicada a la plantación y ocupación de mano de obra en tareas que pueden ser realizadas por ambos géneros. Desarrollado en <b>3.2.3.1</b>
		1.2.	7	Apuntalar la incorporación de personas jóvenes de ambos sexos, desplazadas del mercado laboral, a partir de reducción de cargas impositivas y laborales durante un determinado periodo. Estas quitas de percepciones por parte del estado, retornaran con recursos que se volcaran a la economía corriente. Estimular con beneficios a las actividades productivas del sector agrícola que incorporen personal que se encuentra desplazado del mercado laboral. (recomendación no incluidas en los textos de los informes).	Plantación con plantines reduce el uso de semilla solo al 20 % con respecto a la necesidades semilla de un semillero tradicional (9 a 10 toneladas /ha) y a solo un 15 % del total utilizado de semilla en plantación mecánica (13 a 14 Ton/ha). Desarrollado en <b>3.2.3.1</b>
	Métodos de labranza	1.3.	8		Incorporar labranza reducida en el momento de roturar para realizar una nueva plantación. Desarrollado en <b>4.3.1</b>
		1.3.	9		El espaciamiento futuro del cañaveral garantice un control de tráfico, minimizando compactación. Ese espaciamiento es de sobre surcos espaciado 0,40 m entre ambos y 1,8 metros de centro a centro de surcos dobles. Los equipos de carga también modifican su ancho de labor para que la compactación durante la cosecha sea la mínima posible. Desarrollado en <b>4.3.1.4</b>
		1.3.	10	Requerir a las compañías que proveen la tecnología satelital, la cobertura de todo el territorio nacional con señal disponible (no necesariamente gratuita) para la posibilidad de explotar la tecnología de posicionamiento satelital en el sector agrícola.	Incorporar diseño de plantación digitalizados y al momento de plantar, realizarlo con equipos que tengan incorporados el dispositivo de pilotos automático. Garantizar una espaciamiento perfecto según diseño. El mismo debe ser también utilizado en tareas de cultivo como de cosecha. Desarrollados en <b>3.3.1.3</b>

Agrícola	Métodos de cosecha	1.4.	11		Cosecha en verde en todo predio de cosecha mecanizada no utilizando el extractor de primario para reducir trash a RPM superiores a 900 RPM. Desarrollado en <b>4.4.1.1.</b>	
		1.4.	12		Troceado de caña con longitudes de 20 a 23 cm. Desarrollado en <b>4.4.1.1.</b>	
		1.4.	13		Incorporar cosechadora incorporada a tractor para cosecha mecánicamente a productores pequeños y evitar la quema de caña. Desarrollado en <b>4.4.3.2</b>	
		1.4.	14		Promover programa de asociatividad no solo comercial sino de servicios. Capacitación en gestión contable y de planes de producción. Desarrollado en <b>4.4.3.1.</b>	
		1.4.	15	Incorporar en municipios y comunas estructuras de vigilancia y recursos para control de incendio entre los meses de agosto y septiembre principalmente. Desarrollado en <b>3.4.7. y 4.4.5.1</b>	Productores cuenten con estructuras de vigilancia, protocolo operativo y recursos para control de incendio entre los meses de agosto y septiembre principalmente. Desarrollado en 4.5.1	
			16		Garantizar un nivel de open cell ( células abiertas) del 90 a 91 % que garantice altos niveles de extracción. Desarrollado en <b>3.4.4.2</b>	
		1.4.	17		Incorporar en la Industrial sistema de limpieza en seco que reduzca el ingreso e materia extraña (trash) a molienda e incremente la recuperación de azúcar. Desarrollado en <b>3.4.5.2.</b>	
		1.4.	18		<b>Evitar acuerdo contractual de parámetros fijos con los productores (azúcar por toneladas y trash a valores fijos) Deteriora la evaluación real de la calidad de la caña.. Desarrollado en 4.2.1 ( Este parrafo no esta escrito en el Reporte final )</b>	
	Las variedades Transgénicas	1.5.	19	Se debe intensificar los aportes a la investigación y desarrollo de esta práctica que retornara a la actividad con una enorme contribución futura. Desarrollado en <b>1.3 y 4.5</b>	Los organismo de investigación en Argentina, deben integrar conocimiento y desarrollos que permita un acelerado crecimiento y fortalecimiento de oferta de eventos transgénicos. Desarrollado en 4	
		1.5.	20		Desarrollar variedades resistente a herbicida, a plagas y enfermedades son pasos prioritarios para la mejora de producción del sector agrícola. Desarrollado en <b>4.1.2</b>	
		1.5.	21		Desarrollar variedades transgénicas resistente a sequia será un paso importante para ampliar la frontera agrícola. Desarrollado en <b>4.1.2</b>	
	El RAC y su utilización	1.6.	22		Se recomienda la utilización del RAC en el sector agrícola, retornando nutrientes, materia orgánica y conservando humedad. Desarrollado en <b>3.6.2.1 y 3.6.2.2</b>	
		1.6.	23		La segunda es la contribución a minimización de herbicidas para control malezas. <b>3.6.3.1</b>	
		1.6.	24		Se recomienda para la utilización con fines energéticos solo el 50 % del total del RAC depositado en campo. Desarrollado en <b>4.6</b>	
		1.6.	25		Contribuye al reemplazo de combustibles fósiles, al reemplazar el consumo de gas por biomasa proveniente del RAC. Desarrollado en <b>3.6.7.1 y 3.6.10.2.</b>	
		1.6.	26		Aumenta le eficiencia de las calderas en un 5 % comparativamente con el uso del bagazo. Se recomienda un reemplazo de hasta un 25 %. Otros solo sugieren un 20 % de aporte en calderas de biomasa tradicionales. Desarrollado en <b>3.6.10.1</b>	
	Energía	La Energía. Nuevas cogeneraciones	1.7.	27	Desarrollo a un nivel nacional de un primer borrador de un estatuto/marco regulatorio específico abarcando toda la cogeneración en Argentina, siguiendo los principios establecidos en 4.7.3	
			1.7.	28	Revisión y adecuación de las actuales alternativas disponibles de marco legal para las cogeneraciones existentes, a saber, los estatutos de autogenerador, cogenerador y autogenerador distribuido, de acuerdo con 4.7.4.1	
1.7.			29	Ejecución previa de un estudio a un nivel nacional, de la totalidad del potencial de instalación de nuevas cogeneraciones por sectores de actividad económica, de acuerdo con 4.7.4.2		
La Energía. Cogeneraciones existentes		1.8.	30	Reemplazo de quema de gas natural por quema de RAC "verde", las actuales cogeneraciones de baja presión nominal de vapor (23 bar), de acuerdo con 4.8.1. [ <b>componente de compensación por la contribución en la reducción de GEI</b> ]	Reemplazo de quema de gas natural por quema de RAC "verde", las actuales cogeneraciones de baja presión nominal de vapor (23 bar), de acuerdo con 4.8.1. [ <b>componente de ahorro económico intrínseco a la implementación de la recomendación</b> ]	
		1.8.	31	Incremento de la eficiencia de conversión eléctrica de centrales de baja presión por su cambio por centrales con al menos con presión nominal de vapor de 63 bar, de acuerdo con 4.8.2. [ <b>componente de compensación por la contribución en la reducción de GEI</b> ]	Incremento de la eficiencia de conversión eléctrica de centrales de baja presión por su cambio por centrales con al menos con presión nominal de vapor de 63 bar, de acuerdo con 4.8.2. [ <b>componente de ahorro económico intrínseco a la implementación de la recomendación</b> ]	
		1.8.	32	Uso adicional de RAC para generación de energía eléctrica "verde" para la red, de acuerdo con 4.8.3. [ <b>componente de compensación por la contribución en la reducción de GEI</b> ]	Uso adicional de RAC para generación de energía eléctrica "verde" para la red, de acuerdo con 4.8.3. [ <b>componente de ahorro económico intrínseco a la implementación de la recomendación</b> ]	



Residuos / Efluentes	La gestión de residuos	1.11.	38		se recomienda que la gestión de residuos, su minimización , reuso o reciclado se incorpore en las desiciones estrategicas de las empresas sucroalcolera de Argentina. Desarrollado en 3.2.1.
			39		Se recomienda incorporar metodos de gestión operativa y normas de gestión ambiental que den marco a los procesos de mejora. Desarrollado en <b>4.11</b>
			40		Se sugiere contar con un predio de concentración que identifique y cuantifique los tipos y forma en que los residuos se gestionan. Documentar la gestión de residuos es el primer paso del proceso de mejora. Desarrollado en <b>3.11.2.2. y 3.11.2.3.</b>
			41		La clasificación en origen es un factor de primera importancia en el proceso. Se deba capacitar a todos los miembros de cada empresa. Desarrollado en <b>3,11,1,3, 3.11.2.4 y 3.11.2.5.</b>
	La gestión de efluentes	1.12.	42		Los ingenios que disponen de tierras propias en cantidades importantes y tienen la practica de riego, es recomendable retirar la vinaza junto con la cachaza. Desarrollado en <b>3.12.2, 3.12,2.2.1, 3,12.2.2.4y 3.12.2.2.5</b>
			43		Los Ingenios que no disponen de amplios sectores con areas de cultivo de caña y no tiene practicas de riego, deben disponer las vinazas en campos de produccuón decaña a tasas equivalentes según requerimiento de potasio y bajo el control anual por parte de la EEAOC, Desarrollado en <b>3.12.4.2.</b>
			44	Las inversiones para el tratamiento de efluentes son elevadas. El marco regulatorio debe estimular las condiciones que permitan su implementación. Hoy , el marco regulatorio y la ley de biocombustibles no estimulan la llegada de inversiones por la perentoriardad de su caducidad. <b>3.9.2.1 y 3.9.2.2</b>	En aquellas destilerias cuyos efluentes liquidos no tiene amplia superficie para disponer sus efluentes se sugiere incorporar un tratamiento de incineración y obtencion de sales de oxido de poritasio a ser comercializada precio transformación como sulfato o cloruro de potasio. Desarrollado en <b>3.12.6.2</b>
			45		En aquellas destilerias donde el digestado puede ser dispuesto en predios agricolas, se sugiere desarrollar la tecnologia de digestión anaeróbica, con obtencio de biogas. Desarrollado en <b>3.12.6.1.</b>
			46		Se reomienda concentrar para reducir costos de transporte y ampliar el radio de distribución. Desarrollado en <b>3.12.3.1</b>
			47		se sugiere profundizar la recuperación de suelos salinos o salinos sodicos para desarrollar sectores de pasturas con fines ganaderos. Desarrollado en <b>3.12.5., 3.12.5.1, 3.12.5.2 y 3.12.5.3</b>
48		La cachaza y cenizas se recomienda su disposición via sistemas de riego o desarrollo de compostaje y posterior disposición en sectores agrícolas. Desarrollado en <b>3.12.1 y 3.12.2.1</b>			

## 5. HOJA DE RUTA

### 5.1. Objetivo de la Hoja de Ruta

Una hoja de ruta consiste en un plan de acción a seguir que muestra una secuencia detallada de pasos a modo de cronograma temporal de tareas para lograr un fin específico.

Cuando se decide realizar un cambio en un estado de situación que debe ser mejorada o plantear un nuevo emprendimiento, resulta conveniente confeccionar una hoja de ruta, como un mapa de acciones para llevar adelante. En este caso se trata de **Apoyar el Desarrollo de una Hoja de Ruta para la Generación de Energía a partir de la Industria de la Caña de Azúcar.**

En tal sentido:

- a. se ha descrito el estado actual del sector agroindustrial en la Argentina y su comparación con el panorama internacional.
- b. se han mantenido reuniones con referentes de todos los sectores involucrados en la actividad relativa a la producción y procesamiento de la caña de azúcar en la Argentina.
- c. Se han planteado recomendaciones para el mejoramiento de la productividad, eficiencia y preservación medioambiental del sector
- d. Se han identificado las barreras y estímulos que pueden favorecer el fortalecimiento de la actividad.

El objetivo de esta hoja de ruta que se presenta seguidamente, en adelante LA HOJA DE RUTA, es el de plasmar en forma temporal las medidas de difusión, toma de decisiones por parte del estado y la actividad privada, y ponderación de beneficios energéticos que pueden obtenerse en armonía con la actividad productiva.

Asimismo, se identifican los recursos y herramientas que pueden contribuir a llevar adelante los cambios y las limitaciones de los medios que se propone poner en juego. Se ha mantenido el criterio de:

- Reducción del impacto medioambiental que conllevará el incremento de utilización de rechazos producidos por la cadena del sector;
- Definición de soluciones tecnológicas cuya implementación permita un incremento de productividad del sector;
- Impacto en el sector laboral que resulta de las dos medidas anteriores.

Se pretende que esta hoja de ruta sea útil en poder utilizar estos tres insumos para la definición de nuevas políticas verdes.

Se tiene en consideración la generación de energía renovable que posibilita el ciclo de vida de la caña de azúcar, la disminución del uso de combustibles convencionales, que contribuyen a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y en la reducción de carga orgánica en los vertidos líquidos de las plantas del sector.

Es objeto que LA HOJA DE RUTA pueda ser plasmada en un plan de acción que permita alcanzar los objetivos definidos por quien sea el responsable de las políticas del sector. Además, con la intención que la hoja de ruta sea realmente eficaz, y pueda ser modificable y ajustable a la realidad y las circunstancias emergentes en el futuro se han planteado distintos escenarios que contemplen las futuras medidas de gobierno. Atento que en la definición de un plan de acción se deberán evaluar los recursos disponibles, los requerimientos que resultaren necesarios y las posibilidades para conseguir los medios o gestionar las medidas que se requieran.

#### 5.1.1. La escala temporal de LA HOJA DE RUTA

Como primer paso respecto de la Hoja de Ruta que se elabora, se requiere la definición del espacio temporal del análisis y el horizonte objetivo. En este sentido se reconocerán los parámetros

condicionantes y operativos de la actividad, incorporación de medidas y sus requerimientos y estimar los resultados. Esto sobre una situación actual, el corto, mediano y largo plazo.

Se ha definido que el corto plazo se extiende por cinco años, hasta el año 2027, el mediano plazo hasta el año 2032 y el largo plazo hasta el año 2040, teniendo en consideración las características propias de la actividad, tiempos insumidos en modificaciones de actividades de cosecha, métodos de siembra y cambios de variedades, períodos de gestión en la incorporación de activos, plazos de amortización de los bienes de capital, el desarrollo de mercados y la toma de decisión en medidas de gobierno.

### **5.1.2. Las metas de la Hoja de Ruta**

Se reitera que LA HOJA DE RUTA, para la maximización de la generación de energía contempla asimismo las siguientes metas medioambientales y sociales.

#### **a. Meta medioambiental: Reducción de GEI**

Las emisiones de GEI se producen en las diversas etapas de la cadena productiva e industrialización de la caña de azúcar, y comprende las siguientes principales fuentes.

- Uso de combustibles en las etapas de laboreo, siembra, cosecha, limpieza.
- Uso de combustibles en el transporte, descarga y manipuleo.
- Degradación de los RAC.
- Uso de combustibles en bombeo para riego.
- Uso de combustibles en calderas para la producción de vapor de proceso.
- Uso de combustibles en autogeneración de energía eléctrica en planta.
- Degradación de residuos de proceso.

En las medidas que se incorporan en LA HOJA DE RUTA se contempla la reducción de emisiones en los siguientes aspectos.

- Utilización de Residuo Agrícola de Cosecha (RAC).
- Mejoramiento de la eficiencia energética en el proceso productivo (calor y electricidad).
- Utilización energética de biomasa en forma más eficiente (RAC y bagazo).
- Utilización energética de biomasa que actualmente tiene otro uso (cachaza, vinaza)
- Reducción de consumo de combustibles fósiles (gas natural)
- Generación de energía eléctrica excedente a entregar a la red
- Incremento de producción de bioetanol (sustitución de naftas)

#### **b. Meta Medioambiental: Reducción de carga orgánica en los efluentes.**

Actualmente la carga orgánica contenida en la vinaza producida no constituiría un problema medioambiental, ya que está siendo usada para ferti-riegos, pero LA HOJA DE RUTA contempla que los incrementos de la producción de bioetanol deben resolver los destinos de mayores producciones de vinaza.

#### **c. Meta social: Creación de empleo**

LA HOJA DE RUTA contempla las variaciones que inevitablemente se producirán en la cantidad y calidad de la carga de trabajo como efecto de las medidas que se adopten y los cambios tecnológicos que se proponen.

## **5.2. Parámetros condicionantes**

La Hoja de Ruta de para la Generación de Energía a partir de la Industria de la Caña de Azúcar, LA HOJA DE RUTA, debe contemplar los condicionantes que definen los volúmenes de producción de caña de azúcar, que resultan los productos que básicos que se comercializan.

El principal producto que ha sostenido la producción de caña y que ha justificado la actividad industrial es el azúcar blanca y subproductos de menor importancia relativa en cuanto a la actividad económica del proceso.

En la última década el bioetanol se ha constituido en un producto de verdadera importancia que puede justificar el cultivo y procesamiento industrial con el solo objeto de su elaboración.

**Por lo tanto, se reconoce que la HOJA DE RUTA, que se pretende elaborar debe responder a las necesidades o condiciones de mercado de ambos productos, el azúcar y el bioetanol.**

Se debe considerar asimismo que el proceso industrial de la caña en la Argentina proporciona otros subproductos o materias primas para otras actividades como son:

- a. El Bagazo, fundamentalmente para la industria papelera
- b. El RAC, para forraje en la actividad pecuaria.
- c. El alcohol para uso farmacéutico
- d. El alcohol de buen gusto, para bebidas
- e. Melaza
- f. Fertilizantes

Por otra parte, como aspecto fundamental para la HOJA DE RUTA, se debe considerar el intercambio energético que posibilita el proceso agrícola e industrial de la caña, según se puntualiza seguidamente, entendiendo que la totalidad de los ingenios tiene implementados sistemas de cogeneración vapor-electricidad y la mayoría cuenta con plantas de producción de bioetanol

- a. Insumo o suministro de gas.
- b. Saldos de energía eléctrica del proceso de cogeneración.
- c. Generación de energía eléctrica sobre la utilización del RAC.
- d. Generación de energía eléctrica por combustión de vinaza.
- e. Generación de energía eléctrica por biodigestión de vinaza.
- f. Generación de biogás por digestión de vinaza, cachaza y RAC.

### **5.2.1. Las perspectivas de la Producción de Azúcar**

Atento a que la producción de azúcar en la Argentina atiende principalmente al consumo interno, es razonable asumir que se mantendrá esa política, pero debe tenerse en cuenta que el consumo per cápita tiene una tendencia negativa. En tanto que el intercambio internacional resulta permanentemente positivo, pero con variaciones relevantes. En los últimos veinte años la exportación representó entre un 16 y 39% de la producción.

Seguidamente se analizan las perspectivas del consumo de azúcar a nivel nacional y de las exportaciones a fin de plantear los escenarios para la confección de la HOJA DE RUTA.

#### **5.2.1.1. El consumo interno de azúcar**

La proyección de la demanda del consumo interno del azúcar en la Argentina puede estimarse considerando el incremento poblacional y el consumo per cápita anual, en kilogramos de azúcar por habitante.

Con respecto a la población de la Argentina se han tomado los valores publicados por el INDEC, para los últimos dos censos, años 2010 y 2022. Se han calculado las tasas anuales entre extremos y se ha adoptado la de la última década de 1,387% acumulativo para toda la serie hasta el año 2040. La siguiente tabla ilustra al respecto.

TB94: Proyección de la población argentina

PROYECCION DE LA POBLACION ARGENTINA						
	Censo	Censo	Censo	Corto Plazo	Mediano	Largo
	2001	2010	2022	Plazo	Plazo	Plazo
				2027	2032	2040
Población total millones	36,260,130	40,117,096	47,327,407	<b>50,701,684</b>	<b>54,316,536</b>	<b>60,643,959</b>
Incremento Poblacional % anual		1.129	1.387	1.387	1.387	1.387

Elaboración Propia s/ Datos del INDEC

No resulta accesible conseguir datos coherentes del consumo interno de azúcar en la Argentina, según se informa seguidamente.

El consumo de azúcar en la Argentina en el año 2010 fue de 42 kg/habitante.año, de acuerdo al informe de "Situación actual del complejo productivo azucarero" de Mariana Correas González del 2013.

Por otra parte, en "Perfil del azúcar" (Luis A. De Bernardi, Ministerio de Agricultura, Ganadería y pesca, Presidencia de la Nación, 2019) se informa que, a pesar de ser un producto esencial en el mercado doméstico, es sabido que últimamente la demanda se vio comprimida por la contracción de los ingresos. No obstante, el consumo per cápita, tomando el promedio de más de una década se ubica en torno a los 40 kg/per cápita/año, siendo este valor casi el doble que el consumo mundial que se encuentra en 24 kg.

La FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en su "ANNEX C, Table C.23.2. Sugar projections: Consumption, per capita", del Informe "OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030", (OECD/FAO (2021), *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>.) estima que el consumo per cápita para la Argentina promedio de 2018 al 2020, fue de 28,6 kg/cap y proyecta que el año 2030 resultará de 26,7 kg/cap anual.

Esta disparidad de información demandó la reconstrucción de los consumos internos históricos de azúcar en la Argentina apelando a diversas fuentes, como el CAA, IDEN, Subsecretaría de Programación Microeconómica, Ministerio Hacienda y valores económicos internacionales del azúcar.

En la Tabla siguiente se han volcado los valores de consumo interno calculados como diferencia entre el azúcar blanco producido y las exportaciones, los datos de exportaciones se han recabado de estadísticas en valores económicos y adoptado valores de intercambio. Finalmente se ha calculado en consumo per cápita excluyendo aquellos valores fuera de rango razonable.

Se observa una variación entre 22,80 y 39,49 kg/hab.año que pueden obedecer a razones de poder adquisitivo de la población o el uso como alternativa alimentaria de fácil acceso.



**TB95: Azúcar (Producción, consumo, exportaciones, importaciones y consumo per capita en argentina)**

<b>PRODUCCION Y CONSUMO INTERNO DE AZUCAR BLANCO</b>							
	Produccion azucar blanco toneladas	variación % anual	Consumo azucar blanco toneladas	Exportacion toneladas	Exportación s/produccion % anual	Exportacion s/consumo % anual	Consumo per capita kg/h.año
2004	1,616,226		1,387,170	229,056	14.17	16.51	36.99
2005	1,545,324	-4	1,009,544	535,780	34.67	53.07	26.62
2006	1,808,268	17	1,094,004	714,264	39.50	65.29	28.52
2007	1,727,317	-4	1,369,079	358,238	20.74	26.17	35.30
2008	1,852,485	7	1,444,911	407,574	22.00	28.21	36.84
2009	1,534,332	-17	744,332	790,000	51.49	106.14	exc
2010	1,657,536	8	1,337,536	320,000	19.31	23.92	33.34
2011	1,716,224	4	1,606,224	110,000	6.41	6.85	39.49
2012	1,768,191	3	1,528,191	240,000	13.57	15.70	37.06
2013	1,512,754	-14	1,242,754	270,000	17.85	21.73	29.72
2014	1,878,195	24	1,798,195	80,000	4.26	4.45	exc
2015	1,781,323	-5	1,681,838	99,485	5.58	5.92	39.13
2016	1,552,484	-13	992,484	560,000	36.07	56.42	22.78
2017	1,708,348	10	1,552,348	156,000	9.13	10.05	35.14
2018	1,585,482	-7	1,443,260	142,222	8.97	9.85	32.22
2019	1,634,491	3	1,354,491	280,000	17.13	20.67	29.83
2020	1,781,328	9	1,550,559	230,769	12.95	14.88	33.68
2021	1,637,892	-8	1,297,892	340,000	20.76	26.20	27.80

Elaboracion Propia s/ Datos del CAA y fuentes oficiales

En cuanto al consumo del azúcar en la dieta alimentaria debe observarse la opinión y campaña para disminuir los niveles observados a pesar de que se encuentran en el entorno de la media de los países desarrollados que según el documento de la FAO resulta de 32,0 kg/cap.

Cabe considerar la opinión de la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en ingles) que en su "Directriz: Ingesta de azucres para adultos y niños", en cuanto expresa que:

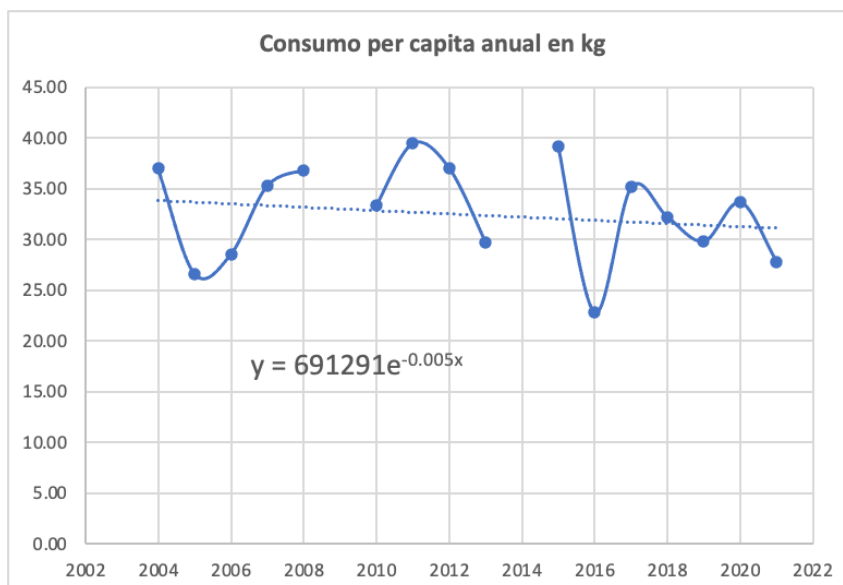
- La OMS recomienda una ingesta reducida de azúcares libres a lo largo de toda la vida (*recomendación firme*).
- Tanto en adultos como en niños, la OMS recomienda reducir la ingesta de azúcares libres a menos del 10% de la ingesta calórica total (*recomendación firme*).
- La OMS sugiere que se reduzca aún más la ingesta de azucres libres a menos del 5% de la ingesta calórica total (*recomendación condicional*).

Estas recomendaciones se sustentan en que el consumo de azúcares libres aumenta el riesgo de caries dental. El exceso de calorías procedentes de alimentos y bebidas con un alto contenido en azúcares libres también contribuye al aumento insalubre de peso, que puede dar lugar a sobrepeso y obesidad. Pruebas científicas recientes revelan que los azúcares libres influyen en la tensión arterial y los lípidos séricos, y sugieren que una disminución de su ingesta reduce los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Esto significa que no se debe consumir más de 50-60 gramos los adultos y 30-35 los niños, que significan 18,25 – 21,90 kg/hab.año y 10,95 – 12,77 kg/hab.año respectivamente. Siendo recomendable reducir estas cifras a la mitad.

A los efectos de ponderar la demanda de azúcar para el mercado interno en LA HOJA DE RUTA, se ha adoptado un valor inicial de 30,68 kg/hab.año de acuerdo al ajuste exponencial efectuado sobre la serie histórica presentada en la tabla anterior, según se muestra en el siguiente gráfico y una reducción anual del 0,5 % para el corto y mediano plazo y posteriormente un 0,3 % anual.

**FG128: Evolución del consumo interno de azúcar en argentina**



De este modo se ha calculado la demanda de azúcar blanco en el mercado interno en el corto plazo año 2027, mediano plazo año 2032 y largo plazo año 2040, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla. Los valores de base para el año son estimados.

**TB96: Cálculo de la demanda de azúcar en Argentina, a corto, mediano y largo plazo**

<b>DEMANDA DE AZUCAR BLANCO</b>		Corto Plazo	Mediano	Largo
Produccion de Azucar Para Consumo Interno		Plazo	Plazo	Plazo
	2022	2027	2032	2040
<b>Para Consumo Tendencial</b>				
Población total millones	47,327,407.00	50,701,684	54,316,536	60,643,959
Incremento Poblacional % anual	1.39	1.39	1.39	1.39
Consumo anual kg/habitante	30.68	29.93	29.19	28.76
Reduccion anual consumo p/capita		0.50%	0.50%	0.30%
<b>Consumo interno mil ton/año</b>	<b>1,447</b>	<b>1,513</b>	<b>1,580</b>	<b>1,738</b>

Elaboracion Propia s/ Datos del INDEC

### 5.2.1.2. La exportación de azúcar

#### a. Marco Internacional de la exportación del Azúcar.

El mercado internacional del azúcar se caracteriza en la actualidad (2022) por una escasez de producción en algunos de los principales productores, lo cual provoca desequilibrios en el mercado mundial, con precios al alza. No obstante, ese desequilibrio es compensado por Brasil e India, que por distintas razones (tipo de cambio favorable a las exportaciones y baja rentabilidad del etanol, en el caso de Brasil, y abundante producción favorecida por copiosas precipitaciones, en el caso de India) vuelcan al mercado volúmenes importantes de azúcar, de modo tal que se vuelve a alcanzar un equilibrio entre oferta y demanda.

En general, durante los momentos más agudos de la pandemia Covid-19, el consumo de azúcar a nivel mundial disminuyó debido al cierre de las actividades económicas, comenzando a repuntar a partir de la segunda mitad de 2021.

Los precios internacionales del azúcar, durante la mencionada fase aguda de la pandemia, sufrieron una baja, pero luego han reiniciado un raid alcista. Las previsiones son que en términos nominales los precios seguirán una tendencia moderada al alza, cubriéndose la demanda con cierta facilidad, a lo largo de toda la década de 2020, pero con el supuesto que las condiciones climáticas en las zonas productoras sean normales y considerando que la paridad de precios entre el etanol y el azúcar se mantenga en los términos presentes.

Sin embargo, se estima que algunas políticas internas de países productores o grandes consumidores, así como también a consecuencia del proceso de concentración comercial experimentado en el mercado internacional del azúcar, podría generar una cierta variabilidad de precios a lo largo de la presente década.

En términos generales, se prevé que las existencias mundiales aumenten levemente, restaurándose una proporción existencias-uso en el orden del 49%.

A largo plazo, más allá de la presente década, se prevé que los precios del azúcar tiendan a disminuir, principalmente por los incrementos de productividad en los cultivos de caña y en la fase de la industrialización. Asimismo, se considera que la prima del azúcar refinado se reducirá ligeramente en términos reales, con un incremento en su participación en el comercio total, compensado con una disminución equivalente del volumen comercializado de azúcar no refinada.

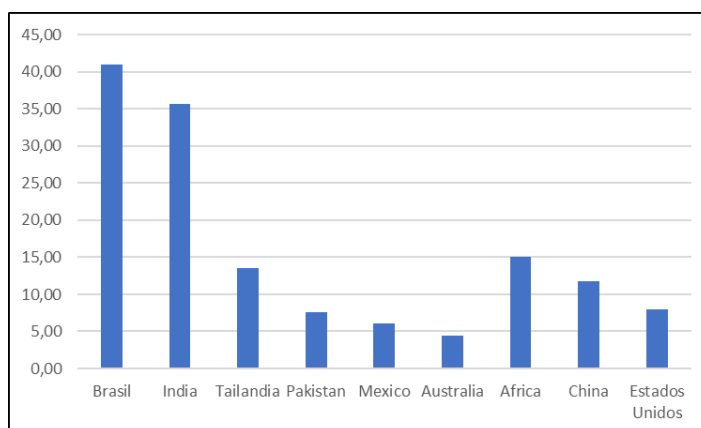
Con el horizonte en 2032, se prevé un incremento en la producción de caña de azúcar, originado en mayores rindes, en parte, derivados de nuevas variedades, y en parte, originados en una expansión de la tecnología de riego aplicada a la caña y en una ampliación de la superficie cañera en las áreas productivas tradicionales, con una tasa de expansión del 1% anual, concentrada fundamentalmente en Brasil e India.

Se prevé que hacia 2032 se alcanzará una distribución de la superficie cañera entre la producción de azúcar 81% y de etanol 19%. Brasil se mantendrá como el principal productor de azúcar y de etanol de caña, llegando a producir por sí solo el 36% de la caña de azúcar a nivel mundial, el 20% del azúcar y el 84% del etanol.

Acompañando la expansión de la superficie cañera, se espera para la década de 2020 una producción mundial de azúcar de caña creciente a un ritmo del 1,4% anual. Ese crecimiento estará concentrado en los países en desarrollo, de Asia y de América Latina, que representarán casi el 80% de la producción mundial de azúcar en 2032.

Brasil, India y Tailandia continuarán siendo los tres principales países productores de caña de azúcar y de azúcar. El siguiente gráfico ilustra al respecto.

**FG129: Proyección de producción de caña de azúcar para 2030, principales países (en millones de ton)**



Fuente: elaboración propia en base a OCDE-FAO (2021)

A nivel del consumo, se prevé para la década de 2020 un incremento anual del 1,4%, fundado en el crecimiento demográfico y el aumento de ingresos de los consumidores. En general, se prevé una reducción del consumo en las economías de ingresos altos, en tanto que en otras economías habría un aumento proporcionalmente mayor.

Los incrementos en la demanda se concentrarán en Asia y África, representando el 66% y el 30%, respectivamente, del incremento que se espera. En ambas zonas, los niveles de consumo per cápita son bajos en comparación con otras regiones y, por ende, las perspectivas de crecimiento son más altas.

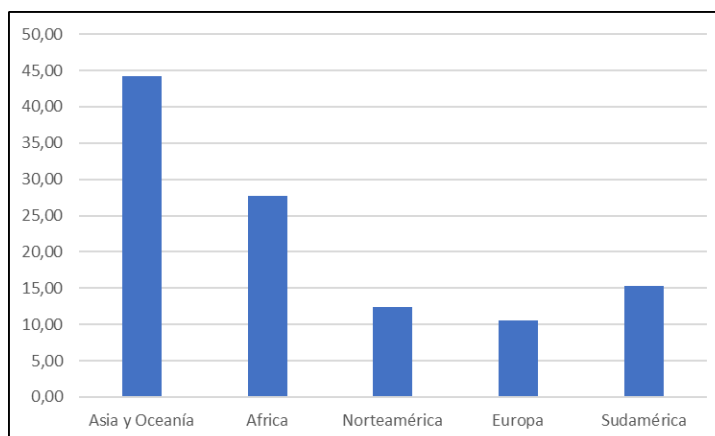
En Asia, la mayor demanda se deberá al incremento en la urbanización, los mayores ingresos promedio y los cambios en los hábitos de consumo, mientras que en África, la mayor demanda obedecerá, centralmente, a que habrá más población en condiciones de consumir azúcar, tanto por crecimiento demográfico como por urbanización. En América Latina, el aporte al crecimiento del consumo de cara al 2030 será menor, rondando el 4%.

En los países desarrollados, en cambio, se espera un nivel de consumo de azúcar en descenso, motivado por las preocupaciones de la población en torno a la salubridad de su dieta (y sus consecuencias en aumento de peso, riesgos de diabetes tipo 2, problemas cardíacos y afecciones odontológicas). Además, en varios países se han fijado impuestos a los productos azucarados, buscando con ello encarecerlos y disminuir su consumo. En otros países se apeló a la prohibición de venta de ciertas bebidas azucaradas a menores de edad. Pese a los esfuerzos de la industria alimentaria por reducir el contenido de azúcar de sus productos, a efectos de mitigar las consecuencias de esas medidas, igualmente el balance es negativo, disminuyendo el consumo total de azúcar en dichos países.

La disminución del consumo se prevé que será aguda en la Unión Europea, Australia, Nueva Zelanda, Canadá y México, mientras que en Estados Unidos, donde el consumo roza los niveles máximos, no se espera una baja significativa.

El panorama de la distribución del consumo hacia el 2030 por grandes regiones del mundo se presenta el siguiente gráfico.

**FG130: Proyección del consumo de azúcar por regiones del mundo para 2030**  
(en millones de ton)

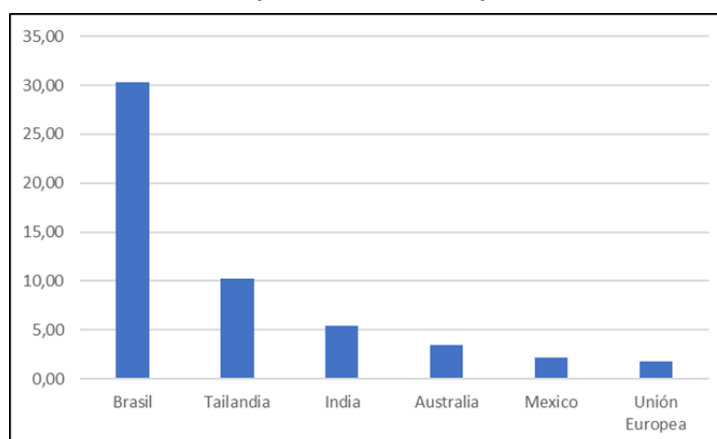


Fuente: elaboración propia en base a OCDE-FAO (2021)

A nivel comercial, se prevé que las exportaciones de azúcar continuarán muy concentradas, consolidándose Brasil como principal exportador, con aproximadamente el 43% del total en 2030, siempre que las condiciones macroeconómicas de dicho país se mantengan, y que la relación de costos y precios con el etanol se establezcan sin variaciones bruscas.

Tailandia se afianzará como segundo gran exportador de azúcar, considerando que se recuperará a lo largo de la primera mitad de la década de 2020 de los efectos adversos del clima que impactó negativamente en los niveles productivos en los últimos años. Asimismo, se prevé que India se afianzará como tercer exportador del mundo, particularmente de azúcar refinado. Sin embargo, dado la presión gubernamental india para estimular la producción de etanol, es posible que a lo largo de la década las previsiones se desvíen, puesto que el uso de la caña con destino a la refinación de bioetanol originaría una disminución sustancial del azúcar disponible para volcar al mercado internacional. El siguiente gráfico ilustra lo expuesto.

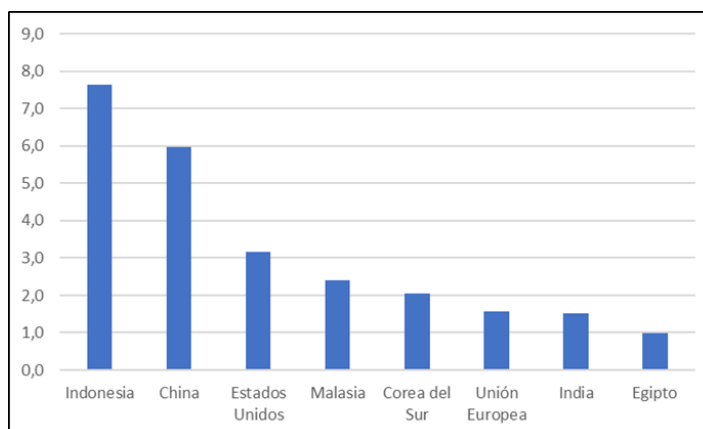
**FG131: Proyección de exportación de azúcar para 2030, principales países  
(en millones de ton)**



Fuente: elaboración propia en base a OCDE-FAO (2021)

Las importaciones mundiales de azúcar están menos concentradas que las exportaciones. Asia y África, dadas las razones por las que fueron mencionadas más arriba, registrarán un incremento sustancial en su papel como destino del comercio de importación de azúcar. Indonesia y China continuarán siendo los principales compradores mundiales de azúcar, seguidos, dentro de Asia, por Malasia, Corea del Sur e India. El siguiente gráfico ilustra lo expuesto.

**FG132: Proyección de importación de azúcar para 2030, principales países  
(en millones de ton)**



Fuente: elaboración propia en base a OCDE-FAO (2021)

El desenvolvimiento de estas proyecciones hacia el año 2030 dependen, como se señaló, del mantenimiento de ciertas variables internas a los países productores o consumidores, como condiciones ambientales, políticas macroeconómicas y evolución en los hábitos de consumo.

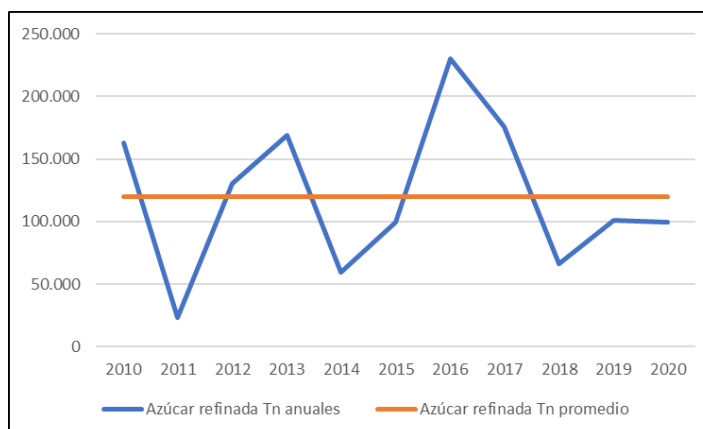
Sin embargo, quizás la más relevante que puede trastocar la evolución de estas proyecciones es el precio del petróleo que, en caso de incrementarse, puede tornar conveniente el consumo de bioetanol, y con ello, desviar la producción de caña hacia dicho destino antes que para producir azúcar.

b. Marco Argentino para la exportación del Azúcar.

La producción azucarera argentina es marginal al desenvolvimiento del comercio internacional de este producto. En la actualidad (2022), la Argentina representa el 0,25% de las exportaciones mundiales, alcanzado el pico del último lustro en 2019, cuando representó el 0,41%, pese a que, en términos absolutos, también cayó el volumen exportado de azúcar por el país. Los destinos principales del azúcar nacional exportado son, en el caso del azúcar no refinado, Estados Unidos con alrededor del 40% del volumen, y en el caso del azúcar refinado, Chile con algo más del 50% del total de dicho producto. Los gráficos siguiente muestra la evolución de las exportaciones de Argentina de azúcar refinada y no refinada en el período 2010-2020.

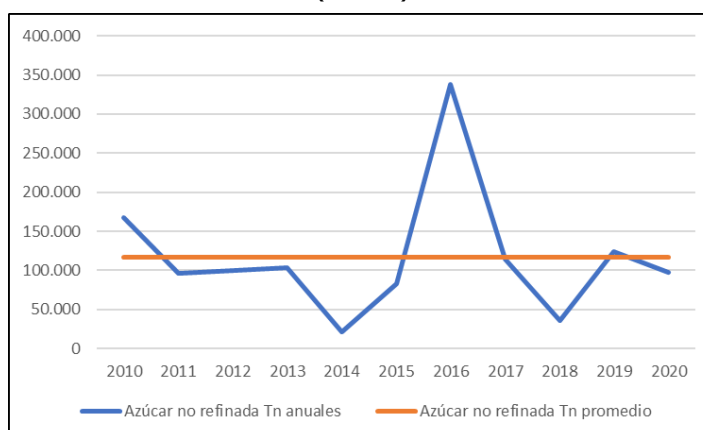


**FG133: Evolución de las exportaciones argentinas de azúcar refinada 2010-2020**  
(en ton)



Fuente: elaboración propia en base a FAOSTAT

**FG134: Evolución de las exportaciones argentinas de azúcar no refinada 2010-2020**  
(en ton)



Fuente: elaboración propia en base a FAOSTAT

En cuanto a las políticas públicas vigentes se eliminaron derechos de exportación y se elevaron reintegros. El sector azucarero cuenta con un régimen especial en el Mercosur que protege el mercado interno. Las exportaciones de azúcar a través del Decreto 133/2015 se eliminaron los derechos de exportación que eran del 5% y por Decreto 1341/2016 los reintegros se elevaron de 4,05% a 5,00%.

Los Estados Unidos adjudican a nuestro país una cuota de exportación preferencial de azúcar crudo. La cuota está prácticamente libre de derechos de importación y es vendida al precio del mercado interno estadounidense, normalmente superior al del mercado mundial. Esta cuota es distribuida por el Estado entre los productores.

Con respecto a las importaciones el sector azucarero fue excluido de la Unión Aduanera del Mercosur. Existe un arancel fijo del 20% más un arancel móvil específico en función de las cotizaciones del azúcar blanco en la Bolsa de Londres. El arancel intrazona equivale al 90% del Arancel Externo Común (AEC).

La situación operativa de la industria azucarera, con costos crecientes y en un contexto de incertidumbre macroeconómica, sumada a la mencionada posición marginal en el mercado internacional, no permite pronosticar que Argentina pueda verse beneficiada con el panorama descrito, hacia el 2030, con una proporción mayor a la que se ha registrado históricamente.

Particularmente en el ámbito del Mercosur no se han facilitado las condiciones de intercambio entre sus integrantes ya que Brasil, primer exportador mundial, sería el proveedor dominante en detrimento de las economías regionales, entre ellas la Argentina.

Puede asumirse que los Estados Unidos mantendrá la política de las cuotas preferenciales que ha sostenido con la Argentina. La Unión Europea tiene protecciones arancelarias que obstaculizaría las ofertas desde la Argentina.

Pero si se considera que los países de mayor demanda son Indonesia y China con un total anual de 13,5 millones de toneladas anuales estimadas para el 2030, representan una oportunidad que puede ser aprovechada con adecuadas medidas de fomento a la exportación. Se destaca que participar con un 1 % de esa demanda significa para la Argentina, triplicar los niveles históricos de exportación.

Siendo los países de Asia y de África los que incrementarán en mayor proporción su demanda, y que Argentina no tiene trayectoria de comercialización azucarera con ellos, merece que el propio Estado facilite la apertura de canales para material los intercambios. Esta posibilidad merece ser incluida en algún escenario de LA HOJA DE RUTA.

Se sobreentiende que la producción de azúcar refinado en Argentina atenderá, seguramente su destino en el mercado interno, para lo cual se trata de una producción ampliamente respaldada por la normativa pública. Adicionalmente y según la capacidad exportadora de acuerdo con las condiciones macroeconómicas nacionales, continuar colocando partidas reducidas en países de la región, Chile, Uruguay, Bolivia y en Estados Unidos.

#### c. La exportación de azúcar en LA HOJA DE RUTA

De acuerdo con lo expuesto se entiende que pueden plantearse dos alternativas para considerar los volúmenes de azúcar exportables, a que puede aspirar la Argentina en su plateo de la HOJA DE RUTA.

Una primera alternativa es la de considerar que la modalidad de exportación se ajusta a la normativa existente en cuanto a medidas de promoción y protección, manteniendo los cupos y las relaciones con los países de tradicional relación. Esto significa que puede asumirse un porcentaje promedio de las exportaciones argentinas con respecto a los volúmenes de producción de azúcar, para todo el período analizado. Esta tasa resulta de 18,68 % anual.

Una segunda alternativa es la de considerar que se optara por una política de promoción, ya sea mediante acuerdos bilaterales y/o reembolsos, facilidades crediticias, exenciones impositivas u otras medidas de sostén. Este panorama debería orientarse a introducirse en el mercado asiático, sudeste asiático o africano en una proporción muy menor pero significativa para la producción argentina. De ese modo se plantea incrementar en un 20 % las exportaciones históricas, en el corto plazo, duplicar las exportaciones en el mediano plazo y triplicarlas en el largo plazo.

### **5.2.1.3. La producción de exportación de azúcar**

Sobre la base de estas alternativas se han calculado los volúmenes de producción de azúcar resultantes de los pronósticos formulados para el consumo interno y las alternativas de exportación planteadas.

Esto significa asumir la evolución del consumo interno sobre la base del incremento poblacional a tasas históricas y un consumo de azúcar per cápita promedio con un descenso de acuerdo con la evolución registrada y las recomendaciones internacionales.

En cuanto a las exportaciones se plantea que se mantiene la modalidad y porcentajes de producción exportable según el promedio histórico y como alternativa un razonable incremento asociado a medidas de promoción.

De ese modo se obtienen los resultados para la producción en toneladas anuales, que se presentan en la siguiente tabla para el corto, mediano y largo plazo.

TB97: Cálculos de producción de azúcar, en corto, mediano y largo plazo

<b>PRODUCCION DE AZUCAR</b>				
<b>Produccion de Azucar Para Consumo y Exportación Tendenciales</b>				
		Corto Plazo	Mediano	Largo
		Plazo	Plazo	Plazo
	2022	2027	2032	2040
Consumo interno mil ton/año	1447	1513	1580	1738
Exportaciones mil ton/año	333	347	363	399
<b>Total Producción mil ton/año</b>	<b>1780</b>	<b>1860</b>	<b>1943</b>	<b>2138</b>
<b>Produccion de Azucar Para Consumo Tendencial y Mayor Exportación</b>				
		Corto Plazo	Mediano	Largo
		Plazo	Plazo	Plazo
	2022	2027	2032	2040
Consumo interno mil ton/año	1447	1513	1580	1738
Exportaciones mil ton/año	333	417	726	1198
<b>Total Producción mil ton/año</b>	<b>1780</b>	<b>1929</b>	<b>2307</b>	<b>2936</b>

Elaboración Propia

### 5.2.2. Las perspectivas de la producción de bioetanol

En la industria azucarera ha adquirido relevancia la producción de bioetanol, que en la Argentina se ha desarrollado como consecuencia de la Ley de promoción de biocombustible que definió cortes con las naftas convencionales, esto es una proporción porcentual en volumen de mezcla.

Los cortes han variado en la última década y la producción argentina ha tenido la capacidad de satisfacer los requerimientos. Los cortes definidos se atribuyen por partes iguales al bioetanol producido con maíz y el producido con caña azucarera.

De ese modo el bioetanol es utilizado, en mezcla, para la movilidad automotriz que consume naftas, esto es destilados livianos. Por lo tanto, la dimensión del parque automotor que utilice este combustible y el tipo de tecnología de los motores, se torna gravitante en la demanda de bioetanol.

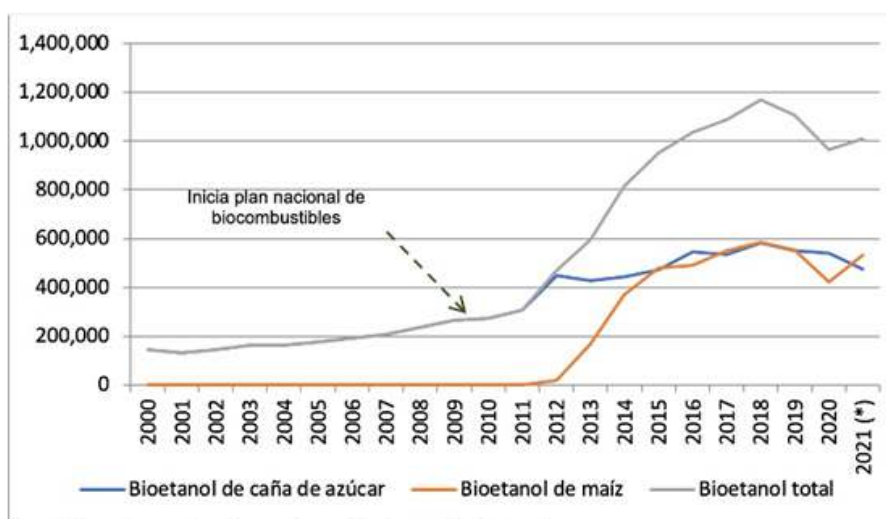
Seguidamente se plantean las alternativas que pueden definirse en cuanto a la evolución de la demanda de bioetanol, ya sea por niveles de corte, tipo de motorización y la introducción de la movilidad eléctrica. Consideraciones adicionales se refieren al mercado de exportación.

#### 5.2.2.1. La demanda de Bioetanol para el corte de naftas.

El primer porcentaje de bioetanol a mezclar con naftas fijado por la Secretaría de Energía en 2008 que fue del 5% (E5). Con posterioridad, en 2014, se elevó a 8,5% (E8,5), se incrementa en el mismo año al 9% a 9,5% y 10% (E10) a partir del 1º de diciembre de 2014. El porcentaje mínimo de mezcla se elevó al 12% (E12) en 2016.

Estos niveles de corte se encontraban a cargo, el 50% de la industria sucro alcoholera y el restante 50% abastecido por el bioetanol proveniente del almidón de maíz.

FG135: Producción anual de bioetanol a partir de caña de azúcar y de maíz en la Argentina  
(en m<sup>3</sup>)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía  
(\*) Dato provisorio

El corte de las naftas con Bioetanol proporciona diferentes beneficios que se señalan seguidamente y evidencian la conveniencia para la economía nacional, de incrementar los niveles paulatinamente.

- Disminuir las necesidades de importaciones de naftas por parte de las petroleras.
- Promover el autoabastecimiento en materia de hidrocarburos.
- Asegurar la expansión de la utilización de la capacidad refinadora local.
- Aumentar el nivel de actividad de la industria del bioetanol y el empleo.
- Aumentar la actividad asociada a la producción cañera.
- Sostener la producción de los ingenios como alternativa al azúcar.
- Fomentar la actividad de las economías regionales.
- Utilizar un producto menos contaminante que las naftas.
- Oxigenación de las naftas reemplazando al MTBE (Metil Terciario Butil Eter) cancerígeno
- Incrementar el uso de energía renovable.

Lo expresado implica que es razonable plantear en la HOJA DE RUTA un incremento en los porcentajes de corte a partir del que actualmente se aplica del 12 %, que deben contemplar aspectos tecnológicos del autotransporte, según se desarrolla seguidamente.

#### 5.2.2.2. La demanda de Bioetanol y la movilidad tradicional.

EL parque automotor que utiliza naftas en la Argentina admite sin cambios tecnológicos un corte de hasta el 20 %. Por lo tanto, se plantea una alternativa razonable que se establezca este límite en el corto plazo a fin de lograr los beneficios indicados.

El porcentaje máximo del 20% sin cambio tecnológico en el parque automotor debería asignarse un 10 % al bioetanol elaborado mediante caña de azúcar.

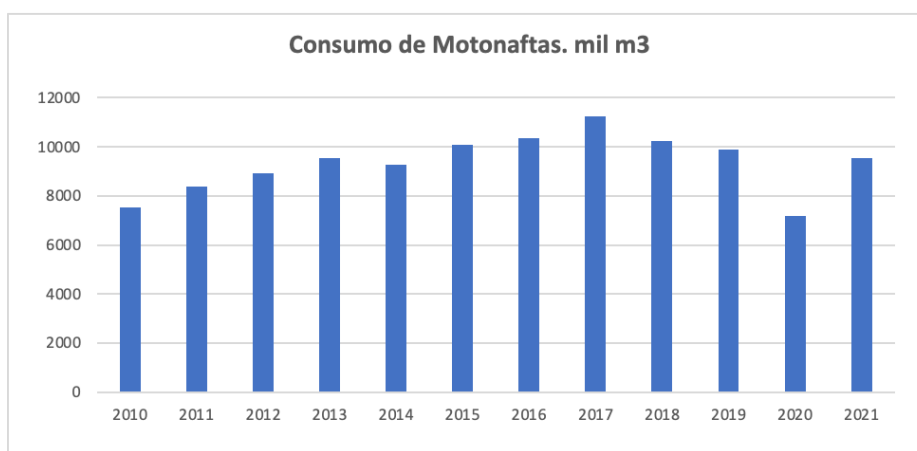
A los efectos del cálculo de estos volúmenes destinados al corte se ha efectuado el análisis de las series históricas de consumo de Motonaftas, para movilidad consignadas en el Balance Energético Nacional, BEN, que elabora la Secretaría de Energía de la Nación.

**TB98: Consumo histórico motonaftas y bioetanol**

CONSUMO HISTORICO MOTONAFTAS Y BIOETANOL		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Motonaftas</b>													
mil TEP (BEN)		4712	5231	5577	5959	5793	6299	6457	7022	6387	6176	4493	5948
mil ton		5583	6198	6607	7060	6863	7463	7650	8319	7567	7317	5323	7047
mil m3		7544	8375	8929	9541	9275	10085	10338	11243	10226	9888	7193	9523
Incremento %			11.0	6.6	6.8	-2.8	8.7	2.5	8.8	-9.0	-3.3	-27.3	32.4
<b>Bioetanol (BEN)</b>													
mil TEP (BEN)		63	88	127	239	340	413	451	560	539	539	388	506
mil ton		111	155	224	421	598	727	794	986	949	949	683	891
mil m3		140	196	282	531	756	918	1002	1245	1198	1198	862	1125
<b>Corte historico %</b>													
		1.82	2.28	3.06	5.27	7.53	8.34	8.84	9.97	10.49	10.81	10.70	10.56
Motonaftas	kCal/l		7512		Pesp	kg/l	0.74		vol nafta/petr		118.477103		
Petroleo	kCal/l		8900		Pesp	kg/l	0.885		vol petr/petr		100		
Bioetanol	kCal/l		5056		Pesp	kg/l	0.792		vol bio/petr		176.028481		
Aeronafta	kCal/l		7597		Pesp	kg/l	0.709		vol aero/petr		117.151507		

Elaboración Propia sobre datos del BEN

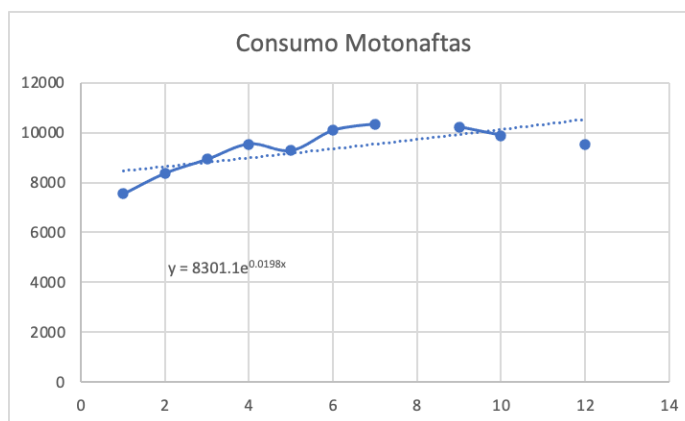
**FG136: Consumo de Motonaftas (mil m<sup>3</sup>)**



Elaboración Propia

Sobre esta base, sin considerar el año 2020 atípico por la pandemia, se ha calculado el incremento anual de la demanda de Motonaftas, mediante un ajuste exponencial, que arrojó un resultado de una tasa anual de 1,98 %. El grafico siguiente ilustra al respecto.

**FG137: Cálculo de incremento anual de la demanda de Motonaftas**



Elaboración Propia

Puede proyectarse el consumo tendencial de Motonaftas y calcular el volumen de bioetanol que aportaría la industria sucro alcoholera, en un 50 %, para un corte inicial del 12 % y de un 20 % en el corto, mediano y largo plazo, según se presenta en el siguiente gráfico. Estos valores serán considerados en la HOJA DE RUTA. Se destaca que este nivel de corte no implica cambios en la tecnología del parque automotor.



**TB99: Demanda de bioetanol para un corte inicial de 12%, y de 20% en el corto, mediano y largo plazo**

<b>DEMANDA DE BIOETANOL</b>						
<b>Producción de Bioetanol para Corte máximo sin cambio tecnológico</b>			<b>Corto Plazo</b>	<b>Mediano</b>	<b>Largo</b>	
			<b>Plazo</b>	<b>Plazo</b>	<b>Plazo</b>	
		<b>2022</b>	<b>2027</b>	<b>2032</b>	<b>2040</b>	
Consumo de Motonaftas tendencial	mil m3/año	10738	11855	13089	15336	
Producción de Bioetanol	mil m3/año	580	1186	1309	1534	

Elaboración Propia

5.2.2.3. La demanda de Bioetanol y la movilidad flexible.

Es posible la utilización de bioetanol en cortes de mayor proporción que las del 20 %, pero exige un cambio en la motorización, utilizando movilidad "flexi". Los motores adaptados para niveles de mezcla variable de hasta el 100 % son fabricados en la Argentina y poseen probada experiencia y son exportados al Brasil.

El Brasil cuenta con una experiencia que puede utilizarse como respaldo en la alternativa del uso de movilidad flexi en la HOJA DE RUTA. La participación de automotores flexi en Brasil se incrementó en más del 40 % en un período de cinco años y el consumo promedio de los automóviles flexi es de un equivalente E50.

**TB100: Producción de vehículos de combustible flexible de etanol en Brasil**

<b>Año</b>	<b>Autos Flex producidos</b>	<b>Camiones ligeros producidos</b>	<b>Total de vehículos de carga ligera producidos</b>	<b>Porcentaje de vehículos flexibles del total de vehículos ligeros</b>
2004	282,710	49,797	332,507	15.2
2005	820,791	60,150	880,941	37.1
2006	1,291,913	100,142	1,392,055	56.3
2007	1,764,494	172,437	1,936,931	69.1
2008	2,026,768	216,800	2,243,648	74.7
2009	2,298,942	242,211	2,541,153	84.0
2010	2,311,721	315,380	2,627,111	77.1
2011	2,215,548	335,234	2,550,782	80.7
2012	2,418,397	313,663	2,732,060	83.9
2013	2,616,845	333,766	2,950,611	84.2
2014	2,291,115	346,607	2,637,722	88.2
2015	1,785,284	212,473	1,997,757	85.4
2016	1,605,855	164,813	1,770,668	84.0
2017	1,923,143	207,035	2,130,178	81.9
<b>Total 2003-17</b>	<b>25,693,379</b>	<b>3,080,009</b>	<b>28,773,388</b>	<b>70.3</b>

Sources: Cars and light trucks: ANFAVEA (2003-2017).<sup>11</sup>

Para considerar la alternativa de la incorporación de movilidad flexi en la HOJA DE RUTA se ha efectuado el análisis del consumo de Motonaftas por automotor anual, en la Argentina y que la renovación del parque se efectúa cada 11 años.

**TB101: Incorporación de la modalidad flexi**

<b>FLOTA AUTOMOTOR</b>		2022	2027	2032	2040
Flota vehiculos	millones	15.31	18.15	21.51	28.24
Vehiculos Nafteros	%	70	70	70	70
Flota nafteros	millones	10.7	12.7	15.1	19.8
Cantidad habitantes	millones	47.3	50.7	54.3	60.7
Habitantes/Vehiculo naftero		4.4	4.0	3.6	3.1
Incorporación rodados nafteros	millones	0.933	1.390	2.072	3.924
Incorporación rodados	% anual	8.3	8.3	8.3	8.3
Consumo Motonafas	mil m3/año	10738	11855	13089	15336
Consumo/auto año	litros	1002	933	869	776
Elaboracion propia					

De ese modo se han calculado el incremento de consumo de bioetanol por la incorporación de movilidad flexi con una proporción del 10% en los automóviles nuevos para el corto plazo y del 20% para el mediano y largo plazo, con un consumo promedio de los automóviles flexi de una mezcla E50.

**TB102: Incremento de consumo de bioetanol por la incorporación de movilidad flexi**

<b>FLOTA FLEXI</b>			Corto Plazo	Mediano	Largo
			Plazo	Plazo	Plazo
		2022	2027	2032	2040
Incorporación autos Flexi	% año	0	10	20	20
Autos flexi incorporados	millones/año	0	0.14	0.41	0.78
Flota Flexi	Millones	0	0.44	2.22	7.05
Participación autos Flexi	%	0	3.47	14.73	35.65
Consumo Flexi corte	%	50	50	50	50
Aporte consumo flexi	%	0	1.73	7.36	17.82
Sobre bioetanol de caña	%	0	0.87	3.68	8.91
Elaboracion propia					

De este modo se ha podido estimar la producción de bioetanol para satisfacer la demanda del corte máximo del 20% más la que origina la introducción de la movilidad flexi, según se presenta en la siguiente tabla.

**TB103: Producción de bioetanol para satisfacer la demanda del corte máximo del 20% más la que origina la introducción de la movilidad flexi**

<b>DEMANDA DE BIOETANOL</b>			Corto Plazo	Mediano	Largo
<b>Produccion de Bioetanol Para Corte Maximo con movilidad flex</b>			Plazo	Plazo	Plazo
		2022	2027	2032	2040
Consumo de Motonafas tendencial	mil m3/año	10738	11855	13089	15336
Produccion de Bioetanol	mil m3/año	580	1288	1791	2900
Elaboración Propia					

#### 5.2.2.4. La demanda de Bioetanol, la movilidad eléctrica y otras tecnologías.

El sector transporte resulta significativo en el balance de emisiones y se encuentra en un profundo cambio de tecnologías que constituyen paliativos frente al problema del cambio climático.

Se ha introducido el uso de los biocombustibles en mezclas con hidrocarburos para movilidad y usos estacionarios. En este sentido la experiencia argentina en el uso del gas natural comprimido, puede ser una oportunidad para el uso del biometano producido en biodigestores alimentados por desechos de la agroindustria, como el caso del proceso de la caña de azúcar, la vinaza y la cachaza. Dada la relativa incidencia en el sector automotriz de esta posibilidad, no se contempla en esta HOJA DE RUTA, la utilización del biogás en el sector automotriz argentino.

Se encuentra en pleno período de cambio la motorización mediante electricidad en diversas modalidades, ya sea vehículos híbridos o puros en diferentes tipos de tecnologías, con notables

ventajas en cuanto al nivel de emisiones. La industria automotriz ya ha puesto en el mercado unidades de probada calidad, se está desarrollando la infraestructura de abastecimiento eléctrico y la necesaria regulación asociada para el sector eléctrico.

Debe contemplarse la perspectiva que ofrece el Hidrógeno como vector energético en el sector transporte. La utilización del hidrógeno en forma directa en celdas de combustible se encuentra en avanzado estado de desarrollo tecnológico y proporcionaría rendimientos de ventajas notables.

La producción de Hidrogeno verde es una notable oportunidad para la Argentina atento a su disponibilidad de recursos energéticos renovables y existen proyectos en tal sentido. El bioetanol ofrece también la posibilidad de alimentar unidades que transformen este biocombustible en Hidrogeno para su utilización en la movilidad, con ventajas en cuanto al transporte y distribución de este combustible.

La Argentina en su "Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina declara que *"Asimismo, la movilidad activa se habrá favorecido a través de la planificación del uso del suelo urbano y se fomentarán matrices energéticas sostenibles, haciendo foco en la gasificación, los biocombustibles, la electrificación de la movilidad y el uso del hidrógeno. En 2030 se habrán implementado medidas efectivas de eficiencia energética en todas las modalidades del transporte con un enfoque de Evitar-Cambiar-Mejorar como abordaje de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector y la promoción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible."*

En cuanto al transporte en los medios de implementación se propone *"Etiquetado de eficiencia energética de vehículos, promoción de colectivos con energías alternativas, promoción de vehículos livianos con tecnologías de bajas emisiones (híbridas o eléctricas), renovación de la Flota de Colectivos (Euro 3 a Euro 5) y promoción de la movilidad activa"*.

A pesar de presentar un futuro promisorio como vector energético no se ha considerado la incidencia de la tecnología del Hidrógeno en el desarrollo de LA HOJA DE RUTA, atento al estado de desarrollo de esa realidad, la incertidumbre respecto de su implementación en la Argentina y en particular su inserción en el sector automotriz, hacia el año 2040.

En cambio con respecto a la movilidad eléctrica cabe considerar que la Argentina ha manifestado su decisión en la promoción de la movilidad eléctrica y que esta tecnología originará una disminución en la demanda de combustibles líquidos para los automotores. Podría considerarse que consecuentemente la necesidad del uso del bioetanol sería de menor magnitud. Esto se ha planteado para ser considerado en la HOJA DE RUTA.

Mas en contrario debe tenerse en cuenta que la movilidad electica resulta conveniente frente a la que utilice combustibles fósiles exclusivamente, pero no se presenta la misma circunstancia respecto de la movilidad sustentada en biocombustibles.

La energía eléctrica utilizada para movilidad es generada por fuentes no totalmente renovables, de acuerdo con la constitución del parque en cada momento, que utiliza combustibles fósiles según sea necesario, con la consecuente emisión de GEI y otras. El bioetanol constituye una energía renovable, con relevante economía en emisiones GEI.

En tanto es recomendable la introducción de la movilidad eléctrica en sustitución de los combustibles convencionales, pero no para el caso del bioetanol. En todo caso resultaría conveniente maximizar el uso de los biocombustibles en forma armónica con la movilidad eléctrica.

Fue presentado formalmente en el año 2021 el Proyecto de Ley LEY DE PROMOCIÓN DE LA MOVILIDAD SUSTENTABLE. Es destacable la inteligencia del legislador que no ha limitado el alcance de la Ley a la movilidad eléctrica.

En los considerandos de la Ley se manifiesta que *"Hoy nos encontramos frente a la gran responsabilidad de combinar el desarrollo tecnológico y el cambio estructural de nuestra economía con políticas transversales para reducir la huella de carbono, el consumo de materiales y recursos naturales, y el impacto ambiental negativo de nuestro sistema socio-productivo. Un abordaje audaz*

*y estratégico puede convertir esta crisis ambiental y económica en una oportunidad para generar una nueva ola de desarrollo verde, dentro de la cual la movilidad tiene un enorme protagonismo".*

*"Las experiencias internacionales dan cuenta de que la transición a la sostenibilidad no puede ser llevada adelante por los mercados solos, sino que en todos los casos el Estado debe direccionar el proceso. Por lo tanto, este desafío requiere un Estado capaz de innovar, asumir riesgos, emprender e invertir junto con el sector privado. Es necesario construir una idea ordenadora, una gran estrategia que pueda dar dirección, coherencia y consistencia a esta iniciativa para así potenciarla y lograr hacer de esta transición una nave de bandera para todos los argentinos."*

*"Cabe consignar que en el diseño y formulación de esta iniciativa se ha evaluado que, además de las obligaciones y derechos que emergen del Artículo 41 de nuestra Constitución Nacional en materia ambiental y de salud y bienestar humano, consagrados en la Ley General de Ambiente (Ley 26.675 de noviembre de 2002); nuestro país ha suscripto el Acuerdo de París, realizado en dicha ciudad en diciembre de 2015, el cual se incorporó a nuestra legislación con carácter de Ley bajo el número 27.270. De esta manera, Argentina integra el conjunto de 195 naciones que han tomado el compromiso de trabajar conjuntamente para reducir emisiones ambientales del tipo de gases de efecto invernadero (GEI), responsables por el calentamiento global".*

*"Es decir, encontrar modos de transporte dotados de mayor eficiencia energética será un factor clave en el desempeño que nuestro país pueda demostrar frente al escrutinio al que será sometida entre la comunidad de naciones. La Movilidad Sustentable, que incluye a la movilidad eléctrica y a otros modos tecnológicos de la misma, es la forma principal de eficiencia energética actualmente en Transporte."*

Los considerandos expuestos incluyen las capacidades y beneficios que aporta el uso del bioetanol en el sector de la movilidad, en su carácter de movilidad sustentable.

Continua en los considerandos *"En términos de su razonabilidad, esta iniciativa promueve y da el puntapié impostergable a una nueva tecnología en movilidad en nuestro país. Ello, sin soslayar ni negar los esfuerzos de larga data que el Honorable Congreso ha realizado en los del cambio en la utilización de tecnologías, energías y/o combustibles de naturaleza más amigable con el medio ambiente y con la población. Desde hace más de 20 años, ese Honorable Congreso ha tratado iniciativas en dicha línea: por ejemplo, el marco regulatorio integral que fomentó las energías renovables (leyes 26.190, 27.191 y 27.494), la promoción de biocombustibles e iniciativas del transporte público de pasajeros hacia el uso de GNC."* Este concepto reconoce el mérito al uso de los biocombustibles en el transporte.

El proyecto de Ley de Movilidad Sustentable, alcanza a la movilidad sobre la base del bioetanol en cuanto a los beneficios y facilidades que define, en cuanto su Artículo 7mo. define:

*"Vehículo de Movilidad Sustentable (VMS): todo medio de transporte cuya fuente de propulsión no es únicamente un motor de combustión interna mecánicamente conectado a uno o varios trenes de tracción o aquellos que, a juicio de la autoridad de aplicación, deban ser considerados como Vehículos de Movilidad Sustentable. Dichos vehículos, dado el actual estado del arte y avance tecnológico, pueden incluir, pero no se restringen a:*

*5. Combustible Sustentable (e-COMB): cualquier combustible no fósil utilizado en vehículos de movilidad sustentable que, a criterio de la autoridad de aplicación y por sus características o finalidad haya sido obtenido y/o refinado mediante métodos sustentables".*

De ese modo se caracteriza como movilidad sustentable a los rodados que utilicen combustibles no fósiles a criterio de la autoridad de aplicación.

De todos modos y considerando que el Proyecto de Ley establece la *prohibición de comercialización de vehículos nuevos que funcionen propulsados exclusivamente por motor de combustión interna a partir del 1 de enero del año 2041, salvo aquellas aplicaciones que por razones técnicas la Autoridad de Aplicación determine que no puedan ser reemplazadas por vehículos de movilidad sustentable*, en LA HOJA DE RUTA se ha planteado la alternativa que se implementen las medidas de introducción de la movilidad eléctrica y se origine un detrimento en los niveles de utilización de bioetanol.

Se ha planteado un porcentaje en el mercado de automóviles nuevos del 1% anual acumulativo a partir del año 2023, llegando al 6% para el corto plazo en el 2027. Posteriormente incrementos anuales de 2% anual, para llegar al mediano plazo en el 2032 con un porcentaje de ventas de rodados nuevos del 16 % anual. Y finalmente incrementos del 5 y 10 % anual y tener un porcentaje del 80 % en las ventas. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

**TB104: Proyecciones evolución flota electrificada**

<b>FLOTA ELECTRIFICADA</b>						
				Corto Plazo	Mediano	Largo
				Plazo	Plazo	Plazo
			2022	2027	2032	2040
Porcentaje electromovilidad %			1	6	16	80
Automoviles electricos	millones/año		0.009	0.083	0.332	3.139
Flota electricos	millones		0.009	0.257	1.343	12.813
Flota nafteros	millones		10.709	12.447	13.715	6.951
Elaboracion propia						

Sobre esta base se ha calculado la demanda de bioetanol para el parque automotor considerando un corte obligatorio de las naftas del 20%, la incorporación de la motricidad flexi y la introducción de movilidad eléctrica.

De este modo se obtiene los resultados que se presentan en la siguiente tabla.

**TB105: Demanda de bioetanol sobre la base de proyecciones de evolución flota electrificada**

<b>DEMANDA DE BIOETANOL</b>						
<b>Produccion de Bioetanol Para Corte Maximo con movilidad flex y electromovilidad</b>						
				Corto Plazo	Mediano	Largo
				Plazo	Plazo	Plazo
			2022	2027	2032	2040
Consumo de Motonaftas con electromovilidad	mil m3/año		10738	11855	13089	15336
Produccion de Bioetanol	mil m3/año		536	1262	1631	1020
Elaboración Propia						

### 5.3. Parámetros operativos

Se ha descripto los parámetros condicionantes de LA HOJA DE RUTA que son los siguientes, cuya definición será resuelta por condiciones de mercado y medidas de gobierno.

- a. La Producción de Azúcar
- b. La Producción de Bioetanol

A los efectos de plantear la HOJA DE RUTA, se deben contemplar los parámetros operativos que definen los niveles de producción, energía, emisiones y efluentes. Estos parámetros fueron analizados y evaluados detalladamente a lo largo del presente informe, los que se enuncian seguidamente.

- a. Incremento del Área de Siembra.
- b. Incremento de Productividad.
- c. Disponibilidad de RAC.
- d. Utilización del RAC.
- e. Sustitución de gas natural.
- f. Mejoramiento del proceso industrial
- g. Mejoramiento del proceso de cogeneración.
- h. Generación de energía eléctrica mediante RAC
- i. Niveles de producción de Bioetanol
- j. Disposición de Vinaza
- k. Producción energética mediante vinaza y cachaza.

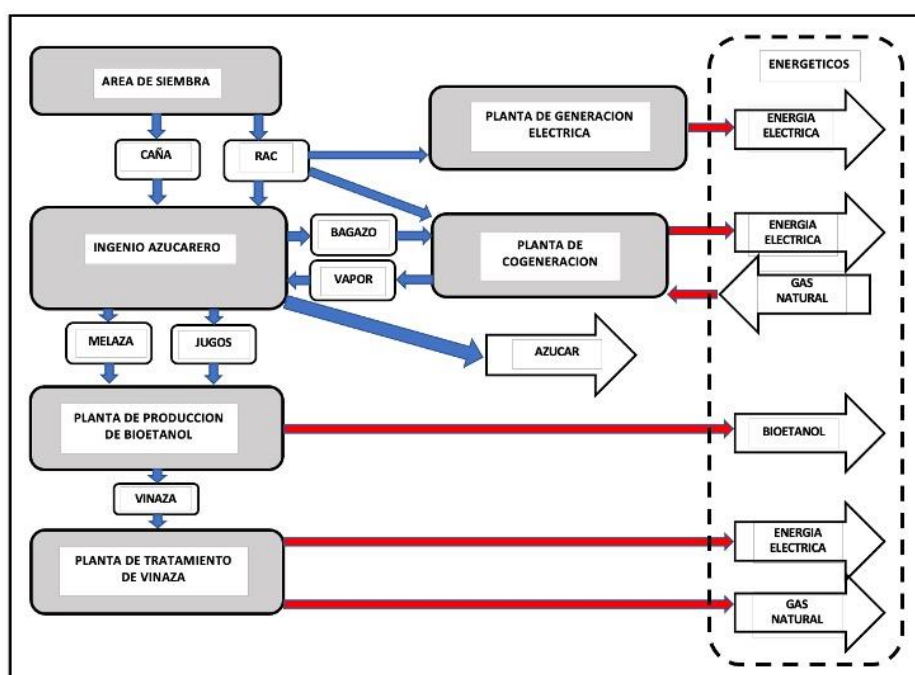


Los parámetros condicionantes y los operativos permiten modelizar los resultados del proceso industrial de la caña de azúcar y los beneficios energéticos y ambientales que pueden obtenerse, según se enumera seguidamente.

- a. Economía de gas natural
- b. Producción de excedentes de energía eléctrica por cogeneración
- c. Producción de energía eléctrica mediante RAC
- d. Producción de energía eléctrica mediante vinaza
- e. Producción de biogás mediante vinaza, cachaza y RAC
- f. Economía de emisiones GEI

El siguiente gráfico ilustra respecto del proceso agroindustrial y los productos energéticos, objeto de LA HOJA DE RUTA.

FG138: Proceso agroindustrial y sus productos energéticos, objeto de LA HOJA DE RUTA



#### 5.4. Los escenarios

A los efectos de estructurar LA HOJA DE RUTA se han planteado tres hitos temporales, el corto plazo hasta 2027, el mediano plazo hasta el 2032 y el largo plazo hasta el horizonte en 2040.

Por otra parte, se deben definir los escenarios que equivalen a los destinos que nos muestra la HOJA DE RUTA. Esto es que cada escenario se constituye en un destino diferente por el que puede optarse atendiendo a políticas de gobierno que podrá otorgar prioridades en función de los resultados obtenidos.

Los escenarios se basan en la combinación de las dos alternativas que se cuantificaron para la producción de azúcar y las tres alternativas que se analizaron para la producción de bioetanol. En ambos casos para los hitos temporales definido.

El esquema siguiente muestra la combinación de los parámetros condicionantes que originan seis escenarios.



**TB106: Parámetros condicionantes para los 6 escenarios planteados**

ESCENARIOS			
Produccion de Bioetanol	Corte maximo	Corte maximo	Corte maximo
	sin cambio tecnologia	con movilidad flex	con flex y electromovilidad
<b>Produccion de Azucar</b>			
Para Consumo Tendencial	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C1</b>
Para Consumo Tendencial y mayor exportación	<b>A2</b>	<b>B2</b>	<b>C2</b>

Se resume seguidamente cada uno de los Escenarios planteados.

**TB107: Resumen de los 6 escenarios planteados**

ESCENARIO	A1	A2	B1	B2	C1	C2
<b>Produccion de Azucar</b>						
Consumo Azucar	Tendencial	Tendencial	Tendencial	Tendencial	Tendencial	Tendencial
Mayor Exportacion de Azucar	No	Si	No	Si	No	Si
<b>Producción de Bioetanol</b>						
Corte Maximo sin cambio tecnologico	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Corte Maximo con movilidad flex	No	No	Si	Si	Si	Si
Corte Maximo c/flex y electromovilidad	No	No	No	No	Si	Si

## 5.5. Los resultados

Para la confección de la presente HOJA DE RUTA se ha asumido el cumplimiento paulatino de las recomendaciones formuladas a lo largo del presente estudio, estableciendo de ese modo los valores de los Parámetros Operativos, en los siguientes aspectos.

- Productividad media de toneladas de caña por Hectárea
- Proporción de Ingenios con procesamiento de alto rendimiento
- Proporción de generación de vapor alto rendimiento
- Proporción de vinaza a fertirriego y compost.
- Proporción de Vinaza a combustión
- Proporción de Vinaza a Biodigestión
- Meses de zafra
- Proporción de Bagazo a proceso industrial
- Proporción de RAC a calor proceso (% de bagazo)
- Proporción de RAC neto a generación por combustión
- Proporción de RAC neto a combustión con vinaza
- Proporción de RAC neto a biodigestión con vinaza
- Porcentaje de RAC disponible a forraje

De ese modo, se han efectuado los cálculos para alcanzar los Parámetros Condicionantes de producción de azúcar y de bioetanol que se definen para cada escenario. De ese modo se obtiene como resultado los siguientes resultados.

- Área de Siembra
- Proporción de jugo a producción de azúcar
- Producción de caña
- Disponibilidad de RAC
- Uso del RAC Disponible
- Producción de bagazo
- Producción Azúcar
- Consumo de Gas Natural
- Producción de Energía Eléctrica excedente
- Potencia Instalada Excedente
- Producción total de Bioetanol
- Superficie a fertirriego
- Economía de GEI

Las planillas siguientes muestran el detalle de los parámetros utilizados y resultados obtenidos, para cada escenario en el corto, mediano y largo plazo.

**TB108: Escenario A1: Consumo azúcar tendencial. Corte máximo sin cambio tecnológico**

<b>ESCENARIO: A1</b>				
Produccion de Azucar	Consumo Azucar Tendencial			
Producción de Bioetanol	Corte Maximo sin cambio tecnologico			
	2022	2027	2032	2040
	Situacion	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Produccion de Azucar mil ton/año	<b>1780</b>	<b>1860</b>	<b>1943</b>	<b>2138</b>
Producción de Bioetanol mil m3/año	<b>580</b>	<b>1186</b>	<b>1309</b>	<b>1534</b>
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>				
1 Área de Siembra mil Ha	372	460	460	475
2 Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3 Proporción de jugo a azucar %	76	57	55	52
4 Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5 Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6 Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7 Vinaza a combustion %	0	0	40	40
8 Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9 meses de zafra	6	6	6	6
10 Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11 RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12 RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13 RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14 RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15 RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>				
1 Producción de caña ton/año	<b>22,915,200</b>	<b>32,200,000</b>	<b>35,420,000</b>	<b>40,375,000</b>
2 Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	3,783,500	4,161,850	4,744,063
3 Uso del RAC Disponible %	3.32	16.69	55.53	90.07
4 Produccion de bagazo ton/año	5,112,381	7,183,820	7,902,202	9,007,663
5 Produccion Azucar ton/año	<b>1,773,774</b>	<b>1,869,355</b>	<b>1,984,140</b>	<b>2,138,341</b>
6 Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	160,675	56,315	375
7 Producción EElectrica excedente MWh/año	<b>622,377</b>	<b>1,482,833</b>	<b>4,666,599</b>	<b>8,152,762</b>
8 Potencia Instalada Excedente kW	72,034	171,624	540,116	943,607
9 Producción total de Bioetanol m3/año	<b>580,873</b>	<b>1,158,769</b>	<b>1,314,308</b>	<b>1,565,986</b>
10 Superficie a fertirriego Ha	65,867	103,633	90,884	76,347
11 Economía de GEI. mil ton CO2/año	<b>808,433</b>	<b>1,048,732</b>	<b>2,055,765</b>	<b>3,320,029</b>

**TB109: Escenario A2 (Consumo azúcar tendencial más incremento exportación. Corte máximo sin cambio tecnológico)**

<b>ESCENARIO: A2</b>					
	Producción de Azúcar	Consumo Azúcar Tendencial mas Incremento Exportación			
	Producción de Bioetanol	Corte Maximo sin cambio tecnologico			
		2022	2027	2032	2040
		Situación	Corto	Mediano	Largo
		Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>					
	Producción de Azúcar mil ton/año	<b>1780</b>	<b>1929</b>	<b>2307</b>	<b>2936</b>
	Producción de Bioetanol mil m3/año	<b>580</b>	<b>1186</b>	<b>1309</b>	<b>1534</b>
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>					
1	Área de Siembra mil Ha	372	470	500	545
2	Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3	Proporción de jugo a azúcar %	76	57	59	62
4	Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5	Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6	Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7	Vinaza a combustión %	0	0	40	40
8	Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9	meses de zafra	6	6	6	6
10	Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11	RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12	RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13	RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14	RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15	RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>					
1	Producción de caña ton/año	<b>22,915,200</b>	<b>32,900,000</b>	<b>38,500,000</b>	<b>46,325,000</b>
2	Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	3,865,750	4,523,750	5,443,188
3	Uso del RAC Disponible %	3.32	16.58	55.29	89.99
4	Producción de bagazo ton/año	5,112,381	7,339,990	8,589,350	10,335,108
5	Producción Azúcar ton/año	<b>1,773,774</b>	<b>1,909,993</b>	<b>2,313,523</b>	<b>2,925,285</b>
6	Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	164,168	61,212	431
7	Producción EEléctrica excedente MWh/año	<b>622,377</b>	<b>1,515,388</b>	<b>4,987,895</b>	<b>9,050,927</b>
8	Potencia Instalada Excedente kW	72,034	175,392	577,303	1,047,561
9	Producción total de Bioetanol m3/año	<b>580,873</b>	<b>1,183,960</b>	<b>1,342,373</b>	<b>1,537,397</b>
11	Superficie a fertirriego Ha	65,867	105,886	93,613	77,223
12	Economía de GEI. mil ton CO2/año	<b>808,433</b>	<b>1,071,660</b>	<b>2,200,130</b>	<b>3,685,825</b>

TB110: Escenario B1 (Consumo azúcar tendencial. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi)

<b>ESCENARIO: B1</b>				
Produccion de Azucar	Consumo Azucar Tendencial			
Producción de Bioetanol	Corte Maximo con cambio tecnologico con movilidad Flexi			
	2022	2027	2032	2040
	Situacion	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Produccion de Azucar mil ton/año	<b>1780</b>	<b>1860</b>	<b>1943</b>	<b>2138</b>
Producción de Bioetanol mil m3/año	<b>580</b>	<b>1288</b>	<b>1791</b>	<b>2900</b>
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>				
1 Área de Siembra mil Ha	372	485	545	705
2 Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3 Proporción de jugo a azúcar %	76	54	45	35
4 Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5 Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6 Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7 Vinaza a combustion %	0	0	40	40
8 Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9 meses de zafra	6	6	6	6
10 Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11 RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12 RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13 RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14 RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15 RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>				
1 Producción de caña ton/año	<b>22,915,200</b>	<b>33,950,000</b>	<b>41,965,000</b>	<b>59,925,000</b>
2 Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	3,989,125	4,930,888	7,041,188
3 Uso del RAC Disponible %	3.32	16.42	55.06	89.86
4 Produccion de bagazo ton/año	5,112,381	7,574,245	9,362,392	13,369,268
5 Produccion Azucar ton/año	<b>1,773,774</b>	<b>1,867,216</b>	<b>1,923,361</b>	<b>2,136,176</b>
6 Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	169,408	66,721	557
7 Producción EEléctrica excedente MWh/año	<b>622,377</b>	<b>1,564,221</b>	<b>5,802,915</b>	<b>12,930,193</b>
8 Potencia Instalada Excedente kW	72,034	181,044	671,634	1,496,550
9 Producción total de Bioetanol m3/año	<b>580,873</b>	<b>1,278,770</b>	<b>1,792,125</b>	<b>2,894,621</b>
11 Superficie a fertirriego Ha	65,867	113,828	121,775	136,129
12 Economía de GEI. mil ton CO2/año	<b>808,433</b>	<b>1,106,053</b>	<b>2,547,184</b>	<b>5,265,425</b>

**TB111: Escenario B2 (Consumo azúcar tendencial más incremento de exportación. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi)**

<b>ESCENARIO: B2</b>					
	Producción de Azúcar	Consumo Azúcar Tendencial mas incremento de exportación			
	Producción de Bioetanol	Corte Maximo con cambio tecnologico con movilidad Flexi			
		2022	2027	2032	2040
		Situación	Corto	Mediano	Largo
		Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>					
	Producción de Azúcar mil ton/año	<b>1780</b>	<b>1929</b>	<b>2307</b>	<b>2936</b>
	Producción de Bioetanol mil m3/año	<b>580</b>	<b>1288</b>	<b>1791</b>	<b>2900</b>
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>					
1	Área de Siembra mil Ha	372	490	585	785
2	Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3	Proporción de jugo a azúcar %	76	55	51	43
4	Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5	Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6	Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7	Vinaza a combustión %	0	0	40	40
8	Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9	meses de zafra	6	6	6	6
10	Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11	RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12	RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13	RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14	RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15	RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>					
1	Producción de caña ton/año	<b>22,915,200</b>	<b>34,300,000</b>	<b>45,045,000</b>	<b>66,725,000</b>
2	Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	4,030,250	5,292,788	7,840,188
3	Uso del RAC Disponible %	3.32	16.37	54.88	89.81
4	Producción de bagazo ton/año	5,112,381	7,652,330	10,049,540	14,886,348
5	Producción Azúcar ton/año	<b>1,773,774</b>	<b>1,921,400</b>	<b>2,339,795</b>	<b>2,922,255</b>
6	Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	171,154	71,618	620
7	Producción EEléctrica excedente MWh/año	<b>622,377</b>	<b>1,580,499</b>	<b>6,072,308</b>	<b>14,036,617</b>
8	Potencia Instalada Excedente kW	72,034	182,928	702,813	1,624,608
9	Producción total de Bioetanol m3/año	<b>580,873</b>	<b>1,272,749</b>	<b>1,772,337</b>	<b>2,924,222</b>
11	Superficie a fertirriego Ha	65,867	113,465	121,633	139,622
12	Economía de GEI. mil ton CO2/año	<b>808,433</b>	<b>1,117,518</b>	<b>2,670,419</b>	<b>5,716,025</b>



**TB112: Escenario C1 (Consumo azúcar tendencial. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi y eléctrica)**

<b>ESCENARIO: C1</b>					
	Producción de Azúcar	Consumo Azúcar Tendencial			
	Producción de Bioetanol	Corte Máximo con cambio tecnológico con movilidad Flexi y eléctrica			
		2022	2027	2032	2040
		Situación	Corto	Mediano	Largo
		Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>					
	Producción de Azúcar mil ton/año	<b>1780</b>	<b>1860</b>	<b>1943</b>	<b>2138</b>
	Producción de Bioetanol mil m3/año	<b>579</b>	<b>1262</b>	<b>1631</b>	<b>1020</b>
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>					
1	Área de Siembra mil Ha	372	480	515	380
2	Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3	Proporción de jugo a azúcar %	76	54	48	65
4	Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5	Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6	Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7	Vinaza a combustión %	0	0	40	40
8	Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9	meses de zafra	6	6	6	6
10	Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11	RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12	RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13	RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14	RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15	RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>					
1	Producción de caña ton/año	<b>22,915,200</b>	<b>33,600,000</b>	<b>39,655,000</b>	<b>32,300,000</b>
2	Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	3,948,000	4,659,463	3,795,250
3	Uso del RAC Disponible %	3.32	16.48	55.21	90.24
4	Producción de bagazo ton/año	5,112,381	7,496,160	8,847,031	7,206,130
5	Producción Azúcar ton/año	<b>1,773,774</b>	<b>1,847,966</b>	<b>1,938,654</b>	<b>2,138,341</b>
6	Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	167,661	63,048	300
7	Producción EEléctrica excedente MWh/año	<b>622,377</b>	<b>1,547,944</b>	<b>5,405,534</b>	<b>6,180,106</b>
8	Potencia Instalada Excedente kW	72,034	179,160	625,641	715,290
9	Producción total de Bioetanol m3/año	<b>580,873</b>	<b>1,265,586</b>	<b>1,626,869</b>	<b>1,017,694</b>
11	Superficie a fertirriego Ha	65,867	112,654	111,075	51,674
12	Economía de GEI. mil ton CO2/año	<b>808,433</b>	<b>1,094,589</b>	<b>2,375,237</b>	<b>2,516,753</b>



**TB113: Escenario C2 (Consumo azúcar tendencial más incremento de exportación. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi y eléctrica)**

<b>ESCENARIO: C2</b>					
	Producción de Azúcar	Consumo Azúcar Tendencial mas Incremento de Exportación			
	Producción de Bioetanol	Corte Maximo con cambio tecnologico con movilidad Flexi y electrica			
		2022	2027	2032	2040
		Situación	Corto	Mediano	Largo
		Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>					
	Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1929	2307	2936
	Producción de Bioetanol mil m3/año	579	1262	1631	1020
<b>PARAMETROS OPERATIVOS</b>					
1	Área de Siembra mil Ha	372	490	555	460
2	Productividad media ton caña/Ha	62	70	77	85
3	Proporción de jugo a azúcar %	76	55	53	74
4	Procesamiento de alto rendimiento %	35	40	50	80
5	Generación vapor alto rendim % sobre 4	80	100	100	100
6	Vinaza a fertirriego y compost %	100	80	60	40
7	Vinaza a combustión %	0	0	40	40
8	Vinaza a Biodigestión %	0	0	0	20
9	meses de zafra	6	6	6	6
10	Bagazo a industria mil ton/año	300	350	400	500
11	RAC a calor proceso (% de bagazo)	0	10	20	26
12	RAC neto a generación por comb. %	0	10	30	30
13	RAC neto a combustión con vinaza %	0	0	20	30
14	RAC neto a cobiodigestion con vinaza %	0	0	0	30
15	RAC a forraje % de disponible	3	4	5	7
<b>RESULTADOS</b>					
1	Producción de caña ton/año	22,915,200	34,300,000	42,735,000	39,100,000
2	Disponibilidad de RAC ton/año	2,692,536	4,030,250	5,021,363	4,594,250
3	Uso del RAC Disponible %	3.32	16.37	55.01	90.10
4	Producción de bagazo ton/año	5,112,381	7,652,330	9,534,179	8,723,210
5	Producción Azúcar ton/año	1,773,774	1,921,400	2,306,857	2,946,928
6	Consumo de Gas Natural mil m3/año	200,384	171,154	67,945	363
7	Producción EEléctrica excedente MWh/año	622,377	1,580,499	5,703,685	7,270,645
8	Potencia Instalada Excedente kW	72,034	182,928	660,149	841,510
9	Producción total de Bioetanol m3/año	580,873	1,272,749	1,633,594	1,034,922
11	Superficie a fertirriego Ha	65,867	113,465	112,524	54,671
12	Economía de GEI. mil ton CO2/año	808,433	1,117,518	2,510,179	2,960,886

Seguidamente se presenta un resumen y comentarios de los resultados obtenidos para cada escenario.

**TB114: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario A1**

<b>ESCENARIO</b>	Producción de Azúcar		Consumo Azúcar Tendencial		
	Producción de Bioetanol		Corte Maximo sin cambio tecnologico		
<b>A1</b>	Situación	Corto	Mediano	Largo	
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo	
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>					
	Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1860	1943	2138
	Producción de Bioetanol mil m3/año	580	1186	1309	1534
<b>RESULTADOS</b>					
	Área de Siembra mil Ha	372	460	460	475
	Producción de caña mil ton/año	22915	32200	35420	40375
	Uso del RAC Disponible %	3.32	16.69	55.53	90.07
	Producción EEléctrica GWh/año	622	1483	4667	8153
	Potencia Instalada Excedente MW	72	172	540	944
	Economía de GEI mil ton CO2/año	808	1049	2056	3320

El Escenario A1 contempla las expectativas más conservadoras en cuanto a los parámetros condicionantes. Para el azúcar se mantiene el consumo tendencial con disminución de la ingesta per cápita y no se contempla un incremento adicional a las exportaciones tradicionales. En tanto que se

considera un corte obligatorio hasta el 20 % de acuerdo con lo que permite el parque automotor actual y la legislación. Este consumo de bioetanol debe estar acompañado de precios que actualmente establece la autoridad de aplicación y que se aumente el cupo mínimo obligatorio.

Este escenario A1 evidencia que a pesar de las medidas que se han propuesto para incrementar la productividad y eficiencia, se debe incrementar el área de siembra en un 23,6 % en el corto plazo, pero no se requieren mayores cambios hacia el largo plazo ya que este escenario no se incrementa el corte. Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI de más de dos millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

**TB115: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario A2**

ESCENARIO A2	Producción de Azúcar		Consumo Tendencial. Mayor Exportación	
	Producción de Bioetanol		Corte Maximo sin cambio tecnologico	
	Situación	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1929	2307	2936
Producción de Bioetanol mil m3/año	580	1186	1309	1534
<b>RESULTADOS</b>				
Área de Siembra mil Ha	372	470	500	545
Producción de caña mil ton/año	22915	32900	38500	46325
Uso del RAC Disponible %	3.32	16.58	55.29	89.99
Producción EEléctrica GWh/año	622	1515	4988	9051
Potencia Instalada Excedente kW	72	175	577	1048
Economía de GEI. mil ton CO2/año	808	1072	2200	3686

El Escenario A2 solo agrega al escenario A1 un incremento en la exportación de azúcar. sobre la base de una mínima participación en el suministro a países asiáticos. Para el consumo interno del azúcar se mantiene el consumo tendencial con disminución de la ingesta per cápita. En tanto que para el bioetanol se efectúan las mismas previsiones que en el Escenario A1. Esto es que se considera un corte obligatorio hasta el 20 %.

Este escenario A2 evidencia que a pesar de las medidas que se han propuesto para incrementar la productividad y eficiencia, se debe incrementar el área de siembra en un 26,3 % en el corto plazo, pero se requieren mayores cambios hacia el largo plazo, de un incremento del 46,5 % de la superficie respecto de la actual. Esto responde a la incidencia de un mercado de exportación que deberá ser desarrollado con apoyo de medidas de gobierno en cuanto a facilidades, reembolsos u otras medidas de promoción. Asimismo, se requiere desarrollar una tarea de apertura de un mercado no tradicional para la Argentina.

Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI de más de 2,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

**TB116: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario B1**

ESCENARIO B1	Producción de Azúcar		Consumo Azúcar Tendencial	
	Producción de Bioetanol		Corte Maximo y Movilidad Flexi	
	Situación	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1860	1943	2138
Producción de Bioetanol mil m3/año	580	1288	1791	2900
<b>RESULTADOS</b>				
Área de Siembra mil Ha	372	485	545	705
Producción de caña mil ton/año	22915.2	33950	41965	59925
Uso del RAC Disponible %	3.32	16.42	55.06	89.86
Producción EEléctrica GWh/año	622	1564	5803	12930
Potencia Instalada Excedente MW	72	181	672	1497
Economía de GEI. mil ton CO2/año	808	1106	2547	5265

El Escenario B1 se mantiene el criterio de una proyección de demanda de azúcar doméstica sin aumentar la modalidad de exportación. Para el consumo interno del azúcar se mantiene el consumo tendencial con disminución de la ingesta per cápita. En tanto que para el bioetanol se efectúan las mismas previsiones de corte obligatorio agregando la demanda que significa introducir paulatinamente la modalidad flex, que permite al consumidor utilizar la mezcla que le resulte más conveniente. Este uso del bioetanol exige que desde el regulador se asuma el compromiso de mantener la disponibilidad de bioetanol en el surtidor y que el abastecimiento este garantizado, además del precio que haga competitivo su uso. La señal desde el estado debe ser clara para que el inversor y el usuario decidan efectuar los costos que se amortizaran en un período de varios años. En Argentina se tiene una buena experiencia en la implementación del uso del GNC en el parque automotor privado y comercial.

Este escenario B1 exige que la superficie de siembra se incremente en un 46.5 % en el mediano plazo, cuando comienza a pesar la demanda de los automóviles flex y un incremento de aproximadamente el 90 % en el largo plazo. Por otra parte, se requerirán inversiones en el corto y mediano plazo en la capacidad de producción de bioetanol que permita satisfacer la demanda. A pesar de que esta responsabilidad pertenece al ámbito privado, sería facilitado si se contara con los beneficios y financiación contemplada en el proyecto de Ley de Movilidad Sustentable.

Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI de más de 2,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

**TB117: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario B2**

ESCENARIO B2	Producción de Azúcar		Consumo Tendencial. Mayor Exportación	
	Producción de Bioetanol		Corte Máximo y Movilidad Flexi	
	Situación Actual	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1929	2307	2936
Producción de Bioetanol mil m3/año	580	1288	1791	2900
<b>RESULTADOS</b>				
Área de Siembra mil Ha	372	490	585	785
Producción de caña mil ton/año	22915	34300	45045	66725
Uso del RAC Disponible %	3.32	16.37	54.88	89.81
Producción EEléctrica GWh/año	622	1580	6072	14037
Potencia Instalada Excedente MW	72	183	703	1625
Economía de GEI. mil ton CO <sub>2</sub> /año	808	1118	2670	5716

El Escenario B2 se aplica el criterio de una proyección de demanda de azúcar doméstica. Los niveles de exportación tradicionales e incrementando la exportación a mercados no tradicionales, con el criterio ya descripto. En tanto que para el bioetanol se efectúan las mismas previsiones de corte obligatorio agregando la demanda que significa introducir paulatinamente la modalidad flex, como ya se ha descripto. De este modo este escenario resulta el de mayor volumen de producción tanto del azúcar como de bioetanol

Por lo tanto, este escenario exige un conjunto de medidas del estado que apoyen el incremento de las exportaciones y promuevan el uso de bioetanol en el mercado interno en forma simultánea y sostenible, con claras señales al productor industrial azucarero, a la industria automotriz y a los usuarios.

Este escenario B2 exige que la superficie de siembra se incremente en un 46.5 % en el mediano plazo, cuando comienza a pesar la demanda de los automóviles flex y pero incremento de aproximadamente el 110 % en el largo plazo. Valen los conceptos vertidos respecto a las inversiones en el corto y mediano plazo en la capacidad de producción de bioetanol que permita satisfacer la demanda.

Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI del orden de los 2,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

En el Escenario B2 la producción de electricidad podría satisfacer la totalidad de la demanda de potencia y energía de la Provincia de Tucumán, mediante energía renovable.

**TB118: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario C1**

ESCENARIO C1	Producción de Azúcar		Consumo Azúcar Tendencial	
	Producción de Bioetanol		Corte Maximo. Movilidad Flexi y electrica	
	Situación	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1860	1943	2138
Producción de Bioetanol mil m3/año	579	1262	1631	1020
<b>RESULTADOS</b>				
Área de Siembra mil Ha	372	480	515	380
Producción de caña mil ton/año	22915	33600	39655	32300
Uso del RAC Disponible %	3	16	55	90
Producción EEléctrica GWh/año	622	1548	5406	6180
Potencia Instalada Excedente MW	72	179	626	715
Economía de GEI. mil ton CO2/año	808	1095	2375	2517

El Escenario C1 contempla expectativas conservadoras para la demanda de azúcar, se mantiene el consumo tendencial con disminución de la ingesta per cápita y no se contempla un incremento adicional a las exportaciones tradicionales. En tanto que para el bioetanol se considera un corte obligatorio hasta el 20% y que se implementa la modalidad flexi, pero se pondera el efecto que puede introducir la penetración de la movilidad eléctrica en los vehículos que utilizan naftas.

De ese modo este escenario es el que considera la menor demanda de bioetanol entre las alternativas planteadas. En el corto mediano plazo la demanda de bioetanol se incrementa, pero se reduce sensiblemente hacia el largo plazo. Este panorama no contempla que se incremente el parque de automóviles flexi ni que se modifique el promedio de corte, alternativa que puede alentarse en razones medioambientales ya proporcionaría mayores economías de GEI ante la disminución del uso de las naftas.

Este escenario C1 evidencia que el área de siembra se debe incrementar en el corto y mediano plazo, pero en el largo plazo disminuye a valores próximos a la superficie sembrada actual.

Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI del orden de los 2,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

**TB119: Resumen de los resultados obtenidos para el escenario C2**

ESCENARIO: C2	Producción de Azúcar		Consumo Tendencial. Mayor Exportación	
	Producción de Bioetanol		Corte Maximo. Movilidad Flexi y electrica	
	Situación	Corto	Mediano	Largo
	Actual	Plazo	Plazo	Plazo
<b>PARAMETROS CONDICIONANTES</b>				
Producción de Azúcar mil ton/año	1780	1929	2307	2936
Producción de Bioetanol mil m3/año	579	1262	1631	1020
<b>RESULTADOS</b>				
Área de Siembra mil Ha	372	490	555	460
Producción de caña mil ton/año	22915	34300	42735	39100
Uso del RAC Disponible %	3.32	16.37	55.01	90.10
Producción EEléctrica GWh/año	622	1580	5704	7271
Potencia Instalada Excedente MW	72	183	660	842
Economía de GEI. mil ton CO2/año	808	1118	2510	2961

El Escenario C2 contempla expectativas de incremento la producción de azúcar, que además de atender la demanda interna y exportaciones tradicionales podría exportar a nuevos mercados, como ya se ha descrito. En tanto que para el bioetanol se considera un corte obligatorio hasta el 20 % y que se implementa la modalidad flexi, pero se pondera el efecto que puede introducir la penetración de la movilidad eléctrica en los vehículos que utilizan naftas.



De ese modo este escenario también considera la menor demanda de bioetanol entre las alternativas planteadas, que se reduce sensiblemente hacia el largo plazo.

Este escenario C1 evidencia que el área de siembra se debe incrementar en el corto y mediano plazo, pero en el largo plazo supera los valores de la superficie sembrada actual.

Las mejoras en el proceso, de la eficiencia y la utilización creciente del RAC, permiten ahorros en la emisión de GEI del orden de los 2,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mediano plazo, sin tener en cuenta el ahorro que significa el uso del bioetanol en el parque automotor.

## 5.6. La Hoja de Ruta

Puede interpretarse que una hoja de ruta no es un Plan Estratégico ni un Plan de Ejecución, para lo que resulta necesario contar con una clara definición de objetivos, metas y estrategia. Se entiende que una hoja de ruta consiste en el reconocimiento de una realidad, identificación de referentes, evaluación de acciones y sus resultados y el planteo de recomendaciones para alcanzar resultados que pueden estar a definir, en un marco temporal. Estos temas se han desarrollado in extenso en el presente informe de modo que constituya en una herramienta para la toma de decisiones, donde el camino a seguir y el tiempo lo establecerá el responsable de las decisiones.

Se propone un instrumento metodológico que desde el inicio ordene la participación y los consensos necesarios para la edificación de la Política del sector.

Con el objeto de **Apoyar el Desarrollo de una Hoja de Ruta para la Generación de Energía a partir de la Industria de la Caña de Azúcar**, se presentan seguidamente las componentes de LA HOJA DE RUTA.

### 5.6.1. Los Referentes (Stakeholders)

LA HOJA DE RUTA es una guía en la que se establecen de manera concertada el rol de cada uno de los participantes para la formulación de este instrumento indicativo de apoyo al desarrollo de la actividad sucro alcoholera. En tal sentido se han identificado los referentes interesados en cada tema que de un modo diferente deben participar o colaborar en un desarrollo armónico, según se detalla seguidamente.

#### a. Los actores de la actividad privada.

Los referentes del sector privado constituyen el grupo al que cabe la responsabilidad de encarar las acciones que permitan en cada eslabón de la cadena productiva realizar las inversiones, encarar las modificaciones y las mejores prácticas en un marco de rentabilidad económica con respeto por la regulación del sector y el impacto ambiental y social.

El primer eslabón de la cadena productiva en cuanto al área afectada a la siembra de la caña lo constituyen los propietarios de la tierra, que de una manera directa o tercerizada debe tomar la decisión de optar por este cultivo. Debe distinguirse que los intereses serán diferentes según se trate de pequeños y medianos propietarios, grandes propietarios o propiedad de Ingenios.

En tanto que la posibilidad de organizar cooperativas de productores constituye una posibilidad atractiva para los pequeños productores los Ingenios necesitarán ampliar el área de siembra mediante contratos apropiados o tomar la decisión de desarrollar nuevas áreas que exijan la instalación de nuevos ingenios.

La actividad de actividad de siembra y cosecha será alentada por la demanda de caña que genere la actividad industrial, pero la posibilidad de incrementar los rindes en la producción que proporcionen nuevas modalidades de riego, fertilización, variedades de caña y mejores técnicas, será alentada por las condiciones de mercado que sean sustentables y duraderas.

El eslabón del transporte que además de ser especializado, deberá adaptarse a volúmenes mayores, especialmente por el uso del RAC, con los condicionantes que impone la estacionalidad y la red

caminera que deberá ser capaz de no generar problemas a terceros, que pueden constituirse en un obstáculo durante la gestión.

Los propietarios de los ingenios existentes o nuevos inversores constituyen la principal componente del crecimiento del sector. Es distinta la perspectiva si se trata de empresas tradicionales medianas o grandes con respecto a nuevos participantes. El hecho de estar radicados y con una tradición arraigada la perspectiva podrá ser distinta a los nuevos actores que puedan tener un interés sectorial asociado con otras actividades industriales, como papel, alimentación o energética extra regional, o solo aprovechar oportunidades de negocio. Estos aspectos deberían ser contemplados en la regulación, normativa y promociones según sea el objetivo del regulador en el estamento que corresponda.

Resultan interesados asimismo los propietarios de las redes de comercialización del azúcar y de bioetanol frente al incremento de los volúmenes a operar, según sean las particularidades de cada producto. En el caso del bioetanol, la flota de camiones que debe deponerse, la proximidad a los centros de consumo deberá contemplar las diferencias de oportunidad que representa el bioetanol de otro origen .

Asimismo, las petroleras que participan en logística y comercialización del bioetanol deben visualizar que las medidas que se adopten para incrementar su uso constituyen una oportunidad y no una complicación o detrimento de sus intereses.

Los fabricantes de automotores, ya sea por la posibilidad u obligación de introducir rodados de tecnología flexi y el efecto de la movilidad eléctrica, condicionará la actitud y voluntad de realizar inversiones que acompañen los objetivos que sean plantados para la demanda de bioetanol.

#### b. Los actores del sector académico e investigación.

La región del NOA posee una importante tradición en la formación académica a nivel universitario que ha transitado especialmente en el sector de la caña en sus diversos aspectos, agronómico e industrial. Se debe valorizar la experiencia y potencialidad de las Universidades estatales como privadas en cuanto al aporte de conocimiento, difusión y formación de los profesionales que se demande en el proceso de mejoramiento y expansión de la actividad.

La región cuenta con Institutos de Investigación y Desarrollo, estatales y privados, como la EEAO y el INTA en sus sedes regionales, que resultan un soporte para a actividad actual y con están en condiciones de decidir apoyo a los planes que sean definidos. En tanto estos organismos sean participantes activos serán los asesores naturales para los inversores que proyecten ampliar su actividad o introducirse en la misma.

Estas instituciones disponen campos de ensayo y laboratorios que deberían fortalecerse para el apoyo a cada uno de los eslabones de la actividad.

#### c. La intervención del Estado.

El interés y participación del estado en sus tres ámbitos, el Municipal, Provincial y Nacional es fundamental para la viabilidad del desarrollo de un Plan para la actividad agroindustrial de la caña de azúcar.

Los municipios deben ser informados adecuadamente de las posibilidades de ampliaciones o nuevas inversiones, de tal modo que tengan oportunidad de presentar inconvenientes potenciales, proponer cambios beneficiosos y adoptar medidas de gobierno que eliminen barreras locales. Cada municipio debería reconocer los beneficios que pueda aportar cada proyecto y saber transmitirlo a la comunidad.

Las autoridades de cara provincia donde se proyecten realizar cambios o ampliaciones debe tener una información acabada de los emprendimientos, de ese modo podría fundadamente acompañar su desarrollo. Se destaca la participación que le cabe a los reguladores provinciales de las áreas de medio ambiente y eléctrico. Asimismo, cada provincia debe asegurar las condiciones relativas a la Salud Pública, además de la higiene y seguridad del trabajo. Algunas provincias cuentan con



instituciones específicas para la actividad azucarera que tiene una participación relevante a la hora de la toma de decisiones.

Las autoridades nacionales intervienen en múltiples aspectos de la implementación de un plan de desarrollo del sector azucarero. Se destaca la relevancia del organismo que interviene en el desarrollo productivo, que bien puede constituirse en el responsable de la elaboración de un plan sobre la actividad energética del sector cañero conjuntamente con el organismo responsable de agricultura y el de energía. El conocimiento y participación de estos organismos resulta necesaria y conveniente de modo tal de aunar criterios y encarar acciones conjuntas y armónicas.

En el entendimiento que algunas medidas requerirán resoluciones de carácter impositivo y aduanero resulta necesario que los legisladores de las comisiones correspondientes sean informados y adhieran a los objetivos que se definan el plan de desarrollo del sector cañero.

#### d. Los efectos sociales y ambientales

En cuanto a los interesados en el orden social los trabajadores en casa una de las etapas de la actividad resultan particularmente involucrados, tanto en su actividad actual como potencial. Los incrementos en áreas de siembra serán apreciados como una oportunidad, pero la incorporación de tecnología en las tareas de labranza podría percibirse como una amenaza. El Plan se debe considerar especialmente estos aspectos y elaborar adecuadamente las medidas que garanticen la fuente de trabajo y destacar que la superior calidad de las tareas. En este sentido se deben informar sobre medidas de capacitación o reciclado de los trabajadores actuales hacia nuevas tareas de mayor complejidad, como la informática en la labranza y fertilización.

Las organizaciones gremiales deben ser informadas respecto de las nuevas actividades y su demanda laboral, como el uso intensivo del RAC como fuente energética y el tratamiento integral de la vinaza, además de los nuevos emprendimientos globales para satisfacer los incrementos de demanda.

Interesados de gran importancia para la difusión de los planes en el sector industrial y de servicios, resultan las Cámaras empresarias del sector azucarero o vinculadas, tales como la del Azúcar, de Biocombustibles, del Automotor y de Autopartes, de Expendedores de combustibles y de Exportadores.

A los efectos de contar con una Licencia Social resultan interesados que deben ser adecuadamente informados las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que se desenvuelven en temas ambientales y de promoción social. Asimismo, se debe contemplar en el plan y en la actividad de su socialización el adecuado tratamiento de la participación de las Comunidades de Pueblos Originarios la igualdad de oportunidades y la equidad de género.

Debe reconocerse la importancia y el interés de los Medios de Comunicación en el reconocimiento de los beneficios del plan que se proponga para el desarrollo del sector azucarero y el adecuado tratamiento del impacto ambiental y social.

La tabla siguiente presenta los Referentes descriptos.

TB120: Referentes (Stakeholders)

<b>REFERENTES (Stakeholders)</b>	
<b>1 Privados</b>	
	Propiedad de la Tierra
	Pequeños y medianos propietarios del Campo
	Grandes Propietarios
	Propiedad de Ingenios
	Actividad de siembra y cosecha
	Transportistas
	Propietarios de Ingenios
	Empresas grandes
	Empresas medianas
	Comercializadores de azucar
	Comercializadores de Bioetanol
	Fabricantes de Automotores
<b>2 Academicos e investigación</b>	
	Universidades Regionales
	Institutos de Investigación y desarrollo
	Desarrolladores tecnologicos
	Laboratorios y biotecnologos
<b>3 Estatales</b>	
	Autoridades Municipales
	Autoridades Provinciales
	Reguladores Ambientales
	Reguladores energeticos
	Salud Publica
	Legislatura Provincial
	Institutos de la Actividad Azucarera
	Autoridades Nacionales
	Ministerio de Producción
	Ministerio de Agricultura
	Ministerio de Energía
	Agencias Impositiva y aduana
	Legislatura Nacional
<b>4 Sociales</b>	
	Gremios
	Camaras empresarias del Azucar
	Del Azúcar
	De Biocombustibles
	Del Automotor y de Autopartes
	De Expendedores de combustibles
	De Exportadores
	Organizaciones No Gubernamentales
	Comunidades de Pueblos Originarios
	Medios de Comunicación

5.6.2. Las Actividades y Recomendaciones.

En el desarrollo del presente estudio global del sector azucarero mundial y nacional, se ha descrito la situación actual y las perspectivas de desarrollo con avanzado detalle, particularizando el aspecto energético y ambiental. Se han descrito las actividades que componen la cadena de valor planteando y fundamentando en cada etapa las recomendaciones, sus características y beneficios.

Se han planteado seis escenarios con diferentes Parámetros Condicionantes que deben ser definidos en un Plan de Gobierno se han cuantificado los principales parámetros y obtenido los resultados relevantes.

Seguidamente se presenta un cuadro orientativo de los plazos que demandarían para cada actividad planteada, las recomendaciones formuladas, comunes para los escenarios planteados. Se ha indicado globalmente el sector responsable de implementar la recomendación formulada.

FG139: Cuadro orientativo de los plazos que demandarían los escenarios planteados

ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES	Responsabilidad	Iniciativa Privada					
		Asistencia Estratral y Regulatoria					
		Desarrollo Tecnológico					
		CORTO PLAZO		MEDIANO PLAZO		LARGO PLAZO	
		2023	2027	2028	2032	2033	2040
1. Incorporación de Area de Siembra							
1.1. Incremento de siembra en áreas aptas							
2. Incremento de Productividad (Toneladas por Hectarea)							
2.1. Metodos de siembra							
2.2. Riego							
2.3. Tareas de fertilización							
2.4. Prácticas de sanidad vegetal							
2.5. Metodos de cosecha							
2.6. Variedades de caña							
2.7. Variedades transgenicas							
3. Uso del Rac							
3.1. Reduccion de la quema							
3.2. Proteccion del suelo							
3.3. Recolección del RAC							
3.4. El RAC como combustible							
3.5. EL RAC como forraje							
4. El proceso industrial							
4.1. Generación mas eficiente en instalaciones existentes							
4.2. Cogeneración con Instalaciones existentes							
4.3. Cogeneración con nuevas instalaciones							
4.4. Generación con RAC y/o mezclas fuera de zafra							
4.5. Limpieza de RAC, caña y Trash							
4.6. Presecado de bagazo							
4.7. El uso del bagazo							
4.8. Uso de la Cachaza							
4.9. Biodigestión de Cachaza							
4.10. La venta de excedentes energéticos							
4.11. Adecuada regulación en el Mercado Electrico Mayorista							
4.12. Reconocimiento de creditos de ahorro de GEI							
4.13. El uso de las cenizas							
5. La elaboración del Bioetanol							
5.1. El fertirriego							
5.2. Concentración de la vinaza							
5.3. La vinaza como combustible							
5.4. La biodigestion de la Vinaza							
5.5. La produccion de fertilizantes							
5.6. Uso del digestato y lodos							
5.7. Reduccion de riesgos de contaminación							
5.8. Uso en movilidad vial							
5.9. Uso en movilidad aérea							

5.6.3. Los Beneficios Esperados.

Del mismo modo se presentan seguidamente los beneficios esperados con una orientación temporal, en las distintas actividades y planos son beneficiados por las medidas en el sector.

FG140: Beneficios esperados

BENEFICIOS ESPERADOS	CORTO PLAZO		MEDIANO PLAZO		LARGO PLAZO	
	2023	2027	2028	2032	2033	2040
<b>1. En la actividad agrícola</b>						
1.1. Reducción en el consumo de agua de riego						
1.2. Menor consumo de combustibles en tareas de labranza						
1.3. Menor consumo energía de bombeo para riego						
1.4. Mayor producción por mejores variedades						
1.5. Economía en reposición de plantines						
1.6. Menor impacto de enfermedades de caña						
1.7. Mayor uso del RAC como forraje						
1.8. Incorporación de nuevas áreas de siembra						
<b>2. En el proceso industrial</b>						
2.1. Menor consumo energético en el proceso						
2.2. Reducción de consumo de gas natural						
2.3. Uso del RAC como cocombustible						
2.4. Venta excedentes energía eléctrica de la cogeneración						
2.5. Uso del RAC como combustible						
2.6. Producción energética con vinaza y cachaza						
2.7. Producción de fertilizantes con vinaza						
<b>3. En el plano ambiental y social</b>						
3.1. Reducción de emisiones por quema de RAC						
3.2. Reducción de emisiones en tareas de labranza						
3.3. Reducción de emisiones por eficiencia del proceso						
3.4. Reducción de emisiones por ahorro de gas natural						
3.5. Ahorro de emisiones por sustitución de Motonaftas						
3.6. Menores riesgos en el manejo de vinaza						
3.7. Incorporación de mano de obra en logística del RAC						
3.8. Incorporación de mano de obra en transporte de RAC						
3.9. Incorporación de mano de obra en generación						
3.10. Incorporación de mano de obra en tratamiento de vinaza						
3.11. Mejoramiento de condiciones y calidad laborales						
<b>4. En el plano Macroeconómico</b>						
4.1. Fortalecimiento de Economías Regionales						
4.2. Sustitución de combustibles						
4.3. Reducción de importaciones						
4.4. Incremento de exportaciones						

## ANEXOS

### ANEXO A. ECONOMÍA CIRCULAR. EL CICLO DE PRODUCCIÓN

#### A. ECONOMIA CIRCULAR. EL CICLO DE PRODUCCION.

##### A.1. Etapa de la cosecha de la caña y su residuo

###### A.1.1. Proceso de Cosecha

La caña de azúcar puede ser cosechada tanto en forma manual como mecanizada. La cosecha manual se realiza cortando los tallos con machetes, depositando tales tallos en hileras a lo largo de los surcos de plantación y luego, ahí mismo, suelen quemarse las hojas para disminuir el volumen a transportar.

Por su parte, la cosecha mecánica se realiza con maquinaria integral, que despuntan las plantas, cortan la base de los tallos, trozan y separan las hojas mediante el accionar de ventiladores especiales, integrados en la máquina. Esos restos vegetales de despunte y hojas se depositan en el campo, formando el residuo de cosecha (RAC), localmente conocido como maloja.

Como práctica cultural esos restos suelen ser incendiados, aunque también accidentalmente suelen ocurrir incendios sobre campos con maloja.

Como se indicó, una práctica corriente, aunque en franco retroceso, es la de quemar el residuo orgánico que queda de la cosecha, e incluso, en ocasiones se queman las hojas en forma controlada estando la caña en pie, de modo de disminuir el volumen de material que se convertirá en residuo. Esta práctica, también de aplicación en disminución, busca, por un lado, reducir el volumen de materia vegetal a manipular durante la cosecha, y por el otro, atemperar la cantidad eventual de suciedad y que residuos que vaya al ingenio entremezclado con los tallos de caña, evitándose así, al mismo tiempo, castigos en el precio percibido por el productor, o pérdidas de eficiencia cuando se trata de ingenios integrados verticalmente.

###### A.1.2. Tratamiento del RAC en campo

El dejar el RAC, residuo agrícola de cosecha, sobre el suelo es interpretado por muchos productores como un problema que entorpece al próximo ciclo cañero, puesto que, al cubrir la capa superficial del suelo, contribuye a que demore su secado, a la par que obstaculiza el desarrollo de las cañas. Por otro lado, el material orgánico depositado, se va secando con el transcurso de los días, constituyendo un potencial foco de incendios accidentales, que pueden afectar las propiedades del productor como la infraestructura pública circundante, como los tendidos eléctricos.

Esa combustión eventual, accidental o inducida intencionalmente, también constituye un foco de contaminación por la emisión de gases y hollín, a la par que afecta la composición de nutrientes del suelo por volatilización (pérdidas de carbono y de nitrógeno, básicamente). A la vez, la quema hace lugar a que se acumule en el mismo suelo carbono inerte.

Cuando se realiza la práctica de cosecha mecanizada "en verde", en la cual las máquinas ingresan al cañaveral sin quema previa, triturando las hojas y despuntes que van cortando, y los depositan en el suelo, el problema persiste, porque la capa de materia orgánica referida continúa cubriendo el suelo donde se desarrollará el próximo ciclo. Y existiendo tales residuos, continúa vigente la práctica, o al menos, la intención de ejercerla, de quemar ese RAC, con las consecuencias antes mencionadas.

Frente a esta situación, a lo largo de las últimas dos décadas se han venido desarrollando ensayos para ajustar distintos tipos de usos potenciales del RAC, buscando evitar que los productores apelen a su quema. Al igual que con otros subproductos de la caña de azúcar, el RAC pasa de ser, en algunos casos, un mero residuo a convertirse en un insumo para la producción de otro bien.

Básicamente, se plantean las siguientes opciones:

- El manejo agronómico del RAC, manteniendo una cubierta de materia orgánica en el suelo del cañaveral, que correctamente manejada contribuye a la preservación de los niveles óptimos de



humedad, favorece el control de malezas y, con ello, reduce el costo relativo a la aplicación de herbicidas.

- La cosecha del RAC por medio de máquinas enfardadoras adecuadas a las características de este material, facilita su utilización para constituir contrafuegos en los lindes del cañaveral, de modo de evitar o minimizar los efectos derivados de los incendios de cañaverales que se produzcan en las fincas vecinas.
- El RAC puede utilizarse también para la composición de la dieta brindada a ganado bovino, en combinación con otros forrajes e ingredientes.
- El residuo de cosecha de la caña de azúcar puede constituir un insumo energético importante, utilizado para la cogeneración de energía en calderas donde se lo quema junto al bagazo, o bien directamente para la generación eléctrica, utilizándose como producto de base en calderas de biomasa.

La opción del uso energético del RAC conforma la alternativa de mayor proyección, si bien la de mayor costo asociado a su implementación.

En tanto esto, incorporar RAC al proceso de combustión contribuye, además de eliminar el exceso de material orgánico que queda en los campos post-cosecha, a completar la carga de las calderas bagaceras destinadas a producir energía que consumen los ingenios azucareros y las destilerías de etanol.

Con esta finalidad, está disponible la tecnología para enfardar a campo el RAC y, posteriormente, conformarlo en pellets, de más fácil manejo para los procesos de quemado. Este procedimiento (enfardado y pelleado) ha sido puesto a punto por trabajos desarrollados en el marco de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) y por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Sin embargo, y tal como se señala en un informe elaborado en el seno de la segunda institución mencionada, esta tecnología no ha sido validada por la misma industria de la caña de azúcar (principalmente, en lo atinente a los costos operativos). Cabe destacar la exitosa experiencia de Ledesma en Jujuy con la implementación de combustión de RAC combinada con bagazo.

## **A.2. Etapa de proceso industrial de la caña.**

### **A.2.1. El proceso industrial de la caña**

La caña de azúcar cosechada se transporta al ingenio azucarero y rápidamente es picada para luego pasar, ya troceada, a un trapiche. En él, los trozos de los tallos de la caña son exprimidos por las masas de acero que lo conforman, obteniendo un jugo y un residuo fibroso.

El jugo será, posteriormente, depurado a través de una serie de filtros, sometido a un tratamiento clarificante y, finalmente, se lo cocinará para concentrarlo en etapas sucesivas, hasta que se llega a la cristalización de la sacarosa contenida en ese jugo, de la cual, luego de extraer el agua que aún pudiera contender, se obtiene el azúcar blanco común.

El residuo fibroso derivado del trapichado de la caña es el bagazo, y se lo puede destinar, dado su componente de celulosa, para la fabricación de papel. En la industria del papel, solamente se utiliza la fibra del bagazo y queda la médula disponible como combustible para las calderas. Para el inicio de la zafra puede utilizarse gas natural pero también bagazo acumulado de la zafra anterior y/o RAC.

El bagazo se lo utiliza para quemarlo en calderas, solo o combinado con otro material orgánico o combustible fósil, a efecto de producir vapor energético que es utilizado en distintos procesos que se desarrollan en el seno de los ingenios azucareros.

La maquinaria instalada en los ingenios comienza cada campaña anual consumiendo combustibles fósiles o gas natural, y a medida que la zafra cañera va progresando, cuando la disponibilidad de bagazo se acrecienta, comienzan a utilizar el bagazo como fuente de energía para generar vapor, producido luego del trapichado de las piezas de caña.

Sucintamente, el proceso implica que el residuo fibroso del trapichado se transfiere hacia las calderas donde es quemado en movimiento. Dado que por su composición el bagazo combustiona rápidamente, un sistema interno de la caldera inyecta aire para crear turbulencia, esparcir el bagazo introducido, y así quemarse de inmediato, prácticamente en el aire.

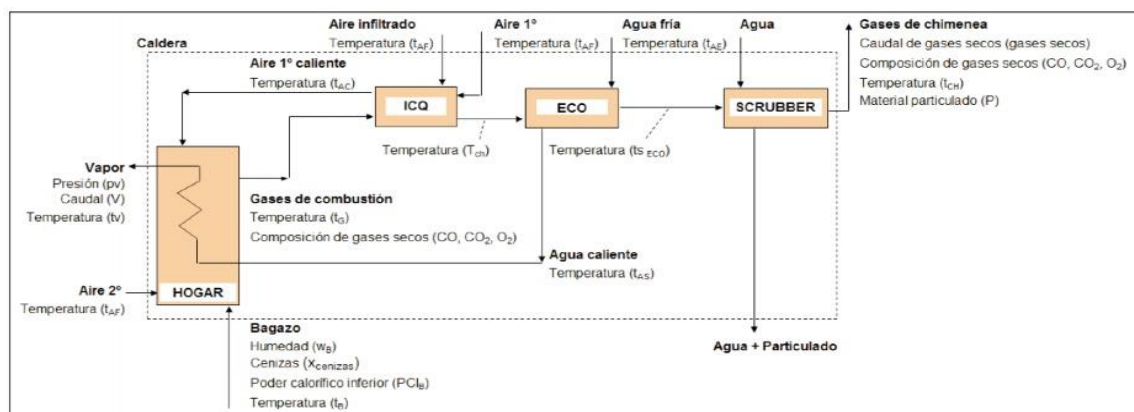
### A.2.2. La energía en el proceso industrial.

En el fondo de la caldera se depositan las cenizas, mientras que los gases de combustión entregan la energía a las distintas etapas por las que transitan, entre paredes de agua, sobrecalentadores, y economizadores de aire, de modo de obtener el vapor requerido. Este es transportado, por medio de tuberías, a una turbina, donde genera la energía mecánica que mueve el generador de energía eléctrica.

La industria azucarera ha incorporado en las últimas décadas modernas calderas que además de replicar el esquema de funcionamiento mencionado, trabajan a mayor presión que las calderas tradicionales, posibilitando un mejor rendimiento térmico. Esto adquiere relevancia para la cogeneración de energía eléctrica y de vapor para calefacción, la cual se produce en forma más segura, confiable y precisa.

Las calderas modernas permiten obtener una mayor producción de vapor y energía eléctrica a partir de la misma carga de biomasa (bagazo), sin la obligación de tener que complementar la incineración con combustibles fósiles. En definitiva, esta forma de producir vapor y electricidad apela a tecnologías de producción limpia, ahorradoras de recursos y minimizadoras de emisiones y de usos de materias primas tóxicas.

FG141: Diagrama de la generación de vapor por caldera bagacera



Fuente: F. Franck et al. (2011)

En general, los ingenios de mayor envergadura trabajan con calderas modernas, de alta presión, lo que les permite autoabastecerse de la energía requerida, vender en algunos casos a la red interconectada y, principalmente, dejar de depender de la utilización de gas natural, el cual, desde hace más de una década y media, encuentra obstáculos para mantener un flujo normal de aprovisionamiento a las industrias demandantes.

De acuerdo a estimaciones públicas y privadas, las firmas del sector azucarero han disminuido, mediante la autogeneración energética, las compras de gas natural en torno a un 50% a lo largo del presente siglo.

Los mencionados problemas de abastecimiento de gas natural utilizable como insumo energético para los procesos industriales de los ingenios, sumado al incremento de precios de dicho producto, impulsan en las firmas la decisiones empresarias de invertir en autogeneración, de modo de lograr el abasto propio y, colateralmente, vender energía eléctrica al mercado.

Del total de 22 ingenios operativos existentes en el país, el 64% utilizan gas natural adquirido en el mercado. De ese subconjunto de 14 ingenios, el 36% presentan una relación entre metros cúbicos de gas natural consumido y tonelada de caña procesada muy elevada (40 m<sup>3</sup>/tn, en promedio), una quinta parte presenta una relación intermedia (en torno a 10 m<sup>3</sup>/tn), y el restante 43% expone una relación baja (alrededor de 5 m<sup>3</sup>/tn).

A modo de hipótesis, puede considerarse que los dos últimos grupos, pero particularmente el último, realizan un uso más intenso del bagazo como insumo energético. Y complementariamente, puede considerarse que los ingenios incluidos en el primer grupo expongan una relación más elevada porque utilizan el gas natural consumido tanto para la transformación industrial de la caña como, y de un modo incremental, para generar energía eléctrica con destino a su venta en el mercado nacional.

Si se observa la relación entre caña procesada y la electricidad generada en cada ingenio, la evaluación nacional expone que, en promedio, está en torno a 19 kWh/tn. Siendo que el consumo es de 25 kWh/tn, se aprecia que la generación sería deficitaria y que el sector debe adquirir energía en la red.

Desde la perspectiva temática de este Informe, puede inferirse que ese desbalance entre requerimientos y producción energética expresa, implícitamente, que el bagazo se emplea que requiere de su complementación con gas natural para la combustión, o bien se destina a otro uso no energético.

La tecnología para el secado eficaz y eficiente del bagazo está teóricamente disponible, y abarca desde la exposición al aire libre hasta el empleo de túneles de secado, sin embargo, no se ha difundido plenamente en el sector, por lo cual deja abierta la cuestión de las causas de dicha brecha de adopción, si se debe a cuestiones de adecuación tecnológica, o si no se adopta esta tecnología por razones de costos que inciden en el resultado económico final. Debe destacarse la dificultad que significa la gran magnitud de los volúmenes que deben procesarse,

### A.2.3. Uso del bagazo

En cuanto al uso no energético del bagazo, como se mencionó, su alto contenido de celulosa permite su utilización para la fabricación de papel. Actualmente, entre el 16% y el 22%, según la fuente, del total de la pulpa virgen para papel que se produce en el país se origina en el empleo de bagazo de caña de azúcar, siendo producida por dos firmas. Considerando una producción promedio en el último lustro de 900.000 tn anuales de pulpa virgen, la producción de la misma a partir de bagazo de caña se ubica entre las 144.000 y 198.000 tn anuales.

Si bien la tecnología para el procesamiento del bagazo con orientación a la obtención de pulpa virgen para papel ya se encuentra madura, se están desarrollando nuevos desarrollos científicos en torno a la concepción del bagazo como biorrefinería. Así, a fin de mejorar el reciclado de papel, es decir, la utilización de papel ya utilizado para producir nueva pasta de fabricación de papel, se está trabajando en torno a aprovechar el 30% (en promedio, según la especie de caña del que provenga) de hemicelulosa que contiene el bagazo.

La hemicelulosa, que es un polisacárido muy abundante en la naturaleza, se pierde en gran parte entre los efluentes de la producción de pulpa de papel, manteniéndose una parte en la composición de esta, que sirve para otorgarle determinados rasgos de utilidad para su procesamiento industrial. Los desarrollos en curso buscan extraer dicha hemicelulosa antes de que se pierda con los efluentes, pero sin perjudicar el equilibrio interno de la pulpa producida. Con tal polisacárido disponible, se plantea mejorar la calidad de la pulpa que se fabrica a partir de papel reciclado.

Con la misma hemicelulosa, es teóricamente factible desarrollar películas e hidrogeles resistentes que soportan alta acidez. La utilización de estos productos se orienta al ámbito de los embalajes y recubrimientos alimenticios, como así también -aunque en menor medida- hacia sus usos biomédicos (en terapias transdérmicas).

De avanzarse con estos desarrollos a nivel científico y, posteriormente, plasmarlo en tecnologías a escala industrial, se estaría logrando un avance significativo en el perfil sostenible de la industria papelera, a la vez que se refuerza el proceso de transformación del bagazo, de residuo a materia prima industrial.

En el proceso de incineración del bagazo en las calderas ad hoc antes mencionado, se genera un residuo conformado por la ceniza que queda del mismo. Se desconoce con precisión el volumen de cenizas generadas en el país a partir del funcionamiento de aquellas calderas, sin embargo, puede estimarse que, con variaciones según el tipo de caña del que provenga y de las condiciones de humedad del bagazo, la ceniza representa entre el 2% y el 7 % del peso del bagazo quemado.

Las cenizas son retiradas de las calderas y en gran medida, desechadas. Por ejemplo, en Tucumán se mezclan con agua y vuelcan a cursos fluviales. En una proporción menor se incorporan a procesos de compostaje o se utilizan directamente como fertilizante, pese a su reducida capacidad nutricional.

Dado el elevado contenido de sílice de estas cenizas, entre el 60% y el 78%, desde finales del siglo pasado se han venido desarrollando estudios relacionados a la capacidad puzolánica de estas cenizas. Dicha capacidad es el comportamiento que experimenta un material para reaccionar con el hidróxido de calcio para formar compuestos hidráulicos similares a los que se generan durante la hidratación del cemento.

La actividad de la construcción es una de las de mayor huella de carbono, en tanto que para la obtención de cemento se produce un gran gasto energético. Se estima que por cada tonelada de cemento Portland producido, se libera una cantidad similar de dióxido de carbono. Frente a esto, se han venido analizando alternativas de reemplazo parcial o total del cemento, y en función de los resultados de los estudios realizados, la ceniza originada en la quema del bagazo puede ser utilizada con dicho fin.

En la actualidad, tanto en Argentina como en otros países, se están realizando estudios para desarrollar la tecnología de incorporación de estas cenizas a las mezclas de cemento, tanto a nivel de mortero como de concreto. Hasta el momento, se conoce que el proceso debe comenzar por la molienda de esas cenizas para obtener una granulometría adecuada. Posteriormente, según su destino, se busca estandarizar el porcentaje de reemplazo que puede alcanzarse. Según algunos ensayos, se estima que dicho reemplazo puede llegar al 10%, con algunas desventajas en relación a la trabajabilidad del material, pero con ganancias a nivel de resistencia.

Si bien se trata hasta el momento de un desarrollo en fase experimental que no ha sido plenamente adaptado al uso industrial y comercial, marca un sendero de trabajo para continuar con la funcionalización de los residuos de la industria azucarera, convirtiéndolos en materia prima de nuevos productos.

El uso de la ceniza de bagazo de caña como material cementante alternativo conlleva una disminución del impacto ambiental de la actividad de la construcción, porque reduce la extracción de recursos naturales no renovables y la emisión de gases de efecto invernadero, así como contribuye a aprovechar un residuo industrial, reincorporándolo al ciclo productivo y evitando su deposición final en el ambiente, con efectos adversos sobre el suelo y el agua.

### **A.3. Etapa de proceso industrial del bioetanol.**

#### **A.3.1. El proceso de producción de la vinaza.**

Los jugos de la caña de azúcar originados en el trapicheo inicial del proceso de producción de azúcar comienzan a transitar un proceso de filtrado y clarificación, pasando luego a depósitos de cocción, donde comienza a ser concentrado. Una etapa intermedia de esa concentración es la que permite obtener la melaza; si continúa la concentración de aquellos jugos, se pasa a la etapa de la cristalización de la sacarosa, que luego de un deshidratado final permite obtener el azúcar blanco de consumo corriente.

El producto intermedio mencionado, la melaza, es destinado a la obtención de alcohol etílico (etanol). Para esto, la melaza se diluye parcialmente con el agregado de agua y algunas nutrientes específicas, y se la inocula con levaduras específicas, a fin de que inicie el proceso de fermentación.

Producto de este proceso se obtiene el denominado mosto fermentado, que exhibe una concentración de entre 10% y 12% de alcohol. El mosto es centrifugado y convertido en un líquido fluido llamado vino. El vino transita hacia una nueva fase del proceso productivo que es la destilación, de la cual se obtiene alcohol hidratado, a la vez que queda un residuo líquido denominado vinaza.

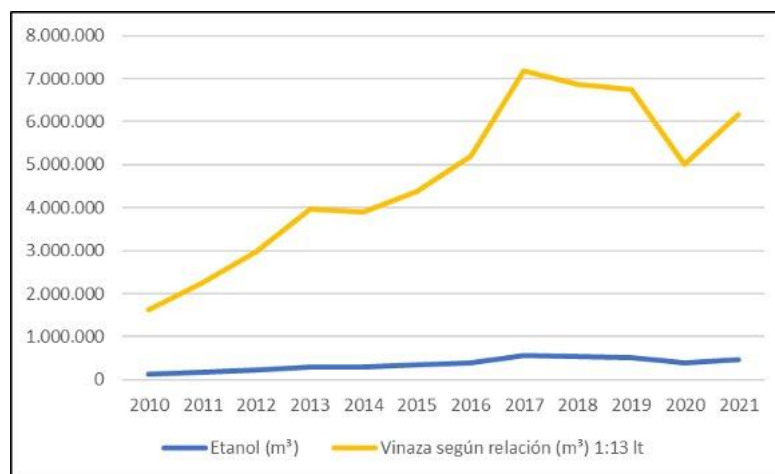
El alcohol obtenido posee 96° y entre un 4% y un 5% de agua, por lo cual se lo puede someter a deshidratación a fin de dejarlo en condiciones de ser utilizado como combustible.

En términos generales, por cada litro de alcohol obtenido, el proceso productivo genera entre 10 y 15 litros de vinaza. Este residuo es retirado de la columna de destilación con una elevada temperatura (próxima al punto de ebullición) y con una presencia importante de sólidos orgánicos. Su color es pardo

claro, pero a medida que es expuesta al aire se oxida, tornándose paulatinamente más oscura. Tratándose de un residuo contaminante, su correcta recolección, tratamiento y deposición o reutilización resulta un nodo clave dentro del proceso productivo del etanol de caña de azúcar.

A fin de exponer una perspectiva de la magnitud de la vinaza generada, obsérvese el Gráfico siguiente, donde se considera un residuo promedio de 13 litros por litro de etanol producido, y su crecimiento a lo largo de los últimos doce años.

**FG142:** Evolución de la producción de etanol de caña de azúcar y de la vinaza generada (en m<sup>3</sup>)



Fuente: elaboración propia en base a MAGyP.

A lo largo del período graficado, el sector productor de etanol de caña debió administrar entre alrededor de 1,8 millones de m<sup>3</sup> y casi 7,2 millones de m<sup>3</sup> de vinaza. Dada la capacidad contaminante de este residuo, dicha administración adquiere una relevancia técnica, económica y social muy grande.

### A.3.2. Características de la vinaza.

En términos generales (dado que varía según los establecimientos y el tipo de proceso que le da origen), la vinaza se compone en un 90% de agua y el resto son sólidos presentes, de los cuales, el 75% son compuestos orgánicos. De los compuestos inorgánicos presentes, se destacan el calcio, magnesio, sodio, zinc, cobre, manganeso y, fundamental, el potasio, cuya presencia representa, en promedio, el 64% del total de sólidos inorgánicos.

Dos indicadores claves del carácter contaminante de la vinaza generada en el proceso de producción de etanol son sus valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y de Demanda Química de Oxígeno (DQO). La primera es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos presentes en un líquido durante el proceso de degradación; la segunda, por su parte, es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente a la materia orgánica presente en un líquido determinado. La DBO tiene un piso de 30 mg O<sub>2</sub>/lt, y la DQO uno de 40 mg O<sub>2</sub>/lt, siendo que, si se superan esos valores, se considera al líquido como contaminado. En el caso de la vinaza, la DBO detenta en promedio 42.940 mg O<sub>2</sub>/lt, mientras que la DQO exhibe 98.753 mg O<sub>2</sub>/lt.

Se han tomado medidas de posición y desarrollado procesos orientados a mitigar el riesgo contaminante que encierra a través del establecimiento de pautas de manejo y/o tratamiento correctas, a la par que también convertirla en un producto con valor de mercado, de modo tal que deje de ser considerado como un residuo y pase a contemplársela como un insumo para la obtención de otros productos.

### A.4. Etapa de manejo y tratamiento de la vinaza.

La deposición de la vinaza en las áreas cañeras de todo el mundo transcurrió por diversas etapas. Originalmente, se volcaban al espacio público, principalmente cursos de agua, considerando que el líquido se diluiría ahí sin mayores problemas. Con el correr de los años, y producto de diversas situaciones conflictivas (mortalidad de peces que afectaba a comunidades de pescadores asentadas aguas debajo de donde se realizaba el volcado de la vinaza; afectación del agua para consumo humano



que se captaba en localidades cercanas a las zonas de deposición; etc.), comenzó a gestarse algún tipo de regulación en cuanto al manejo del residuo.

A fines de la década de 1970 comenzaron a implementarse medidas de prohibición de volcado de vinazas en espacios públicos, pese a lo cual la práctica continuó vigente originando, avanzada la década siguiente, numerosos incidentes ambientales (con fuertes implicancias sociales, porque afectaban los recursos naturales de los que vivían muchas comunidades rurales).

Si bien desde la década de 1950 se poseían conocimientos en torno a los efectos de la aplicación de la vinaza sobre suelos agrícolas, no fue hasta los años de 1980 cuando comenzaron a sistematizarse y profundizarse investigaciones orientadas a definir, desarrollar y probar diversas alternativas para el manejo de la vinaza y, en particular, para otorgarle un valor económico a partir de su utilización productiva o de la obtención de otros productos a partir de ella.

La idea que guio buena parte de esos desarrollos fue la de definir tratamientos aplicables a la vinaza que permitiera su utilización controlada, sobre suelos agrícolas, de modo de devolver a la tierra donde se cultivaba la caña de azúcar, parte de los orgánicos y minerales que se le extraía con dicho cultivo.

Básicamente, los caminos recorridos a lo largo de las últimas décadas del siglo pasado y la primera del actual fueron siempre en relación a su uso agrícola directo o indirecto, a través de la obtención de productos de aplicación agrícola: a) la aplicación directa sobre las áreas de cultivo, b) la fermentación para la obtención de fertilizantes, y c) la concentración para su utilización como fertilizante natural. En años más recientes se avanzó por otros carriles, en los cuales la vinaza podría convertirse en un insumo energético, o en el sustrato para la obtención de bacterias y levaduras con usos distintos que el de la reposición de nutrientes en el suelo agrícola.

A fin de brindar un panorama general de los tratamientos posibles de aplicarse a la vinaza y sus usos ulteriores, seguidamente se realiza una sistematización de ellos.

#### A.4.1. Alternativas de disposición de la vinaza

Considerando el aprovechamiento agrícola de la vinaza, se identifican cuatro principales modalidades, a saber:

- Aplicación en surco de vinaza diluida.

Implica considerar a la vinaza cruda, previamente diluida en agua (en proporciones que van entre 1:10 y 1:30) como una enmienda orgánica para los suelos cañeros.

Su aplicación es sencilla (basta con volcar la dilución en el surco de riego del campo a tratar) y de bajo costo (que consiste, fundamentalmente, en la logística implicada en el transporte desde el ingenio hasta la zona de cultivo).

La aplicación directa de la vinaza aparejara cambios positivos en el suelo, como incremento del pH, aumento en el contenido de nutrientes de retención de cationes, mayor capacidad de retención de humedad, y mejoramientos en algunos parámetros de la estructura física del suelo.

La aplicación directa (por este procedimiento del surco, o por los que seguidamente se mencionarán) puede suplir, si se dosifica correctamente, entre el 50% y el 100% de los requerimientos de nitrógeno del cultivo.

- Aplicación por aspersión de vinaza pura.

Este procedimiento implica distribuir en los campos de cultivo la vinaza pura, sin diluir con agua, a través de maquinaria de aspersión.

Evidentemente, esta modalidad de deposición que en la práctica es una forma de restituir fertilidad al suelo cañero, implica mayores costos que la anterior, puesto que se requiere, además del traslado de la vinaza hasta el campo, la utilización de equipos aspersores específicos.

- Aplicación por chorreo.

Dentro del mismo plano que las dos anteriores, esta modalidad de aplicación apela tanto a la vinaza en crudo o diluida con agua, consiguiendo los mismos impactos positivos antes mencionados. El mecanismo de distribución es, en esta ocasión, un tanque cisterna especialmente adaptado, autopropulsado o de arrastre, que aplica la vinaza directamente sobre el surco.

Esta modalidad tiene, además del costo logístico del traslado hasta el campo, los costos relativos a la disponibilidad del equipamiento mencionado, más los derivados de las tareas de aplicación concretas (combustible, horas/hombre, etc.).

- Vertido en suelos improductivos.

Esta modalidad consiste en verter, en dosis específicas, la vinaza pura sobre suelos degradados, salinos y salinos sódicos. La vinaza vertida en forma controlada en ellos puede modificar la composición química de los mismos, encaminando su recuperación.

Se diferencia por su manejo controlado, de las tradicionales "áreas de sacrificio", donde se volcaba la vinaza sin control más que una rotación irregular entre áreas, procurando amortiguar el riesgo de infiltración y lixiviación de las sales hacia los acuíferos.

Los costos de esta modalidad de aplicación se concentran en los aspectos logísticos del transporte de la vinaza hasta los campos en condiciones de recibirla. Dado que la cantidad de campos degradados por salinización es reducida, también lo es, entonces, el espacio de desenvolvimiento de esta modalidad.

#### A.4.2. Procesamiento de la vinaza.

Más allá de su utilización en forma directa en suelos agrícolas, la vinaza puede someterse a distintos tipos de procesos para amortiguar su carga contaminante, para facilitar su manipulación, para reducir los costos que la misma implican, y para obtener subproductos de valor económico. Un primer conjunto de esos procedimientos consiste en dos alternativas de cuño biológico:

- Proceso de compostaje.

Si bien más adelante se lo abordará con mayor detalle, cabe señalar aquí que esta alternativa consiste en desencadenar un proceso aeróbico, en la cual la materia orgánica se descompone por el accionar de microorganismos. A residuos orgánicos se agrega una proporción variable de vinaza (hasta un 30%), la cual sufre la descomposición de su materia orgánica. Los residuos orgánicos a los que es agregada son, principalmente, cachaza de caña, cenizas, bagazo y, en menor medida, RAC. En ocasiones, a los residuos se los inocula con un compuesto de microorganismos específicos, de modo de hacer más veloz la descomposición.

El producto final del compostaje se utiliza con fines agrícolas como enmienda de suelos aprovechando, principalmente, el alto contenido de potasio presente en la vinaza.

Los costos asociados a esta práctica son los logísticos para llevar la vinaza hasta el lugar de compostaje, la operación del mismo (que implica procesos de remoción periódica de las pilas de deposición) y nuevamente los logísticos relativos a la distribución del compostaje realizado en las fincas que vayan a utilizarlo.

- Proceso de biodigestión.

Este procedimiento será también abordado con mayor detalle más adelante. Básicamente, consiste en tratar anaeróbicamente a la vinaza, transformando el carbono de la materia orgánica que contiene en metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A la vez, los nutrientes presentes en la materia orgánica de la vinaza (nitrógeno, fósforo y potasio) no se remueven y permanecen en los subproductos obtenidos de la biodigestión: lodos anaeróbicos y efluentes tratados.

Esta biodigestión (conocida también como "metanización") es, centralmente, un método de reducción de la carga orgánica de la vinaza, a la par que permite neutralizar el pH de la misma y equilibrar su relación carbono/nitrógeno, mejorando su performance como fertilizante. A la vez, la "metanización" da origen a la producción de un gas de uso energético, convirtiendo al procedimiento en una fuente de energía renovable.

En otras palabras, la biodigestión contribuye al tratamiento de la vinaza entendida como residuo, reduciendo su carga orgánica y su volumen (con los menores costos asociados), genera nuevos productos de uso agrícola (el fertilizante) y da lugar a un proceso de generación de energía renovable.

No obstante, lo señalado, cabe señalar que la biodigestión no constituye una solución definitiva al problema del manejo de las deposiciones finales de la vinaza, porque la carga salina original permanece, y con ello, el potencial efectos de degradación ambiental que encierra.

Otro conjunto de métodos de tratamiento a los que puede ser sometida la vinaza para la reducción de su potencial contaminante y de su volumen (para facilitar y abaratar su manejo), es el de la concentración. Consiste, básicamente, en conseguir la evaporación del agua que la constituye, quedando los sólidos que pueden ser destinados a distintos usos o ser objeto de nuevos tratamientos.

#### A.4.3. Concentración de la vinaza

La concentración de la vinaza se puede realizar de distintas formas, siendo las principales:

- Evaporación o secado natural.

Implica la deposición de la vinaza en grandes piletas, de reducida profundidad, de modo que haya mucha superficie (y mucho volumen) expuesto a la atmósfera, a cielo abierto, produciéndose una evaporación natural del agua que contiene.

Este método requiere de disponer de mucha tierra en la que construir los piletones, que deben tener unos resguardos mínimos para asegurar la no infiltración ni derrames.

Al costo del traslado de la vinaza desde la destilería hasta la zona de los piletones y del remanente post-evaporación hacia las instalaciones de procesamiento, debe agregarse el costo de construcción y mantenimiento de los mismos.

- Evaporación en múltiple efecto.

Esta operación apela a la utilización de evaporadores en serie, en los cuales la concentración de sólidos que se alcanza es mayor por eliminación del solvente por ebullición.

Trabajando con baterías de evaporadores de intercambiador externo, la concentración de la vinaza es más eficiente, pudiéndose recuperar, a la vez, cerca del 90% del agua que contiene, restando una vinaza concentrada de alrededor de 60° Bx.

Además del costo de las instalaciones requeridas, este sistema apareja costos de mantenimiento sustanciales, dado el problema que generan las incrustaciones en los mecanismos, que, si bien han disminuido mucho respecto de los primeros modelos de evaporadores utilizados, aún persisten.

- Utilización de membranas.

La utilización de membranas, tanto para ejecutar acciones de ultrafiltración como de nanofiltración, conlleva el desenvolvimiento de un proceso de separación de membrana en fase líquida, por medio de poros de tamaños variables, según la modalidad ejecutada, separando pequeñas moléculas y iones. La exclusión por membranas se produce, básicamente, debido a la exclusión por tamaño e interacciones electrostáticas.

La nanofiltración es más económica que la ultrafiltración, por sus menores requerimientos energéticos, si bien los equipos utilizados son más costosos.

- Secado por aire caliente.

La vinaza líquida concentrada puede someterse a un proceso de pulverización y atomización, a fin de convertirla en pequeñas partículas que se secan al contacto con el aire caliente. El resultado de este procedimiento es un polvo con un contenido de humedad que no supera el 8%.

El producto de la vinaza seca se puede destinar a su aplicación agrícola como fertilizante, o bien puede ser quemado en calderas, en combinación con otros residuos incinerables, dado su bajo poder calórico, o puede ser destinado a formar parte de la elaboración de raciones alimenticias para ganado.

Además de las alternativas mencionadas hasta este punto, existen otros procedimientos que se aplican a la vinaza buscando concretar los mismos objetivos antes mencionados: amortiguar su capacidad contaminante, reducir su volumen y los costos asociados de su manejo, o transformarla en la materia prima de nuevos productos.

#### A.4.4. Tratamientos puros y combinados de la vinaza.

Esos otros procesos posibles de implementarse son los siguientes:

- Combustión de vinaza concentrada.

Partiendo de vinaza concentrada, ésta se quema en sistemas de combustión especializados (de elevado costo, lo que limita la difusión de esta alternativa).

Como producto de la incineración realizada, se obtiene vapor vivo, que puede ser reutilizado en otras fases industriales, y cenizas potásicas, factibles de ser comercializadas como producto fertilizante.

- Sedimentación.

En distintos momentos de algunos de los tratamientos antes mencionados (luego de una fermentación anaeróbica o aeróbica, antes de transitar por un sistema de membranas, o antes de proceder a ejecutar alguna modalidad de concentración), a la vinaza se le agregan coagulantes y floculantes, que permiten el depósito de los sólidos presentes en ella.

Centralmente, la sedimentación opera en la reducción de la carga orgánica -expresada en DQO- de la vinaza, llegándose a reducciones de hasta un 30%.

- Concentración por corrientes de aire.

Este procedimiento implica generar la evaporación del agua presente en la vinaza a través de un sistema de contracorriente de aire. Si bien se encuentra en etapa exploratoria, esta alternativa podría resultar más económica que varias otras de las mencionadas.

- Utilización como sustrato de cultivo de C. utilis.

Dada la carga orgánica de la vinaza, desde hace tres décadas se ha desarrollado (perfeccionándose en el transcurso del tiempo) la práctica de utilizar como sustrato para la producción proteínica unicelular, factible de ser utilizada, principalmente, como componente de la dieta balanceada para el ganado.

La proteína unicelular es la biomasa recolectada de distintos microorganismos como algas, hongos, bacterias y levaduras, las cuales pueden ser utilizadas como alimento, tanto para el ganado como para el ser humano. Esos microorganismos contienen de un 30% a un 50% de proteína en su composición, y poseen la capacidad de reproducirse en medios muy variados, como los residuos de diferentes agroindustrias, incluida la sucro-alcoholera.

La inoculación de la vinaza (en combinación con una parte menor de melaza, que es requerida para generarle eficiencia al proceso) con cepas de levadura *Candida utilis* para su posterior fermentación, permite obtener un producto de alto valor proteico.

Hasta aquí se han presentado procedimientos de tratamientos “puros”, sin embargo, para adecuarse a las distintas circunstancias de cada territorio, los avances en la investigación y el desarrollo plantean alternativas de combinación de algunos de esos tratamientos. Una reseña de ellos es la siguiente:

- Fermentación anaeróbica combinada con concentración térmica.

Consiste en la eliminación de la carga orgánica de la vinaza a partir de ser sometida a fermentación con microorganismos anaerobios, los cuales la transforman produciendo un biogás con algún contenido de metano.

El procedimiento fermentativo no disminuye el volumen de la vinaza, sino que aligera su capacidad contaminante. Para reducir aquel volumen se debe apelar a una complementación con un proceso de concentración térmica, utilizando un sistema de evaporación en múltiple efecto. Como resultado de este paso se obtiene, por un lado, los sólidos de la vinaza concentrada y por el otro, el agua de condensación.

El principal inconveniente de esta combinación de procesos es el elevado costo de los equipos involucrados, además que requieren un mantenimiento particularmente costoso, debido a los problemas técnicos derivados de las incrustaciones que pueden generarse en los equipos concentradores. Sin embargo, debe considerarse que el metano producido en la fase de la fermentación tiene un valor económico que compensa las otras erogaciones.

Como productos de menor relevancia derivados del proceso descrito, se cuentan los lodos residuales de la fermentación y el producto final concentrado; ambos pueden ser aplicados a suelos agrícolas como correctores.

La combinación de procesos hasta aquí descrita se ha demostrado válida en los ejercicios teóricos, pero no se han relevado antecedentes de uso comercial.

- Fermentación anaeróbica combinada con deposición en suelos improductivos.

La primera parte de esta combinación replica a la anterior, apelando a la fermentación de la vinaza para generar biogás, el cual puede ser utilizado en las mismas instalaciones de la industria, o bien destinarse a producir energía eléctrica.

El residuo líquido que queda de esa fermentación se destina a ser depositado en suelos improductivos, según el procedimiento antes mencionado.

Evidentemente, esta combinatoria encuentra en la disponibilidad de suelos para ser usados como vertederos de esos residuos líquidos, lo cual apareja, a la vez, costos logísticos para el transporte desde las instalaciones de fermentación hasta las áreas de deposición.

Se refieren ejemplos de esta combinación de procesos en plantas productivas de Brasil, pero no en Argentina.

- Concentración térmica combinada con quema en calderas.

La vinaza concentrada (aproximadamente hasta 60° Bx) según el proceso antes mencionado, puede ser quemada en calderas especiales. Se trata de un fluido líquido de bajo poder calórico, por lo cual puede ser sometido a ese procedimiento, del cual se deriva, por un lado, vapor vivo, y por el otro, cenizas. Estas cenizas son económicamente relevantes, porque poseen un alto contenido de potasio, y son factibles de ser utilizadas en la industria de los fertilizantes.

El equipamiento de quema que se requiere para este procedimiento es altamente costoso, si bien el retorno que genera la comercialización de las cenizas potásicas amortigua aquel costo.



Pese a la potencialidad económica derivada de esta combinación de prácticas, aún no se ha avanzado en firme en el país en realizar inversiones con esta orientación, si bien se cuenta con un proyecto completamente desarrollado en la Provincia de Tucumán a la espera de recibir el financiamiento necesario.

- Concentración térmica combinada con quema en calderas con bagazo.

De un modo similar a la combinación anterior, aquí se procede a la concentración de la vinaza hasta el mismo valor antes mencionado, luego de lo cual se la combina con bagazo de caña (e incluso, con RAC), para ser quemada en calderas bagaceras.

La concentración de la vinaza en evaporadores de múltiple efecto permite obtener un producto de menor volumen y más fácil manejo y transporte, el cual se traslada a una caldera bagacera para ser quemado junto al bagazo, alimentando la generación energética a la que se destina tal caldera.

La tecnología para esta combinación de procedimientos está disponible y con experiencias a nivel comercial en otros países, como la India, pero aún no se ha avanzado en este campo en la Argentina.

- Concentración natural combinada con compostaje.

Esta combinación se inicia con la concentración de la vinaza por métodos naturales, depositándola en piletones ad hoc, dejando que la evaporación natural concentre al producto en valores variables, según las condiciones climáticas medias de la zona. La vinaza concentrada es utilizada, posteriormente, en mezclas con otros residuos de la industria sucro-alcoholera, como la cachaza y las cenizas, a fin de conformar un compost aplicable a campos agrícolas, particularmente, cañeros.

Si bien la inversión inicial y los costos operativos son relativamente bajos (en comparación con otros procesos), esta modalidad requiere de una gran disponibilidad de tierra (se necesita una hectárea de piletones para depositar 2.000 m<sup>3</sup> de vinaza cruda).

La tecnología y los procedimientos involucrados son plenamente conocidos, pero solo se releva una experiencia de un ingenio salteño que opera con esta modalidad para resolver parte del volumen de vinaza generado.

Una variante de esta combinación es al momento de la concentración natural forzar el proceso a través de apelar a la aspersion de la vinaza en el área de los piletones, lo que provoca mayor nivel de evaporación de agua y, por ende, mayor velocidad de concentración. Se cuentan dos iniciativas que apelan a este mecanismo forzado de concentración, para luego seguir con el proceso de quemado antes mencionado.

- Concentración térmica combinada con quema en caldera para recuperación de sales.

Esta combinatoria parte del proceso de concentración de la vinaza, a través de un evaporador de múltiple efecto, hasta alcanzar un 70% de los sólidos totales. Posteriormente, el producto resultante se quema en una caldera ad hoc, de lo cual queda un residuo fundido que es enviado a un tanque de agitación para obtener, finalmente, una solución de sales.

Dicha solución se trata con ácido sulfúrico en un reactor, de modo de esas sales a sulfato de potasio que, posteriormente y por cristalización se separa con elevado grado de pureza, consiguiéndose así un producto utilizable como biofertilizante.

Colateralmente, esta combinación de procesos genera vapor de alta presión que puede ser empleado en la generación eléctrica, tanto para autoconsumo de la empresa como, y fundamentalmente, su venta al sistema troncal.

Una firma argentina ha desarrollado el modelo técnico de esta combinación, en el que se destaca que para que tenga escala comercial redituable y se genere el retorno esperado de la inversión a realizarse, deben articularse los residuos de vinazas de varias destilerías (a valores productivos de

vinaza de 2021, requeriría canalizar hacia esa planta el 17% del total de vinazas sucro-alcoholeras producidas en el país).

- Concentración combinada con secado térmico.

Esta combinación de procesos se inicia con el de la concentración de la vinaza por alguno de los métodos posibles (naturales o forzados). La vinaza concentrada luego es sometida a un proceso de calor y vacío, de modo de obtener un material sólido, que aún posee todas las sales y orgánicos de la vinaza original, pero no tiene el volumen de aquella, lo cual facilita su manejo.

Además de la reducción del volumen, lo relevante de esta alternativa es que del material sólido remanente se pueden obtener productos de elevado valor económico, como el potasio antes mencionado. Sin embargo, llevar a la práctica esta modalidad de manejo de la vinaza implica una elevada inversión inicial. A la fecha no se relevan iniciativas empresariales en esta dirección.

Hasta este punto se ha presentado un panorama general de los tratamientos potencialmente realizables a la vinaza, como así también se han mencionado los posibles productos a obtener de la misma, según el tipo de procesamiento que se realice. Mas adelante se efectuará una revisión algo más detallada de estos procesamientos desde la óptica de dos de los productos finales buscados de obtener: compost y fertilizante potásico.

#### **A.5. La vinaza y otros productos de valor económico. Compost**

Se ha hecho referencia a la práctica del compostaje usando vinaza como procedimiento destinado a tratarla y morigerar su capacidad contaminante. Aquí, en cambio, se abordará esa práctica como un procedimiento que utiliza a la vinaza como un insumo para la producción de un producto de valor comercial: el compost.

El compost es un producto orgánico, estabilizado y sanitizado que puede ser utilizado como enmienda del suelo o como medio para el desarrollo vegetal, obtenido a partir del proceso de compostaje. Este es un proceso biológico esencialmente aeróbico, que lleva adelante la transformación controlada de residuos orgánicos en productos útiles para mejorar las propiedades del suelo. En el seno de dicho proceso, los microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetes juega un papel indispensable, ya que producen una serie de enzimas extracelulares, como amilasas, celulasas, lipasas y proteasas, que en pequeñas proporciones promueven la actividad y la descomposición de la materia orgánica.

El proceso de compostaje implica que la materia a compostar transcurre por distintas fases, las cuales puede resumirse en:

- Acondicionamiento y formulación: se establece aquí la mezcla de materiales que será el sustrato sobre el cual ocurrirá el compostaje, procurando mantener una humedad no superior al 60%, con suficiente acceso al oxígeno requerido por los microorganismos que comenzarán a operar.
- Fase mesófila: conocida como etapa de inicio, en esta fase los carbohidratos y algunas proteínas contenidas en la materia a compostar son invadidas por los hongos, bacterias y actinomicetos para comenzar sus procesos metabólicos. A medida que la degradación se incrementa, aumenta la población de microorganismos, con lo cual se eleva la temperatura al interior del conjunto de materiales a compostar. Esta fase discurre entre los 25° y los 40°.
- Fase termófila: durante esta etapa, los microorganismos mejor adaptados a desarrollarse con niveles más altos de temperatura comienzan a competir con los organismos mesófilos, hasta eliminarlos por completo. La degradación del material se acelera gracias a la acción de enzimas extracelulares que alcanzan temperaturas de más de 60°; toda la fase discurre entre los 40° y los 70°. La fase termófila es importante porque aquí se determina la calidad físico-química del compost a obtenerse.
- Fase de enfriamiento: al reducirse las concentraciones de sustrato durante la fase termófila, la temperatura comienza a descender, con lo cual se desencadena una recolonización con organismos mesofílicos. A diferencia de la fase anterior, donde predominaba la degradación de

azúcares, oligosacáridos y proteínas, en esta se incrementa se incrementa el número de microorganismos capaces de degradar polímeros más complejos.

- Fase de maduración: en esta etapa aumenta la proporción de hongos, disminuyendo la cantidad de bacterias y de actinomicetos. La temperatura aquí no se incrementa a niveles termófilos, exponiendo que la actividad biológica se ha estabilizado.

A lo largo de todo el proceso de compostaje, hay tres factores críticos que puede definir el éxito del mismo, vía la configuración de la calidad del producto final: la temperatura, el grado de acidez o alcalinidad, y el nivel de oxígeno.

El compost obtenido del proceso antes descrito, cuando se aplica al suelo agrícola les brinda beneficios a sus propiedades físicas (mejora la estructura, lo estabiliza, mejora su permeabilidad, facilita su aireación), químicas (reduce las oscilaciones de su pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, incrementa la fertilidad), y biológicas (facilita una mayor actividad radicular y de los microorganismos aerobios, promueve la proliferación de micro y macroorganismos útiles).

Los residuos del procesamiento de la caña de azúcar conforman un sustrato adecuado para desencadenar procesos de compostaje. Centralmente, se realiza con cachaza, que es la torta residual del proceso de filtrado de los jugos de la caña de azúcar. Se trata de un residuo rico en nitrógeno, fósforo y calcio. Está compuesto principalmente por tierra y una gran cantidad de materia orgánica y, en términos generales, equivale al 4% del total de la masa de caña de azúcar molida.

Dado su volumen, movilizarlo como residuo de la industrialización apareja costos sustanciales; sin embargo, al considerárselo como un sustrato compostable, la ecuación económica cambia, puesto que el proceso le permite reducir su humedad, su peso y su volumen, a la par que se obtiene de ahí un producto final con valor económico en el mercado, y cuya movilidad apareja costos mucho menores a los que aparejaría mover cachaza en crudo.

Junto con la cachaza, se suele incorporar al compostaje cenizas provenientes de las calderas donde se quema bagazo, obteniéndolas a su paso por el filtro húmedo de las mismas (scrubbers).

Desde hace más de tres décadas, en las regiones productoras de azúcar y alcohol comenzó a utilizarse en el compostaje la incorporación de vinaza, como un modo de reducir el volumen de la misma entendida como residuo y de otorgarle un valor económico.

Como se há indicado, por cada litro de alcohol producido, se generan entre 10 y 15 litros de vinaza (dependiendo del procedimiento aplicado, con un promedio en Argentina de 13 litros). Sin embargo, la adición de vinaza al compostaje de cachaza o cachaza y cenizas solo insume una porción muy menor del volumen total de vinaza generado. Utilizándola como producto de riego de las pilas de compostaje en proceso, se emplea 1 m<sup>3</sup> por cada tonelada de materia orgánica en compostaje.

Tal como observa, el compostaje no puede entenderse como un mecanismo que soluciona integralmente o en forma relevante el problema de la deposición de la vinaza, pero sí que contribuye al manejo de la misma y, particularmente, a su valorización económica en la parte que se destina a dicha práctica.

Los estudios revisados exponen que el agregado de vinaza a las mezclas de cachaza y ceniza mejora la calidad final del producto y aporta beneficios extras al suelo donde se aplica el compost obtenido.

Desde el punto de vista técnico, es posible concentrar la vinaza por alguno de los procesos anteriormente mencionados, y de ese modo incrementar el volumen que se incorpora a los compostajes, pasando de 1 m<sup>3</sup> por tonelada de cachaza a de 3 a 4 m<sup>3</sup>. Esto, sin embargo, incrementa los costos de esto últimos, porque el compost debe asumir el costo de la concentración.

En la actualidad, la utilización de vinaza para prácticas de compostaje es utilizada en algunos ingenios de gran escala, ubicados en Salta, más allá que se poseen los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para masificar este proceso.

Sin constituir una solución integral al problema de la deposición de la vinaza, entendida como residuo, su utilización como insumo para la producción de compost abre una alternativa más para el manejo de los



Interesa además la fase de producción de fertilizante. Dicho producto parte del residuo sólido que queda de la combustión de la vinaza concentrada. Siendo la concentración de potasio como ion en la vinaza cruda del 1,42%. El cloruro de potasio es una de las formas en que se importa fertilizante potásico en Argentina, por lo cual, el tratamiento de la vinaza según este mecanismo y la producción de dicho cloruro impactaría de lleno en los niveles de importación y en el balance comercial.

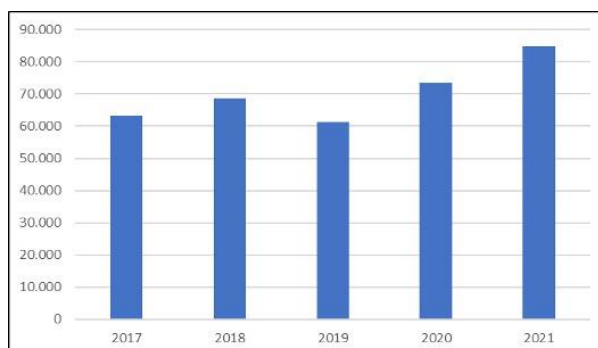
El cloruro de potasio es un insumo clave en la agricultura mundial y a su demanda va acompañando el ciclo económico de las commodities agrícolas. Su precio experimentó una fuerte suba a la par del de las commodities a lo largo de la primera mitad de la primera década del siglo XXI, para luego descender bruscamente cuando se revirtió la evolución de las materias primas agrícolas.

En 2018, las proyecciones del Banco Mundial respecto de la evolución del precio de este producto eran a la suba, estimándose que para 2030 alcanzaría los US\$ 320 por tonelada. Sin embargo, ese valor es un 75% menor al precio actual, de US\$ 562,5/tn. Este crecimiento del precio del cloruro de potasio obedece al nuevo ciclo de demanda creciente, por el momento positivo de las commodities, y también por la coyuntura bélica que involucra a uno de los principales exportadores del mundo, la Federación Rusa.

El comercio internacional del cloruro de potasio con destino a su uso como fertilizante está concentrado en tres países, que en conjunto movilizan el 88% del volumen total y el 85% del valor total de las exportaciones mundiales de dicho producto: Canadá, la Federación Rusa y Estados Unidos.

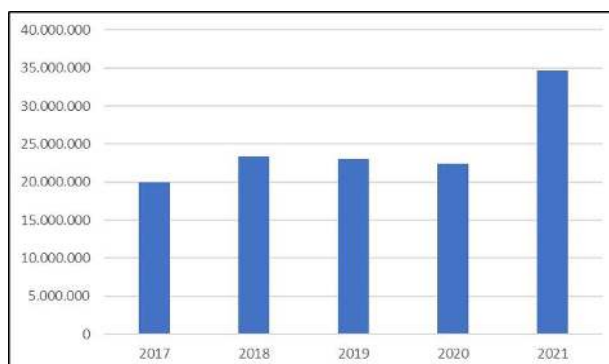
Argentina, en tanto país productor agrícola, es demandante neto de este producto, si bien el volumen que importa es poco significativo en el contexto global (alrededor del 0,2% del total). Pese a esto, desde la perspectiva de la actividad agrícola nacional y del propio comercio internacional del país, se trata de una actividad comercial importante. Considerando el lapso 2017-2021, la evolución de las importaciones argentinas, en volumen y monto, se presenta en los siguientes Gráficos.

**FG144: Evolución de las importaciones argentinas de cloruro de potasio, 2017-2021 (en tn)**



Fuente: elaboración propia en base a Trademap.com

**FG145: Evolución de las importaciones argentinas de cloruro de potasio, 2017-2021 (en US\$)**

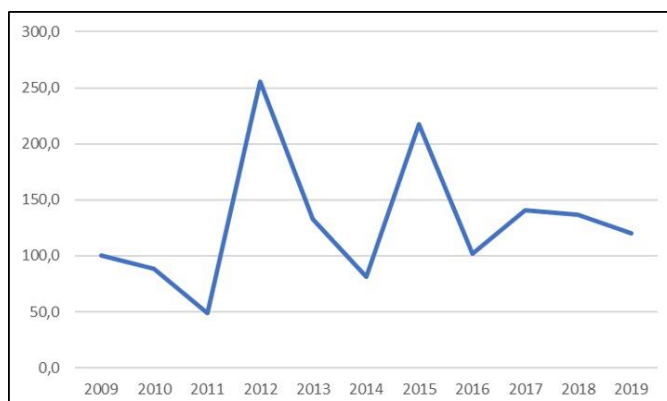


Fuente: elaboración propia en base a Trademap.com



La aplicación de este producto en la producción agrícola argentina expone una tendencia creciente a lo largo de los últimos años. Considerando el lapso 2009-2019 (último dato disponible), el uso agrícola del cloruro de potasio se incrementa en un 120% entre años extremos, si bien con una trayectoria irregular.

FG146: Evolución del uso agrícola del cloruro de potasio en Argentina, 2009-2019 (2009 = 100)



Fuente: elaboración propia en base a Faostat

La demanda anual de cloruro de potasio por parte de la Argentina podría ser abastecida con el fertilizante potásico derivado del proceso de concentración y quemado de la vinaza, anteriormente mencionado.

Con solo procesar la mitad de la vinaza generada por año, se dispondría de un volumen de cloruro de potasio similar al que hoy se importa.

Esta potencialidad de la producción de fertilizante potásico a través del mencionado procesamiento de la vinaza adquiere una nueva dimensión de relevancia para el país, no solo por las perspectivas de la continuidad del ciclo ascendente de precios con el consiguiente mayor costo de aprovisionamiento internacional, sino también porque los suelos productivos argentinos están comenzando a manifestar un marcado desbalance en sus nutrientes.

Un reciente estudio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria señala que se han identificado reducciones del 44% en los contenidos de potasio en los suelos agrícolas de la principal región granaria del país, respecto de suelos prístinos, previéndose que los niveles críticos de reducción se harán sentir en menos de un lustro.

Si a esta previsión se le suman las deficiencias presentes identificadas en otras regiones del país (como en el Litoral), se puede inferir del potencial mercado que detenta la producción de fertilizante potásico a partir de vinaza de caña de azúcar.

### **A.7. Residuos de caña y su uso en la alimentación animal.**

Más allá de la utilización industrial que se realiza con los distintos residuos, muchos de estos pueden convertirse en materia prima para la elaboración de suplementos para la alimentación animal, suministrándose ellos a través de diferentes formas como ensilajes, harinas, bloques nutricionales, suplementos, etc.

En términos generales, esos subproductos aplicados a la alimentación animal poseen un alto contenido de fibra, alta concentración de sacarosa y otros azúcares solubles, y bajos contenidos de proteína y minerales. Algunos de ellos son sometidos a tratamientos físicos, químicos y biológicos con el fin de mejorar la disponibilidad de nutrientes y, por ende, su digestibilidad; también se los enriquece con fuentes de nitrógeno no proteico (urea) o con fuentes de proteína verdadera.

Los estudios realizados a nivel internacional sobre animales alimentados con subproductos derivados de la industria de la caña de azúcar exponen resultados positivos respecto de su eficacia y eficiencia.

Como alimento de rumiantes, la caña puede utilizarse de diversas formas:

- como forraje en pie
- picarse y agregársele aditivos

- ensilarse
- usa la melaza obtenida de su procesamiento
- usar el bagazo derivado del trapichado como forraje voluminoso

Si bien el ensilaje es una alternativa, resulta difícil de lograr por la gran cantidad de azúcares simples que posee la planta, dado que esto puede provocar fermentaciones no deseables de tipo alcohólicas. Este mismo tipo de fermentaciones se pueden producir cuando se almacena caña picada por un tiempo prolongado, particularmente si se guarda la misma a la intemperie; de ahí la recomendación nutricional de picar la caña verde y suministrarla rápidamente.

Desde el punto de vista forrajero, la caña de azúcar es un forraje de bajo costo relativo, debido a sus altos rendimientos por unidad de superficie; asimismo, constituye una buena alternativa cuando otros forrajes escasean, dado su estabilidad en la composición nutricional conforme avanza el tiempo.

El contenido de materia seca de la caña de azúcar madura es de alrededor del 30%. A diferencia de las gramíneas potencialmente cultivables en su misma zona ecológica, que reducen su digestibilidad a medida que maduran, la caña expone una digestibilidad total con la madurez, llegando a expresar un pequeño incremento respecto de las etapas previas. Esto se debe a la acumulación de azúcares fácilmente fermentecibles, que compensan la disminución de la digestibilidad producida por el aumento en el contenido de lignina.

El contenido de proteína bruta de la caña es muy bajo respecto del de las gramíneas de su área: menor al 4,5% de la materia seca total. Esto es relevante, dado que los microorganismos del rumen necesitan compuestos nitrogenados para poder multiplicarse y así lograr una mejor digestibilidad total del alimento.

De ahí que la dieta compuesta con caña requiera de complementos para suplir aquella falencia. Asimismo, la caña presenta bajo porcentaje de grasas (menos del 2%), alto contenido de hidratos de carbono estructurales y de lignina, todo lo cual tornan su digestibilidad total en no más del 60%. Sin embargo, su composición importante de carbohidratos solubles (de fácil fermentación), hacen que el aporte total de energía metabolizable alcance los 2,1 Mcal sobre base seca.

Al picarse la caña se mejora la digestibilidad de la fibra, exponiendo mayor superficie al ataque de las bacterias ruminales. Pero tal como se señaló más arriba, a poco del picado la caña comienza a fermentar los azúcares, lo cual genera un efecto negativo para su digestión por los animales. A la caña picada se le debe incorporar una mayor disponibilidad de nitrógeno para favorecer la síntesis de proteína microbiana y la digestión de la fibra.

Del mismo modo, en ocasiones se suele agregar azufre a la dieta, a fin de evitar la limitación al crecimiento de los microorganismos. Sin una adecuada performance de estos, los procesos desarrollados en el rumen no serán óptimos y, por ende, el desempeño animal se verá resentido.

Un desarrollo alimenticio impulsado desde hace dos décadas es el de fermentar los tallos de caña de azúcar picados, ya desprovistos de hojas. Así, la saccharina rústica mejora el aporte nutricional del alimento en lo referente a su aporte proteico, implicando la adición de sales minerales y urea a la caña sin hojas picada y secada. Esta práctica puede elevar hasta el 14% de proteína bruta con un 90% de materia seca.

Otra forma de utilización de la caña como forraje es su ensilaje, dando lugar a una fermentación anaeróbica de la planta entera picada y almacenada, lo que eleva el contenido de proteína hasta el 12% (siempre con la adición de urea). En este proceso, el desarrollo de levaduras convierte a los azúcares en ácidos orgánicos y alcohol, disminuyendo su valor nutritivo y, en menor medida, su palatabilidad, lo cual se mitiga a través del empleo de aditivos.

Adquiere relevancia la utilización en la alimentación animal de los subproductos de la industria azucarera, particularmente la melaza y el bagazo.

La melaza es un líquido denso y oscuro, obtenido de la extracción de la mayor parte de los azúcares de la caña. Su contenido de materia seca ronda el 75%, carece de fibras y su porcentaje de azúcares simples es de alrededor del 80% de su contenido de materia seca.

Estos rasgos la dotan de una elevada palatabilidad, alto contenido energético y brinda un buen aporte de minerales. A su vez, debido a lo anterior, se utiliza como mejorador de la palatabilidad de las dietas, reductora de las pérdidas por polvo y como agente aglomerante en los bloques correctores de dietas.

El bagazo, por su parte, expone una baja digestibilidad dado su alto contenido de lignina (cerca del 20%) y un reducido aporte de nitrógeno, constituyendo esto una limitante para su utilización.

#### **A.8. La levadura residual de la industrialización y la alimentación animal**

La vinaza se constituye en un 90% de agua y de sólidos presentes, de los cuales el 75% son orgánicos. Entre esos sólidos adquiere especial relevancia para el tema aquí abordado, la presencia de levaduras de alto valor proteico.

La *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura empleada, la misma detenta una presencia de proteínas de entre 40% y 45%, lo que permiten su utilización como suplemento alimenticio para rumiantes, en los cuales puede mejorar el ambiente del rumen, debido a la disminución de la cantidad de oxígeno, favoreciendo la anaerobiosis y estimulando el crecimiento de bacterias celulolíticas, mejorando así la respuesta productiva animal.

Pese a esto, hasta hace una década, el empleo de la *S. cerevisiae* se concentró en la alimentación de monogástricos, como el cerdo, pero desde entonces se han realizado avances sustanciales en su empleo en rumiantes, dado su efecto probiótico y nutritivo.

La *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura heterótrofa, que obtiene energía a partir de la glucosa y posee una elevada capacidad fermentativa. Esta levadura es considerada como microorganismo GRAS, lo cual estimula su empleo como aditivo alimentario (se clasifica a un producto como GRAS (acrónimo de Generalmente Reconocido como Seguro) cuando dado los antecedentes de uso ampliamente difundido o evidencias científicas publicadas, está exento de transitar por los procesos de reglamentación para su consumo al que sí deben someterse otros productos).

La crema de levadura *S. cerevisiae* concentrada, derivada del proceso de producción de alcohol, posee valores de materia seca de entre 18% y 20% y un contenido de proteína bruta de entre 32% y 40%, según el sistema en el establecimiento productor de alcohol.

El empleo de la levadura obtenida del residuo de la industria sucro-alcoholera para la alimentación de rumiantes se sustenta en sus efectos sobre el proceso digestivo de dichos animales. La digestión microbiana que tiene lugar en el rumen de los mismos conforma el punto nodal de su fisiología digestiva. Allí se destaca la capacidad que poseen para utilizar todas las formas de celulosa que ingieren. Ningún mamífero segrega celulasa, que es la enzima que degrada la celulosa, pero las bacterias y hongos celulíticos que conviven simbióticamente en el rumen producen un complejo enzimático capaz de solubilizar entre el 70% y el 90% de la celulosa ingerida.

Los productos intervinientes en la fermentación microbiana ruminal son los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico). Los azúcares y los carbohidratos solubles se degradan rápidamente, mientras que los polisacáridos estructurales lo hacen con rapidez variable. Más lenta es la degradación de la celulosa y la hemicelulosa por su asociación con la lignina, que los torna más resistentes a la acción microbiana. La fermentación es el último paso en la digestión de los carbohidratos y es esencial para la producción de los ácidos grasos mencionados, los cuales favorecen el metabolismo energético de los animales.

A fin de fortalecer todo el proceso de digestión de los rumiantes, se recurre a la incorporación en la dieta de productos probióticos como la levadura. Un probiótico es un microorganismo vivo que incluido en la dieta, afecta positivamente a quien la ingiere, mejorando su sistema digestivo, favoreciendo la ganancia de peso y mejorando los ratios de conversión alimenticia.

Las levaduras constituyen una importante fuente para la obtención de productos con actividad probiótica, ya sea con cepas vivas o utilizando derivados a partir de sus paredes celulares. Los preparados alimenticios que las incluyen exponen una actividad inmuno-estimulante en los animales, con mejoras en los procesos de la fisiología digestiva y, en definitiva, mejores resultados productivos.

Las cepas de levadura más relevantes para su empleo como probióticos pertenecen a los géneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Hansenula*, *Pichia* y *Candida*, y dentro de estos géneros, las especies *S. boulardii*, *S. cerevisiae*, *K. fragilis*, *K. lactis*, *C. saitoana* y *C. pintolopesii*. La selección de la cepa con finalidad probiótica depende de los requerimientos de cada planteo productivo, persiguiendo siempre garantizar la diversidad de la biota en el intestino y proporcionar estabilidad a su ecología. Los criterios más importantes en la selección de las cepas son los de resistencia, funcionalidad y potencialidad, buscando tolerancia a la elevada acidez, resistencia a las sales biliares, capacidad de adhesión a las células intestinales, efecto antagónico directo sobre enterobacterias, efecto antisecretor contra toxinas de microorganismos patógenos, efecto trófico en la mucosa, y efecto inmunoestimulante.

La *S. cerevisiae*, como se mencionó anteriormente, es la cepa más utilizada en la alimentación de rumiantes, favoreciendo la anaerobiosis y estimulando el crecimiento de bacterias celulolíticas, a la par que reduciendo la concentración de amonio e incrementando la síntesis de proteína microbiana. Particularmente, el empleo de *S. cerevisiae* ejerce un efecto probiótico que contribuye a reducir la incidencia y duración de las diarreas en bovinos.

El efecto de las levaduras utilizadas como probióticos está dado por su acción biorreguladora, producido por varios mecanismos entre los que se encuentran, de forma general: antagonismo microbiano con represión de las bacterias patógenas, estimulación de los sistemas inmunitarios del animal, fijación y eliminación de bacterias patógenas, e incremento de la actividad enzimática específica.

Los cultivos de levadura desecada son una alternativa de productos que no proporcionan levadura viva sino los resultados de fermentación de dicha levadura sobre un medio vegetal. Estos cultivos aportan enzimas y otros metabolitos que son los responsables de los efectos positivos en el animal.

El uso de levaduras vivas en rumiantes está asociado a mejoras en la expresión productiva, estabiliza el pH en el rumen, logrando mayor eficiencia en el proceso digestivo. Aumenta el consumo de materia seca y la degradación de la fibra, permitiendo al animal consumir más alimento.

- aumenta la producción de energía y proteína microbiana en el rumen.
- mejora la ganancia media diaria de peso vivo y la condición corporal.
- incrementa la producción láctea y reduce el conteo de células somáticas en la leche, mejorando su calidad.
- estimula la respuesta inmune no específica de los animales.

#### **A.9. Aspectos técnicos y potencial comercial de la producción de levadura seca**

Los residuos producidos en la industria sucro-alcoholera son excelentes fuentes de proteína, pero no tienen actividad como aditivo, pues la gran mayoría de las células de levadura están muertas.

De la misma forma, los aditivos que poseen células inactivas de levadura no tienen actividad en el rumen, siendo fuentes de nutrientes para los microorganismos del tracto gastrointestinal de los animales.

Dentro de los procesos de la industria mencionada, en lo atinente a la fabricación de etanol, el paso más importante es la fermentación, que es la que origina el producto de interés. En ella se inserta una cantidad limitada de levadura activa a una mezcla de jugo de caña de azúcar y melaza, la cual fermenta transformando la sacarosa en etanol.

Obtenido el producto principal, la levadura se centrifuga, separando el vino residual de la levadura en sí. Parte de la levadura vuelve a ser introducida en el proceso, puesto que la fermentación es continua, mientras que otra parte se quita del mismo, buscando evitar que la biomasa generada aumente en forma descontrolada, tratando de mantener un equilibrio fermentativo.

La levadura retirada del proceso de producción de etanol tiene las mismas características que la que continúa en él, conteniendo un 11% de alcohol. En términos generales, por cada litro de etanol producido, se obtienen de 50 a 80 gr de levaduras que si no se reutiliza debe ser desechada, con consecuencias ambientales negativas. En muchas plantas de etanol, esa levadura retirada es conducida hacia la prensa de vinaza, donde se mezcla y luego sigue los carriles de deposición que se hayan elegido.

Las características nutricionales de la levadura anteriormente descritas han estimulado el diseño de mecanismos técnicos y de programas de negocio que rescaten las levaduras y las conviertan en un bien con valor económico positivo para las empresas que la tienen, hasta ese momento, como un desecho.

El proceso técnico definido para la obtención de levadura seca, con orientación a su aplicación en alimentación animal, se inicia con la recuperación de los microorganismos de la fermentación mediante la utilización de centrífugas verticales. La corriente de crema de levadura húmeda recuperada se destina en gran medida para continuar en el proceso de fermentación para la obtención del etanol (alrededor del 90% del total) y otra parte se dirige a ser sometida a dos etapas de lavado con agua y centrifugación para remoción de cenizas y recuperación del etanol residual.

A continuación, la corriente de levadura libre de etanol y cenizas se somete a un proceso de calentamiento (lisis celular) para inactivar la levadura y posteriormente se la conduce a un secador rotativo, donde se evapora el agua hasta obtener levadura con 86% de materia seca, 8% de humedad y un máximo de 6% de cenizas. El desarrollo tecnológico más reciente plantea que en el circuito productivo anterior, se reemplace el secado rotativo con un sistema de secado por spray.

La combinación de la factibilidad técnica para la producción de levaduras con destino a la alimentación animal se combina con el ciclo alcista de precios de los granos, dando lugar a un escenario donde la inversión para rescatar la levadura remanente de la producción de etanol se torna rentable.

A inicios del presente siglo, diversos analistas consideraban que, dadas las condiciones técnicas para esta producción, solo bastaba que la coyuntura de precios fuese favorable para la utilización de levaduras como integrantes de la dieta animal, particularmente de rumiantes, en reemplazo de los granos y sus subproductos. La actual coyuntura de precios crecientes permite entrever un escenario como el mencionado hace dos décadas.

Si bien la información del comercio internacional no diferencia las transacciones con levaduras destinadas a alimentación animal, igualmente los guarismos generales permiten inferir la magnitud que encierra esta línea de producción y comercialización. En 2021, las exportaciones mundiales de levaduras totalizaron casi 1.300.000 tn, representando un valor de algo menos de US\$ 2.700.000.000, exhibiendo un valor creciente a lo largo del último lustro.

Argentina ocupa una posición marginal en el contexto del comercio internacional de levaduras, si bien posee potencial para detentar un papel mucho más relevante.

Las incipientes inversiones en plantas y equipamiento para rescatar levaduras secas de los residuos de la producción de etanol requieren de continuidad y de un marco de estabilidad para que puedan desarrollarse y afianzarse, moldeando un papel importante para el sector como proveedor de levadura seca, tanto para el mercado interno como para la exportación. De acuerdo con estimaciones de diversa fuente, y siguiendo la tendencia de cantidad de levadura por litro de etanol obtenido, que se indicó anteriormente, Argentina estaría en condiciones de producir levaduras secas proveniente de la destilación de etanol de caña de azúcar, por un volumen de entre 23.700 y 38.000 tn/año.



## ANEXO B. AGRONOMÍA. PRODUCCION DE CAÑA Y VARIEDADES GENÉTICAS

### B. AGRONOMIA. PRODUCCION DE CAÑA Y VARIEDADES GENETICAS

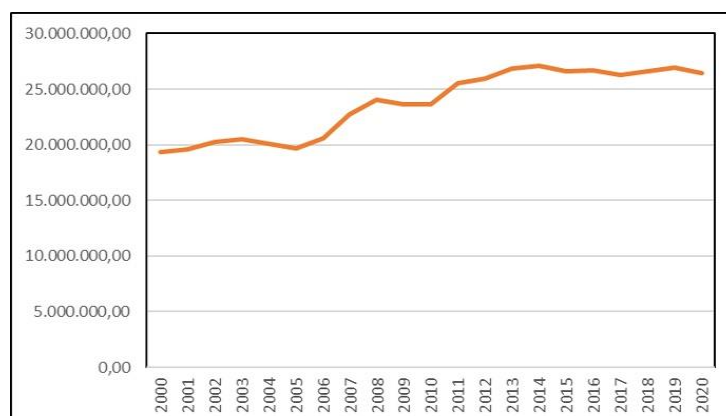
#### B.1. Características y producción de caña

La caña de azúcar es uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial, tanto por su rol como proveedor de alimentos como por su papel de insumo para la generación de bioenergía. Su importancia económica se sustenta en un triple rasgo: se trata de una especie altamente productiva a partir de su metabolismo fotosintético C4, es muy eficiente en el consumo de recursos (agua, luz solar, nutrientes), y genera un elevado valor agregado a nivel de las áreas de producción diversificado en un mix de productos que van desde el azúcar hasta la energía, pasando por melazas y etanol, por ejemplo.

Este conjunto de características impulsa a que la caña de azúcar detente un lugar prominente en las economías de muchos países, y pese a representar una pequeña proporción del total mundial de superficie cultivada (menos del 2%), el volumen de su producción es de los mayores. A modo de ejemplo, obsérvese que la superficie implantada con caña de azúcar representa el 15,9% de la superficie implantada con arroz, pero la producción de caña es 2,54 veces mayor. Y la relación respecto del trigo es similar: la superficie cañera es equivalente al 14,7% de la triguera, pero la producción de caña es 2,10 veces la de trigo. Y con el maíz es aún más aguda: la caña de azúcar cubre el equivalente al 12,1% del total de la superficie maicera, pero produce 2,73 veces lo que produce el maíz.

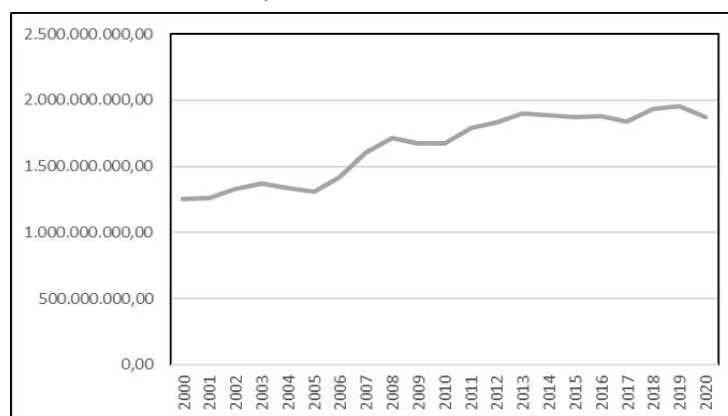
La evolución a lo largo del siglo XXI de la superficie implantada con caña de azúcar a nivel mundial, del volumen producido y el rendimiento alcanzado, puede observarse en los tres gráficos siguientes.

FG147: Evolución de la superficie mundial implantada con caña de azúcar (en ha)



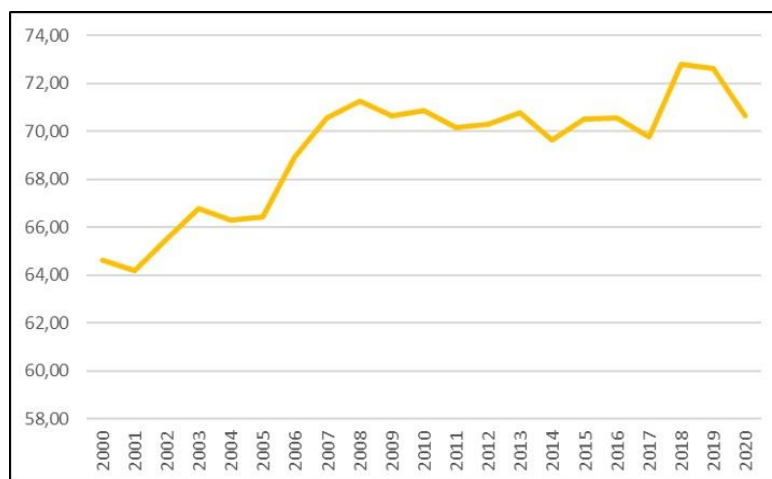
Fuente: elaboración propia en base a FAOSTAT

FG148: Evolución de la producción mundial de caña de azúcar (tn)



Fuente: elaboración propia en base a FAOSTAT

FG149: Evolución del rendimiento mundial de caña de azúcar (en tn/ha)



Fuente: elaboración propia en base a FAOSTAT

Pese a los impactantes números precedentes, solo alrededor del 25% del total de la biomasa cañera producida es materia seca aprovechable por la industria alimenticia, Asimismo, la caña de azúcar es el tercer cultivo en orden de importancia en cuanto al aporte calórico a la dieta humana (152 kcal.capita/día), siguiendo al arroz y al trigo, que producen, respectivamente, 3,5 y 3,4 veces más que la caña de azúcar.

## B.2. Las variedades genéticas.

Como se observa, entonces, la caña de azúcar es un cultivo de elevada productividad, y al incremento de la misma se han dedicados ingentes esfuerzos de mejoramiento genético a lo largo de las décadas. A fines del siglo XIX se iniciaron dichos trabajos (en territorio de la actual Indonesia) desde el campo de los fitomejoradores (de origen holandés), quienes combinaban diferentes linajes genéticos a fin de obtener incrementos productivos sustanciales.

En la década de 1920 y en distintas regiones del mundo, comenzaron a afianzarse centros de mejoramiento de la caña de azúcar, tanto dependientes de organismos públicos como de origen privado, financiados por la industria azucarera. La orientación principal de los trabajos iniciados en aquellos años se enfocó en la mejora del cultivo, buscando incrementar de continuo rindes, tanto a nivel agrario (mayor producción por unidad de superficie) como en el ámbito industrial (mayor azúcar obtenida por tonelada procesada). A lo largo de las décadas siguientes del siglo XX, el mejoramiento genético de la caña de azúcar continuó al punto que ya iniciado el presente siglo los cultivares implantados en todo el mundo son híbridos de entre sexta y décima generación, con predominancia de *Saccharum officinarum* (si bien también con presencia de *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinense* y *Saccharum barberi*).

La variabilidad genética disponible, derivada de la hibridación realizada, se origina en los cruzamientos sexuales que se realizan en condiciones controladas. En general, se realizan cruzamientos simples o biparentales, con participación de dos progenitores conocidos por sus características combinatorias o por su aptitud para adecuarse a determinados ambientes o condiciones, de modo de obtener poblaciones con un nivel adecuado de variabilidad y con el fin, entonces, de seleccionar individuos genéticamente superiores. En términos generales, se tiende a incorporar nuevas cruces o progenitores a modo exploratorio, no superando el 20% del total implantado.

La caña de azúcar, en tanto es una especie de reproducción clonal, facilitaría fijar o estabilizar la variabilidad por medio de la selección de individuos -o familias de relevancia superior- que sean aceptados y así avanzar en las nuevas fases del programa de mejoramiento genético de que se trate.

Ese mejoramiento genético es un proceso permanente, continuado, renovador y progresivo, en el cual los avances realizados en las fases previas conforman las bases de las subsiguientes. En tanto esto, el mejoramiento genético de la caña de azúcar (ni de ningún otro cultivo) puede entenderse como un proceso estático ni aislado del contexto (agronómico, industrial, o económico) en el cual se desarrolla. Del mismo modo, la mejora genética no constituye una herramienta de intervención coyuntural, sino que se trata, centralmente, de un instrumento estratégico que requiere de continuidad, puesto que las

interrupciones transitorias que pueda llegar a sufrir generan daños irreparables en los procesos acumulativos que le son inherentes.

Tal como señaló J. Mariotti, el mejoramiento genético debe contemplar una prospectiva basada en el conocimiento y la comprensión de sus circunstancias contextuales actuales y potenciales. Cada nueva fase del proceso de mejoramiento se proyecta -cuanto menos- a un período de impacto probable de diez o veinte años, en función de la base genética presente al momento de su inicio, que a la vez, constituye el cénit genético del ciclo precedente. En ese banco de genes disponibles se nutre la búsqueda de nuevas combinaciones de capacidades genéticas condicentes con las circunstancias contextuales mencionadas.

### **B.3. Perspectivas biogenéticas en Argentina**

El caso argentino de mejoramiento genético de la caña de azúcar ha sido exitoso, en tanto la sumatoria de importantes avances logrados, tanto en sus implicancias agronómicas como industriales. Se han generado variedades con alto nivel de adaptación a las condiciones subtropicales, con crecimiento de ciclo corto y altos niveles de acumulación de sacarosa. A la vez, se han producido variedades con fuerte capacidad de aprovechamiento de las diversas características agroecológicas de las áreas cañeras del país. A nivel fitosanitario, se han logrado cultivares fuertes, resistentes a enfermedades y plagas, erradicando las causas que podían poner en peligro al sector productor e industrial. Asimismo, las variedades desarrolladas han permitido a lo largo de las décadas la adecuación del cañaveral a la cosecha mecánica, como así también ha mejorado las cuestiones relativas al florecimiento, la adecuación a las condiciones limitantes de ciertos suelos, y la resistencia al corte temprano y al frío.

Dado el carácter continuo del mejoramiento genético, este proceso debe aportar permanentemente materiales adecuados a las exigencias del contexto, tanto las provenientes de la fase agraria como las demandadas por la industria. Sin esta interacción entre el proceso de mejoramiento y las demandas del contexto, el cambio se estancaría y con ellos se perderían oportunidades de crecimiento productivo y su correlato de efectos socioeconómicos positivos.

Considerando la trayectoria acumulada en el mejoramiento genético de la caña de azúcar, algunos estudios prospectivos señalan que es posible entrever en un horizonte no excesivamente lejano, rendimientos de entre 470 tn/ha y 800 tn/ha. Estas proyecciones refuerzan la importancia de este cultivo multipropósito (alimenticio, forrajero, energético, químico) e impulsan el desarrollo de nuevas investigaciones en el área de la producción de nuevos compuestos.

Como se indicó más arriba, el grueso de las variedades cultivadas actualmente forma parte del denominado "Complejo Saccharum", a partir del cual los fitomejoradores obtienen materiales para diversos programas de mejoramiento genético. A nivel genómico, al interior de dicho Complejo existe una gran variación, tanto en relación al número de cromosomas como en cuanto al tamaño del genoma de los diferentes géneros y especies incluidas. Desde lo morfológico, las diferencias entre las variedades contenidas en él se sustentan en los caracteres florales y en algunos aspectos vegetativos. Pero más allá de esos aspectos, la diferenciación más relevante reside en la distinta capacidad identificada para almacenar sacarosa en los tallos, lo cual, evidentemente, tiene implicancias económicas importantes.

Las variedades modernas de caña de azúcar detentan un alto nivel de poliploidía y aneuploidía, con entre 100 y 140 cromosomas. Mayormente, derivan de cruza entre *Saccharum officinarum* y *Saccharum spontaneum*. Dado la diferencia en el número básico de cromosomas entre ambas, en los cultivares modernos conviven dos organizaciones cromosómicas distintas. De esto se deriva que la naturaleza poliploide de la caña de azúcar y su propio origen de cruza interespecífica contribuya al alto nivel de heterocigosidad detectada. Al mismo tiempo, el origen relativamente moderno de los cultivares utilizados (poco más de un siglo), derivados de una base genéticas restringida, da lugar a un fuerte desequilibrio con haplotipos conservados, mostrando un panorama sumamente heterogéneo.

Tomando en consideración la mencionada alta productividad de este cultivo, ha sido objeto de atención como productora, además de alimentos y alcohol, de insumos para la generación bioenergética y de otros productos que se pueden derivar de su transformación a través de nuevos trabajos biotecnológicos. No obstante, el interés que esto despierta, por la complejidad de su genoma, los avances alcanzados no han logrado un impacto relevante a nivel comercial.

En los últimos tres lustros, los esfuerzos mejoradores de la caña de azúcar se han centrado en el desarrollo de herramientas moleculares apropiadas. Los resultados alcanzados hasta el presente exponen que no se han podido establecer protocolos biotecnológicos estables para su mejoramiento, a la par que la inversión en exploración de sus genes expresados no ha tenido el impacto esperado en los programas de mejoramiento genético. De hecho, los programas de mejoramiento genético en su gran mayoría derivan de organismos diploides, y su aplicación al caso de la caña no ha resultado exitosa dada su naturaleza poliploide y aneuploide.

Los programas de mejoramiento genético deben enfrentar severas restricciones, desde la cuestión de cambio climático hasta la limitada base genética disponible, desde la reducida asignación de recursos financieros para la investigación hasta la tendencia decreciente en los rindes observados. Esto último (los rindes declinantes), pese a los elevados guarismos antes mencionados, constituye la cuestión más relevante subyacente en todos los programas de mejoramiento. Para afrontar dicha restricción, la genómica funcional y los estudios de perfiles de expresión génica permiten conocer más en detalle las redes genéticas que explican a determinados indicadores de comportamiento biológico de la planta. La secuencia del genoma de la caña de azúcar contribuirá de manera significativa a un mayor conocimiento de los procesos moleculares que explican tanto el rendimiento como otros atributos de la planta. Dicha secuencia alcanzó a fines de 2019 un grado significativo de avance hasta cubrir el 99,1% del total, mapeándose 373.869 genes, luego de dos décadas de investigaciones sistemáticas en la materia.

Con los avances acumulativos en este campo, se espera que los enfoques transgénicos y el mejoramiento genéticos asistido por marcadores moleculares contribuyan con elementos que permitan potenciar los mecanismos que determinan la productividad y la tolerancia a factores bióticos y abióticos, que faciliten concretar en la realidad las proyecciones de rendimientos de más de 800 tn/ha, antes mencionadas. Estos avances son claves para el aprovechamiento integral de la caña de azúcar como biofábrica para la producción de molécula innovadoras como proteínas farmacológicas, biopolímeros y azúcares de alto valor.

#### **B.4. La caña de azúcar como biofábrica**

En razón de su metabolismo, la caña de azúcar tiene la capacidad de convertir la energía solar en carbohidratos más eficientemente que ningún otro cultivo, y posee la facultad de almacenar sacarosa en hasta un 18% de su peso de tallos en fresco. Estos rasgos, como así también que la caña de azúcar pueda producir una gran cantidad de biomasa con requerimientos técnicos relativamente sencillos, tornan a este cultivo como uno de los más productivos y valorados en el mundo. De la caña se obtiene azúcar, alcohol de uso farmacéutico, bioetanol, concentrados proteicos, biogás, melazas, forrajes y celulosa para papel, entre decenas de otros productos; de hecho, estimaciones diversas coinciden en señalar que de la sacarosa es factible obtener más de dos centenares de productos útiles para las industrias alimenticia, farmacéutica, química y energética.

En pos de la diversificación del uso de la caña de azúcar, además de la obtención de materia prima energética, se ha convertido a este cultivo en un sistema biológico orientado a la biosíntesis de productos novedosos como proteínas de valor farmacológico, biopolímeros y carbohidratos de alto valor, además de sustitutos de azúcar:

- Biopolímeros:
  - ✓ Polihidroxialcanoatos (PBA)
  - ✓ Poli-3-hidroxibutirato (PHB)
  - ✓ Acido P-hidroxibenzóico (p-HBA)
  
- Proteínas farmacológicas:
  - ✓ Factor estimulante de la colonia granulocito-macrófago (GM-CSF)
  - ✓ Inhibidor de tripsina pancreática bovina (aproptinina)
  - ✓ Cistanina
  - ✓ Lisozima bovina (BvLz)
  
- Carbohidratos de alto valor y sustitutos de azúcar:
  - ✓ Isomaltulosa
  - ✓ Trehalosa
  - ✓ Trehalulosa

- ✓ Sorbitol
- ✓ Fructano
- ✓ Glucano

El primer conjunto, el de los biopolímeros, se conforma con sustitutos innovadores de la petroquímica tradicional, de perfiles amigables con el ambiente en base a su rápida degradación. El segundo, el de las proteínas de valor farmacológico, puede ayudar a la lucha contra graves enfermedades humanas. Y el tercero, el de los carbohidratos y sustitutos de azúcar, puede convertirse en un proveedor de insumos claves para la industria de los nutraceuticos.

La caña de azúcar contiene, como se infiere de lo anterior, un sistema biológico adecuado para el desarrollo de biofábricas para la producción de las moléculas mencionadas, ya que se propaga vegetativamente, lo que asegura la clonación de variedades transformadas; además, la mayoría de las variedades disponibles en el mercado no florecen, lo que evita el flujo genético. La combinación del potencial desarrollo con la orientación descrita y la capacidad productiva de biomasa del cultivo, puede convertir a la caña de azúcar en uno de los ejes más dinámicos de la producción agrícola e industrial en todo el mundo.

#### **B.4.1. Biopolímeros**

Distintas estimaciones consideran que la biotecnología, por medio de la ingeniería metabólica, puede proveer al mercado hasta un 15% de la demanda de plásticos, polímeros, surfactantes y otros sintéticos derivados del petróleo. De ahí, entonces, que en la industria química tradicional se observen inversiones en equipamiento para implementar procesos productivos de cuño biológico.

El empleo de caña de azúcar en la biosíntesis de plásticos y otros polímeros expone ventajas potenciales respecto a métodos convencionales, como lo es su rendimiento, menor costo energético, reducida generación de residuos industriales y elevada posibilidad de reciclaje. Al utilizarse estos bioplásticos se reduce la emisión de gases de tóxicos y la contaminación de cursos de agua con residuos industriales.

Al utilizarse plantas de caña de azúcar como biofábrica se evita la mayor limitante de la síntesis orgánica que son los largos períodos de síntesis y los costos para diseño, instalación y operación de infraestructura para manejar el proceso y los residuos tóxicos. Esto impulsa las inversiones que se vienen realizando en todo el mundo para producir la síntesis de biopolímeros con poli-3-hidroxi-butirato (PHB). Los polihidroxicanoatos (PHA, que incluyen al PHB) exponen propiedades termoplásticas y son biodegradables.

En años recientes se ha avanzado en la biosíntesis de ácido p-hidroxibenzoico (pHBA), el cual es un hidroxiaácido aromático de importante relevancia para las industrias eléctricas y ópticas. Dicha biosíntesis se logró a partir de la introducción de genes bacterianos en el genoma de la caña de azúcar. En el procedimiento, se transformaron genéticamente plantas de caña de azúcar con tres genes bacterianos que codifican para la ruta biosintética de PHB. De este modo, ciertas líneas transgénicas de caña de azúcar son capaces de acumular el polímero bacteriano PHB, exhibiendo un gradiente elevado de concentración de PHB, con mayor acumulación en las plantas de edad adulta.

A inicios de la segunda década del siglo XXI se generaron plantas transgénicas de caña de azúcar con la ruta biosintética para PHA en peroxisomas, exponiendo que es posible producir biopolímeros a escala comercial. Utilizando diferentes promotores vegetales y virales, se logró incrementar los niveles de PHB en caña de azúcar transgénica. Trabajando con la síntesis de biopolímeros de alto peso molecular, se logró uno de tamaño cercano a 2 millones de daltons, con un nivel de PHA cercano al 12% del peso seco de la biomasa de la caña.

Estos avances exponen el elevado potencial que posee la caña de azúcar como productora de "plásticos sostenibles", brindando las condiciones para un planteo productivo ambientalmente amigable, con implicaciones en prácticamente todos los sectores de la economía moderna.

#### **B.4.2. Proteínas**

A inicios del presente siglo se logró producir proteínas estructurales humanas -de grado farmacéutico- en plantas de caña de azúcar, y a partir de ahí se sucedió una larga serie de avances investigativos y de aplicación industrial.



Partiendo de plantas transgénicas de caña, se logró producir el factor estimulante de la colonia de granulocito-macrófago (GM-CSF), empleado en el tratamiento de neutropenia y anemia. Posteriormente, se transformaron ciertas variedades de caña con el gen para la síntesis del inhibidor de tripsina pancreática bovina (aprotinina, la cual reduce el flujo de sangrado durante las cirugías médicas). En simultáneo, se transformaron genéticamente otras variedades con el gen aprontinina como mecanismo de protección contra el barrenador *Scirpophaga excerptalis* Walker, demostrándose la factibilidad de usar este gen para el desarrollo de plantas transgénicas resistentes a dicha plaga.

Otro avance relevante en este campo fue lograr la expresión de la cistatina (que es un marcador de varias enfermedades humanas) en plantas de caña bajo el control del promotor de ubiquitina de maíz, lográndose altos niveles de expresión y purificación de la proteína, lo que dejó de manifiesto que la caña de azúcar conforma un sistema viable de expresión de proteínas recombinantes. Un ejemplo más reciente de esto es la consecución de la expresión de la lisozima bovina (BvLz), utilizada para el control de bacterias Gram negativas, alcanzándose buenos niveles de purificación de la proteína en el proceso.

#### **B.4.3. Carbohidratos y sustitutos**

En el contexto de la caña de azúcar genéticamente modificada se está investigando la biosíntesis de isómeros de sacarosa de elevado valor comercial y nutricional, como la isomaltulosa y trehalosa. La primera es un isómero natural de la sacarosa, muy aprovechado como alimento con propiedades específicas, como su lenta digestión, bajo índice glucémico y baja cariogenicidad, lo cual tiene beneficios directos sobre el consumidor. A la vez, presenta capacidad reductora, lo que le hace atractivo como precursor industrial para la síntesis de surfactantes y biopolímeros.

La trehalosa, por su parte, está involucrada en procesos de anhidrobiosis, gracias a su alta capacidad de retención de agua, y es utilizada en las industrias alimenticia y cosmética. Se ha demostrado que este azúcar puede formar una fase en gel cuando las células se deshidratan, lo que evita la desintegración del organismo, además de que muestra capacidad antioxidante. No obstante, esto, la disponibilidad de la misma es limitada debido al alto costo de conversión que implica su síntesis a partir de sacarosa.

A mitad de la primera década del presente siglo se logró transformar plantas de caña de azúcar con un gen sacarasa (invertasa), de modo de producir isomaltulosa. Las plantas transgénicas logradas acumularon isomaltulosa en tallos, sin decrecimiento en los contenidos de sacarosa, lo que generó una producción de prácticamente el doble de azúcares totales en el jugo. Esas plantas mostraron también mayor capacidad fotosintética y de transporte de sacarosa, lo que estaría indicando una posible función de la sacarosa en la transmisión de señales para la biosíntesis, translocación y transporte de este azúcar en la planta.

Otro desarrollado probado fue, en esos mismos años, el de la biosíntesis de sorbitol en caña de azúcar; ese polialcohol se suele utilizar como sustituto del azúcar. Se empleó el gen sorbitol-6-fosfato deshidrogenasa de manzano, lográndose que las plantas de caña transformadas acumularan 120 mg de sorbitol por gramo de materia seca (equivalente al 61% del total de azúcares solubles). No obstante, este éxito, esas plantas produjeron casi un 40% menos de biomasa aérea y redujeron su altura hasta un 30%.

La trehalulosa es un isómero de la sacarosa que proporciona sabor dulce y es acariogénico, a la par que su consumo reduce la tasa en que los monosacáridos y la insulina se libera al torrente sanguíneo. Desarrollos realizados en la década de 2010 transformaron plantas de caña de azúcar con el gen trehalulosa sintasa y llegaron a registrar contenidos de hasta 600 mM de trehalulosa en jugo, niveles que se mantuvieron en experimentos en condiciones controladas y en cultivos a campo.

La sacarosa es el primer fotosintato translocado y el mayor azúcar soluble almacenado en caña de azúcar. La capacidad de transportar la sacarosa almacenada hacia rutas que provean sustratos para sintetizar productos alternativos es una de las directrices que sigue la investigación y el desarrollo en este campo.

En años recientes se demostró que la sacarosa se moviliza desde el parénquima hacia los tejidos en crecimiento; y a fin de aprovechar la sacarosa almacenada y desarrollar tolerancia al estrés abiótico, se introdujeron los genes trehalosa-6-fosfato sintetasa fosfatasa (TPSP) a fin de incrementar la biosíntesis de trehalosa, y una construcción RNAi específico para trehalasa, de modo de aborgar su catabolismo. En

la línea de desarrollo con RNAi no se verificó una reducción significativa en la actividad trehalasa, pero en las TPSP la actividad trehalasa sí se incrementó significativamente.

Otro desarrollo importante fue lograr la expresión del gen isomaltulosa sintasa en cultivares de avanzada (de élite), lo que incrementó la síntesis de isomaltulosa (llevándola al 33% del total de azúcares). Si bien se observó un decrecimiento general en la concentración de sacarosa, el contenido de azúcares totales no se modificó en las plantas transformadas, y pudieron prosperar bien en condiciones de campo, demostrando que estos cultivos biotecnológicos pueden escalar hasta una operatoria comercial.

Finalmente, cabe consignar la modificación de plantas de caña de azúcar para la expresión de enzimas involucradas en la catálisis de la polimerización de frutano y glucano. Asimismo, se desarrollaron plantas transgénicas con un gen isomaltulosa sintasa resistencia al silenciamiento genético, llegando a obtener contenidos de isomaltulosa superiores al 81% del total de azúcares.

### **B.5. Perspectivas de la caña de azúcar como biofábrica**

En lo transcurrido del siglo XXI, los estudios biotecnológicos aplicados a la caña de azúcar han centrado su interés en su utilización como biofábrica. Su capacidad para almacenar altos contenidos de sacarosa en sus tallos y su alto rendimiento hacen de este cultivo una actividad única y altamente atractiva. Si bien actualmente el grueso de la actividad de mejoramiento genético de la caña sigue pivotando en torno a incrementar su capacidad de producción de sacarosa, hay interesantes líneas investigativas (muchas en fase de desarrollo) orientadas a la industria de los bioenergéticos y los compuestos biotecnológicos como los mencionados más arriba, que aprovechan la capacidad de la caña de producir abundante biomasa.

Si se compara con los avances biotecnológicos alcanzados en otros cultivos, los aplicados a la caña de azúcar han sido limitados, dado su restringido reservorio genético, su complejidad genómica y el largo lapso que implica la selección de variedades mejoradas. Esta realidad dota de relevancia al potencial impacto positivo que aparejaría en la actividad investigativa y de desarrollo la aplicación de herramientas moleculares, con las cuales se han logrado avances sustanciales en determinados campos, como el conocimiento del genoma antes mencionado, los mecanismos de transformación, la generación de líneas transgénicas estables a campo, y el análisis de rutas metabólicas como la biosíntesis y el transporte y acumulación de sacarosa.

La sucesión acumulativa de resultados de investigaciones y desarrollos llevados adelante por el sistema científico y técnico internacional abocado al tema de la caña de azúcar, ha dado lugar a que se disponga de muchas bases de datos para análisis bioinformáticos, marcadores moleculares, secuencias genómicas, protocolos para ingeniería genética y metabólica, e identificación de nuevos genes implicados en la regulación del rendimiento y de las respuestas de las plantas a factores bióticos y abióticos. Pese a estos avances en el conocimiento, los adelantos técnicos en la concepción de la caña de azúcar como biofábrica se ven ralentizados, dado que deben competir con industrias de larga data y bien consolidadas, como la petroquímica.

En tanto esto, las nuevas directrices de la caña como biofábrica se orientan a trabajar en aspectos claves para dotarla de capacidad competitiva, como la reducción de los costos de la materia prima, eficientizar los procesos biocatalíticos, y realizar innovaciones de procesos y de productos a lo largo de toda la cadena.

Pese a esta orientación práctica, igualmente perduran algunos obstáculos biotecnológicos que deben ser salvados para garantizar un progreso en la dirección mencionada; por ejemplo, se requiere obtener mayores niveles de expresión de las proteínas heterólogas, aislar y caracterizar promotores inducible y constitutivos que trabajen de manera eficiente en el sistema, desarrollar nuevos vectores, y superar las modificaciones transcripcionales y postrcripcionales que enfrentan los constructos en las células de las plantas modificadas. A su vez, se torna necesario mejorar los protocolos para extracción y purificación de proteínas, así como el manejo de los nuevos cultivos biotecnológicos una vez que se liberen en el terreno de la producción comercial.

El largo lapso que implica la liberación de organismos genéticamente modificados (más de tres lustros) y la complejidad de su genoma, constituyen limitantes que podrían ser superados a través del uso de herramientas moleculares. No obstante, las particularidades de la caña de azúcar, que puede exponer recalcitrancia a la transformación, sumadas a que muchos de los protocolos moleculares aún necesitan

ser optimizados, plantea un horizonte técnicamente complejo para concretar avances considerables en la concepción de la caña como biofábrica.

Estudios recientes han mostrado que el mejoramiento genético de la caña de azúcar depende, al menos parcialmente, de la capacidad para producir cultivares biotecnológicos de alto rendimiento con caracteres mejorados. Así, se expone que las plantas transformadas tanto por biobalística como por *Agrobacterium* originada en cultivos de tejidos, mostraron el mismo desempeño a campo que las plantas testigo (originadas en métodos convencionales de reproducción asexual), lo cual demuestra que cualquiera de los dos métodos de transformación disponibles puede generar clones comerciales adecuados para el uso agrícola.

Si bien la liberación al uso abierto en el mercado de plantas modificadas genéticamente es lenta, como se mencionó, igualmente enfrenta resquemores por parte de determinados grupos sociales, por lo cual, para atender esos requerimientos en términos de bioseguridad, será necesario avanzar en el desarrollo de protocolos para transformación más específicos y que eviten el flujo genético, como son los plastidios, para lo cual ya se han producido grandes avances. Del mismo modo se requiere un repertorio de promotores que trabajen en forma eficiente y precisa, dependiendo del nivel, el tiempo y el lugar que se requiera inducir la expresión de un gen determinado.

A grandes trazos, la opinión pública parece ser reacia a consumir alimentos biotecnológicos u otros productos derivados de organismos modificados genéticamente, lo cual se debe, fundamentalmente, a falta de información certera y fidedigna. Este hecho, sumada a la orquestación de campañas contrarias a la biotecnología impulsadas por sectores de la producción que temen perder posición en el mercado, debe ser tenido en consideración para definir la viabilidad o no de un programa intensivo de trabajo orientado a la concebir la caña como una biofábrica.

Por otro lado, abundan las críticas hacia la expansión del cultivo de la caña de azúcar utilizable no solo para producir alimento, sino alcohol y energía, fundadas en que ocupa grandes extensiones de tierras arables que podrían ser destinadas a la producción de alimentos básicos. A la vez, se critica a este cultivo porque su difusión podría impulsar procesos de deforestación y de degradación de suelos, de contaminación de suelos, agua (por lixiviación de fertilizantes, productos fitosanitarios y aguas residuales) y aire (por quema de plantaciones y por generación de humo industrial). Y, finalmente, las críticas también aducen que la expansión de la caña de azúcar constituye un paso hacia un monocultivo que limita la biodiversidad de las áreas implantadas.

Este conjunto de críticas al cultivo de la caña de azúcar también debe ser tenido en consideración al plantearse un programa de mejoramiento orientado hacia la producción bajo la concepción de biofábrica. Tanto el rechazo social hacia el producto final, como el que se dirige hacia el proceso productivo pueden hacer daño considerable a cualquier estrategia sectorial que se siga.

La caña de azúcar, tal como se ha descrito, constituye un buen ejemplo de biofábrica ideal, puesto que su capacidad de convertir energía solar en azúcares, fibras y cras es muy elevada y eficiente, tornándola una de las plantas más productivas de todas las cultivadas por el hombre.

No obstante, para alcanzar su rendimiento potencial en materia seca (805 tn/ha, según se indicó), aún se requiere superar varias limitantes teóricas y técnicas. Su poliploidía y alto nivel de heterocigocidad dificultan el avance de las iniciativas para mejorar su rendimiento y otros atributos buscados. Por lo tanto, la aplicación de los principios innovadores en programas de mejoramiento genético es limitada debido al reducido reservorio genético disponible, a la complejidad del genoma recientemente secuenciado, y al largo período que implican los programas de mejoramiento en sí mismos.

Tal como se señaló anteriormente, estas limitaciones constituyen, a la vez, una oportunidad para el desarrollo y la aplicación de herramientas moleculares, ejemplos de lo cual se han ido mencionando en las páginas precedentes. Con su uso, a la caña de azúcar se pone a las puertas de un nuevo paradigma productivo, pudiendo conformarse como la primera biofábrica integral al servicio de muy diversos sectores de la producción humana. Resolviendo las limitaciones de conocimiento y de técnicas mencionadas más arriba, y atendiendo a las percepciones y opiniones sociales adversas, el panorama potencial de desarrollo cañero es muy amplio y rico.

## ANEXO C. AGRONOMÍA. ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y LA INDUSTRIA

### C. AGRONOMIA. ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y LA INDUSTRIA

#### C.1. La producción del azúcar y sus derivados en Argentina

Se presenta seguidamente una descripción de la Producción caña en Argentina em los últimos 10 años. El Centro Azucarero Argentino, (CAA), institución que nuclea a todos los referentes de la agroindustria nacional del azúcar, lleva adelante las estadísticas anuales de producción por empresa. La información que a continuación se presenta fue extraída de sus registros estadísticos que se encuentran publicados en su página web.

**TB121: Resultados zafra 2010-2015 y 2020. Producción caña y azúcar**

Zafra	Area	Prod. de caña	Prod. azúcar	Rto.	% Participación caña	% Participación azúcar
2010	Salta - Jujuy	7003174	750259	10,71%	37,30%	37,01%
	Tucumán	11772727	1276895	10,85%	62,70%	62,99%
	<b>Total</b>	<b>18775901</b>	<b>2027154</b>	<b>10,80%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
2015	Salta - Jujuy	5955112	741885	12,46%	33,51%	35,40%
	Tucumán	11817679	1353646	11,45%	66,49%	64,60%
	<b>Total</b>	<b>17772791</b>	<b>2095531</b>	<b>11,79%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
2020	Salta - Jujuy	7936065	825198	10,40%	33,96%	37,02%
	Tucumán	15434210	1404016	9,10%	66,04%	62,98%
	<b>Total</b>	<b>23370275</b>	<b>2229214</b>	<b>9,54%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Se han tomado como referencia tres ciclos de producción con una temporalidad de 5 años. Solo se incluyen las regiones de Salta y Jujuy por una parte y Tucumán por otra, por representar el conjunto más del 99% del total de la producción nacional.

A nivel país, en zafra 2020 se observa un incremento de la producción de caña del 31% respecto a zafra 2015. Analizando el rendimiento fabril los resultados son inversos. Se observa una caída de este parámetro del orden 19% entre ambas zafras analizadas.

A los efectos de tener una evaluación actualizada de resultados de los últimos años se há tomado en cuentas las tres últimas zafras que el CAA tiene incorporadas en sus estadísticas y se han promediado sus resultados. Esto permite deprimir las variaciones por efectos climáticos anuales y obtener un valor representativo de las producciones actuales.

**TB122: Resultados zafra 2018-2019 y 2020. Producción caña y azúcar**

Zafra	Area	Produccion de caña	Producción azucar	Rto.	% Participación caña	% Participación azucar
2018	Jujuy Salta	6946840	772532	11,12%	32,53%	36,29%
	Tucuman	14406815	1356372	9,41%	67,47%	63,71%
	<b>Total</b>	<b>21353655</b>	<b>2128904</b>	<b>9,97%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
2019	Jujuy Salta	7677662	740642	9,65%	33,26%	34,97%
	Tucuman	15407239	1377424	8,94%	66,74%	65,03%
	<b>Total</b>	<b>23084901</b>	<b>2118066</b>	<b>9,18%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
2020	Jujuy Salta	7936065	825198	10,40%	33,96%	37,02%
	Tucuman	15434210	1404016	9,10%	66,04%	62,98%
	<b>Total</b>	<b>23370275</b>	<b>2229214</b>	<b>9,54%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
Promedio	Jujuy Salta	7520189	779457,3333	10,36%	33,27%	36,11%
	Tucuman	15082754,67	1379270,667	9,14%	66,73%	63,89%
	<b>Total</b>	<b>22602943,67</b>	<b>2158728</b>	<b>9,55%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

No se dispone de la información de superficies bajo cultivo involucradas para alcanzar las producciones de caña que se registran en las estadísticas del CAA. Esto impide evaluar las productividades por has. Alcanzadas en cada año para cada ecorregión donde se produce caña de azúcar.

De todos modos se cuenta con un informe del INTA del año 2018, donde se evaluaron las superficies bajo producción solo para las zafra 2004 y 2018. Esta información permite cruzar los datos con las estadísticas de CAA que proporcionó para esos años y contrastar los resultados de productividad de caña por ha y azúcar por ha a nivel nacional.

Con respecto a la Provincia de Tucumán se dispone de la información proporcionada por la EEAO pero no incluye Salta y Jujuy que representa un porcentaje significativo de la producción nacional. Sin dudas, una información valiosa para conocer las capacidades productivas en cada provincia del NOA. En la siguiente tabla se presenta esta información y los indicadores calculados.

**TB123: Resultados de zafra 2004 y 2018. Producción ton de caña, ha, Kilos Azúcar Ha**

Zafra	Área	Has	Ton. Caña	Ton. Caña Ha.	Ton Azúcar	Rto. Sacarino	Kilos. Az. Ha
2004	Salta	26040	1939023	74,46	220004	11,35%	8449
	Jujuy	59290	4139801	69,82	510605	12,33%	8612
	Tucumán	195500	10655124	54,50	1111375	10,43%	5685
	<b>Total</b>	<b>280830</b>	<b>16733948</b>	<b>59,59</b>	<b>1841984</b>	<b>11,01%</b>	<b>6559</b>
2018	Salta	34934	2432278	69,62	251220	10,33%	7191
	Jujuy	63158	4514562	71,48	521512	11,55%	8257
	Tucumán	273737	14406815	52,63	1356372	9,41%	4955
	<b>Total</b>	<b>371829</b>	<b>21353655</b>	<b>57,43</b>	<b>2129104</b>	<b>9,97%</b>	<b>5726</b>

El resultado de kilos azúcar por ha es la relación entre la cantidad de caña producida por ha (ton/ha) y el rendimiento sacarino que la caña logra alcanzar. El valor obtenido, multiplicándolo por mil proporciona la información de kilos de azúcar por ha.

Si se compara Jujuy con Tucumán, tomando como referencia la zafra 2018, se aprecia que Jujuy alcanza producciones de Ton.caña/há, un 35,8% más alto. (71,48 vs 52,63) y si se analiza el rendimiento sacarino Jujuy supera a Tucumán en un 22,7% más alto. (11,55 vs 9,41).

Con la integración de ambos parámetros observamos que Jujuy produce un 66,6 % más de azúcar por ha en relación a Tucumán. Por su parte Salta proporciona un 45,1% más.

Sin dudas que la estructura productiva de las provincias, las características climáticas de cada ecorregión condicionan los resultados. Se analizan estos factores con el fin de evaluar posibles mejoras tecnológicas, tanto el sector agrícola como en el sector Industrial.

Entre los trabajos elaborados sobre la actividad azucarera se encuentran los Informes Productivos Provinciales elaborados por el Ministerio de Hacienda de la Nación, que se utilizan para el siguiente análisis.

#### C.1.1. Estructuras productivas de Jujuy

El 90% de la caña de azúcar procesada por los ingenios es de producción propia. El resto proviene de productores independientes, medianos y grandes. Según el Censo Nacional Agropecuario de 2002 existían 54 explotaciones agropecuarias de cañeros independientes dedicadas a la producción de caña de azúcar.

En Jujuy coexisten tres ingenios con distintos perfiles tecnológicos. Se destaca Ledesma, que produce el 17% del total nacional y el 75% de la producción provincial. El resto del azúcar es producida por Río Grande con un 16% y La Esperanza con el 9% de la producción provincial. Los 3 ingenios poseen destilación de alcohol, en tanto Ledesma y Río Grande poseen asimismo plantas deshidratadoras para la producción de bioetanol.



### C.1.2. Estructuras productivas de Salta

En 2015, la provincia de Salta aportó el 11,7% de la producción nacional de azúcar con 246.083 toneladas métricas de valor crudo (TMVC) elaboradas. De este modo, es la tercera provincia productora de azúcar del país, detrás de Tucumán y Jujuy.

El promedio de producción de la Provincia de Salta en el período 2010-2015 fue de aproximadamente 253.000 TMVC, implicando un aumento del 5,5% en relación al promedio de 240.000 TMVC registrado entre 2000 y 2009. En cuanto al bioetanol de caña, en 2015 la provincia contribuyó con el 19,0% de las ventas nacionales.

Según la Dirección General de Estadísticas de la provincia de Salta, la superficie sembrada con caña de azúcar fue de aproximadamente 31.500 hectáreas en la campaña 2011/2012.

Seaboard, energías renovables y alimentos, ex Ingenio Tabacal, es responsable del 75% de la producción de azúcar de Salta en 2015 (9% del total nacional). También produce alcohol. En cuanto a bioetanol de caña de azúcar, cuenta con una capacidad productiva de las más altas del país. A su vez, Seaboard genera bioenergía eléctrica y fabrica abonos orgánicos a partir de los residuos del proceso de producción de azúcar.

En el año 2016, la empresa Tabacal Agroindustria anunció inversiones para desarrollar una nueva destilería dual (maíz-azúcar) en su subsidiaria Alconoa con el fin de duplicar su producción de bioetanol. Por su parte, el ingenio San Isidro, que produce el restante 25% del azúcar provincial, también integra en sus actividades la destilación de alcohol y la producción de bioetanol.

### C.1.3. Estructura productiva de Tucumán

La industria tucumana tiene 15 ingenios de los 23 que existen en el país. El 50% de la superficie de caña de azúcar pertenece a los ingenios. A su vez, integrados a los ingenios se registran 12 destilerías de alcohol y 8 establecimientos de bioetanol.

En las últimas dos décadas, la cantidad de cañeros cayó a menos de la mitad. La estructura es heterogénea con minifundistas, independientes (medianos a grandes) e ingenios integrados.

Según el Censo Nacional Agropecuario de 2002, había 5.364 explotaciones: el 64% con hasta 10 hectáreas y el 8% de superficie. Según la provincia, en 2017 había 5.300 productores cañeros: el 91% con menos de 50 hectáreas y el 28% de la superficie.

En síntesis, la producción de la caña de azúcar de las dos provincias ubicadas más al norte está caracterizada principalmente por grandes ingenios integrados verticalmente. Tanto en Salta como en Jujuy, los ingenios son propietarios de aproximadamente el 90% de la caña que procesan. El resto proviene de productores independientes con propiedades entre 100 y 500 has. bajo producción. Entre ambas provincias habría unos 120 productores cañeros.

En contraposición Tucumán, según el censo del 2017, cuenta con 5300 productores, de los cuales el 91% son productores de 50 has o menos. Los productores independientes son responsables del más 60% de toda la caña que se procesa en la provincia. Los resultados productivos están indisolublemente asociado a productividad que los mismos pueden lograr.

La Agroindustria del azúcar se sumó a estos nuevos proyectos en relación con los biocombustibles. En el año 2006, a partir de la sanción la Ley 26.093/06(98), que estableció el régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles se comenzaron a evaluar proyectos futuros. En el año 2007 la Ley 26.334/07(2) fijó las bases del régimen de promoción del bioetanol generando las condiciones para que el azúcar fuera parte de la oferta de biocombustibles a la matriz energética nacional.

Se establecieron los criterios que determinarían la adjudicación de proyectos, la calidad del etanol y su precio, unido a una serie de incentivos económicos de la que participarían como beneficiarias las tradicionales provincias cañeras, Tucumán, Jujuy y Salta. Se establecieron las bases para la producción

de alcohol anhidro y participación de la industria sucro alcoholera en la oferta energética de biocombustibles.

### **C.2. Las características climáticas y su incidencia.**

El área cañera del NOA se desarrolla aproximadamente entre las latitudes 22,8 en el sector Norte en Salta, hasta la latitud 27,8 en el sur de Tucumán. Los 5 grados de latitud que separan este territorio representan aproximadamente 560 kilómetros entre ambos extremos. Sin duda esto implica variaciones climáticas, tanto en registros térmicos y de radiación como en rango de precipitaciones.

Salta y Jujuy a nivel promedio tienen registros de temperatura media diaria, 2 grados más de media que Tucumán, comparando información anualizada. Con respecto a las precipitaciones en las provincias de Salta y Jujuy varían con una tendencia de menores lluvias cuanto más al este se desplazan las áreas de cultivo. Las lluvias oscilan entre 1200 mm en el sector pedemontano hasta 750 mm en el sector más oriental bajo producción. Ledesma, con más de 80 años de registros pluviométricos tiene 830 mm como promedio anual. Tucumán muestra idéntica tendencia de precipitaciones entre el sector pedemontano y el sector oriental. La media está estimada entre 1000 y 1100 mm.

Uso consuntivo de la caña de azúcar, definido este concepto como la cantidad agua que consumen las plantas para germinar, crecer y producir económicamente es diferente entre Salta y Jujuy respecto a Tucumán. En Salta y Jujuy, las mayores temperaturas y mayor radiación dan como resultado que el cultivo de la caña de azúcar demande un uso consuntivo de 1600 mm. Con una media de precipitaciones de 830 mm, el déficit hídrico es de aproximadamente 800 mm. Esa es la razón que en el norte más del 95% de las has. bajo cultivo se hacen bajo riego a causa de este fuerte déficit.

En Tucumán, con menores temperatura y menos radiación, tiene un uso consuntivo de 1300 mm. Esto explica que la producción allí se hace a secano ya que el déficit es leve y en algunos años casi nulo.

Se han analizado dos aspectos, con el fin de asociarlos a los resultados productivos que se describen en las tablas de datos. Su análisis permite identificar acciones de mejoras para una agroindustria con miras de desarrollo y mayor productividad. Sin dudas que la integración vertical de los Ingenios de Salta y Jujuy implica una ventaja competitiva en término de adopción de tecnología y recursos económicos para su incorporación. Las diferencias climáticas son importantes, pero no explican plenamente las diferencias entre el Norte productivo y Tucumán.

### **C.3. Condicionantes de los niveles de la actividad.**

Tucumán participa del más del 67% de la producción de caña, el 64% de la producción de azúcar y el 57% de la producción de alcohol. Estas producciones se logran ocupando el 74% del territorio con caña de azúcar a nivel nacional. Toda mejora en la productividad impactara sin dudas en los resultados globales.

La atomización productiva de esta última afecta la capacidad para implementar tecnología a lo que se suma limitantes económicas. Años de bajas producciones están precedidos por años de crisis azucareras, bajos precios del azúcar. La nula o mínima rentabilidad afecta las tareas de renovación como también las tareas de fertilización y control de malezas.

Esto puede observarse en lo que describe el Reporte Agroindustrial 179 de la EEAOC. En el resumen que encabeza dicha publicación que analiza 2016 al 2019 señala evidencias de "un incremento en pesos de los gastos de producción por ha a lo que se suman una mayor incidencia de los costos de cosecha y flete".

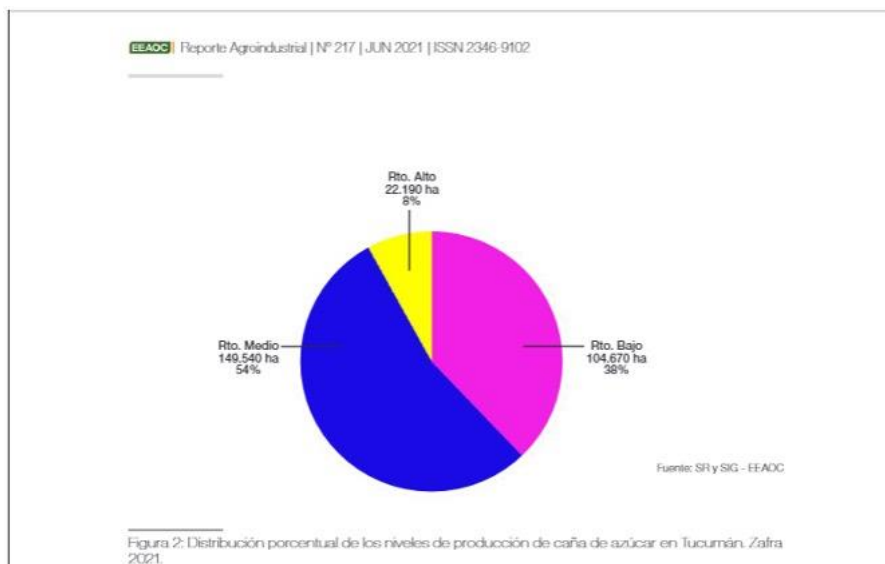
En la página 7 de dicho reporte se describe lo siguiente: "Analizando el periodo 2016-2019, el margen bruto no alcanza a cubrir los costos de renovación, fertilización y cultivo de la campaña siguiente lo que demandaba solicitar financiamiento o que algunas de estas tareas no se hayan realizado en tiempo y forma. No cultivar, fertilizar o renovar va en detrimento de la capacidad productiva de los suelos".

En las consideraciones final del reporte 179 se señala: "El rinde cultural y fabril en el periodo analizado, 2016-2019 registra una disminución de productividad por há. analizado ambos extremos"

En el Reporte Agroindustrial de junio 21, se observa la estimación que la EEAOC informa sobre la distribución según productividad. La producción de toneladas de caña por ha. según categoría es la siguiente:

- Producción baja: < 56 t/ha
- Producción Media: Entre 57-75 t/ha
- Producción Alta: > 76 t/ha

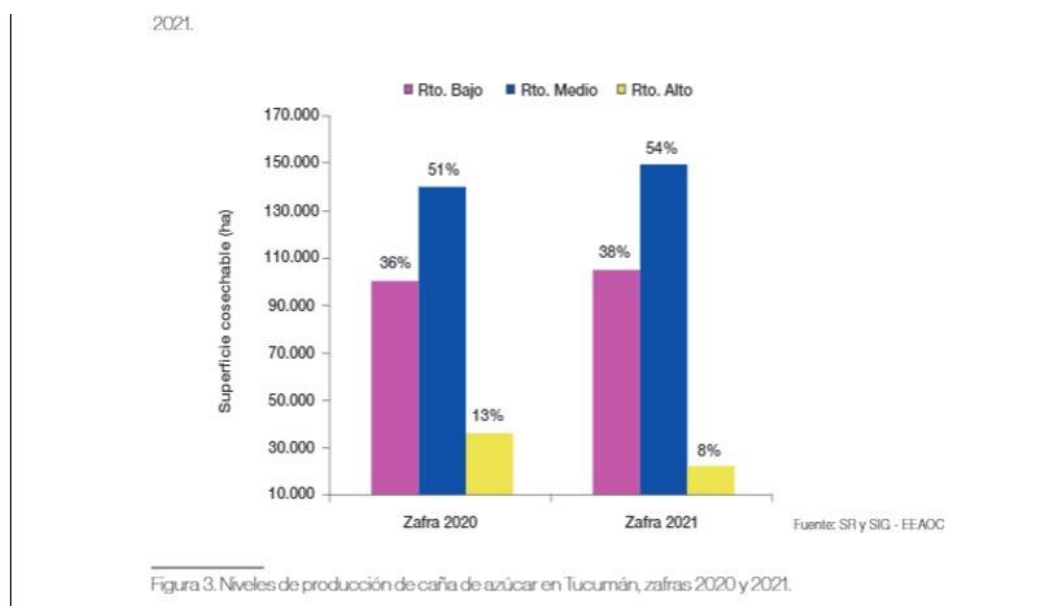
**FG150: Distribución según productividad**



En la misma publicación se presenta un cuadro comparativo entre zafra 2020 y la de 2021. Lo señalado como ocurrencias entre el año 2016 y 2019, con caída de productividad, se extiende también cuando se comparan las producciones 2020 y 2021.

Este diagnóstico y esta realidad requiere de acciones que permitan que el productor sea un receptor de esta tecnología de la mano de Instituciones de Investigación como de los propios Ingenios. Una verdad que no siempre está claramente visualizada es que la caña que el campo no produzca, nunca podrá ser recuperada por el Ingenio que la procesa. Esto que parece una realidad, al ver los resultados productivos de Tucumán y que se han documentado en párrafos y tablas anteriores, necesita de un cambio de estrategia hacia el futuro.

**FG151: Niveles de producción de caña de azúcar en Tucumán, zafras 2020 y 2021**



#### **C.4. Evaluación de potencial productivo de áreas cañeras de Tucumán:**

La EEAOOC presentó en diciembre del 2006 un trabajo de investigación de una de las áreas de producción de caña más extensa. La llanura deprimida no salina. Esta área de una extensión de más de 100.000 has, ocupada principalmente por el cultivo de caña de azúcar, que fue investigada por técnicos de las áreas de suelos y nutrición vegetal, el áreas de caña de azúcar y el área responsable de sensores remotos.

Entre las evaluaciones se señala que el área presenta posicionamiento de napa freática fluctuante. Esa variación está determinada por el régimen de lluvia y por la capacidad de drenabilidad del suelo. La acumulación del exceso de agua y su lenta eliminación o descenso son factores responsables que afectan la capacidad productiva de los suelos.

Se identificaron tres categorías de suelo con el fin de luego asociar estas características con los resultados productivos. Las tres categorías y situaciones descritas fueron las siguientes.

Suelo con drenajes pobres  
Suelos con drenajes imperfectos  
Suelos bien drenados o moderadamente bien drenados

Los suelos bien drenados: presentaron los valores de producción dentro de los rangos de mayores producciones. La cosecha en verde no presentaría un problema de dejar la maloja o RAC y contribuir a la conservación de humedad en primavera seca

Los suelos imperfectamente drenados: presentaron rangos de producción intermedio. En situaciones dentro de esta categoría requiere un grado de sistematización en el diseño del cultivo de tal manera que promueva una rápida evacuación del agua excedente. No presentaría problemas el dejar el RAC sobre superficie.

Suelos con drenajes pobres: Estos casos requieren de prácticas de buena sistematización con el agrega de una red de drenajes que deprima la napa y los periodos críticos. El manejo de los residuos de cosecha debe ser administrados evitando que reduzca las condiciones térmicas del suelo, afectando el cultivo. Allí se presentan las producciones más bajas

La información relevada permitió identificar que el 37% de los cultivos en área sin limitaciones o con moderadamente drenados tenían producción menor que las condiciones que el sitio brindaba. Con buenas prácticas agrícolas las producciones deberían crecer y pasar al estrato de producción superior.

En los suelos con drenajes pobre demandan una sistematización en el diseño de los campos, rápida eliminación del agua superficial con red de drenajes y como mejora mayor, la tecnología de drenajes subterráneo permitiría que estos suelos recuperan producción equivalente a suelos bien drenados.

Lo importante de todos modos de este relevamiento son las has que sin presentar limitaciones de freáticas u otras posibles, no alcanzan los tenores de producción esperable. La conclusión del trabajo señala que, si bien existe heterogeneidad en los suelos de la llanura deprimida no salina, existen buenas oportunidades tecnológica para incrementar la producción.

Otro estudio llevado adelante por el área de suelos de la EEAOOC, fue el del índice de productividad agrícola en caña de azúcar en los suelos del pedemonte tucumano. Para este estudio se evaluaron ocho parámetros que luego de integraron para determinar un índice de productividad. Los parametros estdiados y evaluados fueron los siguientes:

IP = índice de productividad  
C = características climáticas  
D = clase de drenaje  
T1 = textura del horizonte superficial  
T2 = textura del subsuelo  
Pe = profundidad efectiva del suelo  
Mo = contenido de materia orgánica  
CIC = capacidad de intercambio de cationes

P = pendiente del terreno

Estos parámetros se integraron en una fórmula que permitió a partir de sus resultados finales asignar un rango de productividad:

Índice de productividad (IP)

IP < 39 (muy bajo);

IP entre 40 y 54 (bajo);

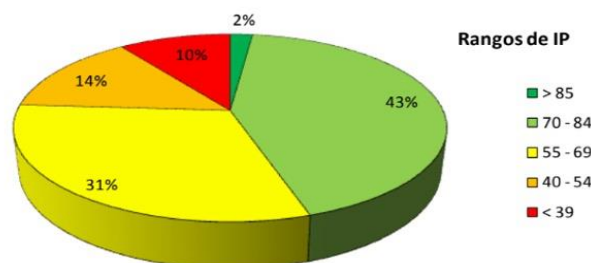
IP entre 55 y 69 (medio);

IP entre 70 y 85 (alto) e

IP > 85 (muy alto).

En la figura siguiente podemos observar la distribución y participación porcentual de cada Índice de productividad.

FG152: Distribución y participación porcentual de cada índice de productividad



Un IP mayor a 85, de muy alta productividad, representa a los suelos sin limitaciones o con limitaciones de carácter tan leve que no afectan de modo significativo la producción del cultivo. Se han detectado en solo un 2% de los sitios de muestreo. Son suelos de texturas francas en todo el perfil, profundos y bien drenados, con buen contenido de materia orgánica y buena reserva mineral de nutrientes.

Los suelos con IP entre 70 y 84 son de alta productividad y representan el 43% del total. Suelen tener limitaciones leves que afectan solo ligeramente la producción. Solo se diferencia de la clase anterior por presentar contenidos moderados de materia orgánica, o alguna capa de textura más fina con restricción ligera al crecimiento radicular. Se destaca que los suelos de mayores IP, a pesar de sus escasas o nulas limitaciones, presentan rendimientos más bajos que lo que los que condiciones suelo-ambiente indican. Es evidente que, en este caso en particular, existen otros factores de manejo agronómico del cultivo que influyen en la producción de caña de azúcar.

Un IP entre 55 y 69, que en la región se encuentra en el 31% de los suelos estudiados, representa aquellas situaciones en donde las limitaciones observadas pueden provocar algunas disminuciones ligeras o moderadas del rendimiento del cultivo. Pueden presentar textura fina está en superficie son de baja infiltración y generan mayores escurrimientos. También textura franco arenosa con menor capacidad de retención de agua y permeabilidad moderada a rápida. Cobertura con RAC contribuye a mitigar estas limitaciones.

### **C.5. Perspectivas para la producción agropecuaria**

Evaluated el 86% del área de pedemonte entre las tres primeras categorías, se puede señalar que, entre las limitaciones más importantes, se prioriza destacar aquellas que pueden atenuarse con prácticas de manejo. La cosecha en verde del cañaveral y el mantenimiento en la superficie del residuo agrícola de cosecha pueden contribuir tanto a conservar la humedad por aumento de la infiltración y disminución del escurrimiento, como a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo por el volumen del residuo que anualmente puede aportar la caña de azúcar.

Si se consideran las conclusiones de ambos trabajos de la EEAOC, las condiciones que son propias de la condición de sitio, no explican los resultados productivos alcanzados. Es importante entonces evaluar y

proponer qué tipo de manejo agronómico puede ser adoptado con miras a mejorar la aptitud productiva del sector agrícola de caña de azúcar en Tucumán bajo la producción a secano, que es lo que en gran mayoría la manera que se produce caña en la ecorregión de Tucumán.

Para ello se ha analizado un modelo de producción de caña de un productor que con una planificación y objetivos propuestos hace años fue elaborando estrategias que le permitió alcanzar niveles de producción que superan con creces a los promedios de la provincia de Tucumán.

Se analiza información de la firma Bulacio Argenti, cuyo Gerente de Producción fue entrevistado en el marco del programa de entrevistas e intercambios que ADAYC tenía asignado dentro del proyecto. El Gerente de Producción Sr. Santiago Moyano Paz brindó la información que se resenta a continuación. Estas mejoras tecnológicas que no son de alto costo sino más bien procesos de buen manejo que impactan de manera directa en los resultados productivos. Esto también es evaluado con la rentabilidad comparativa entre distintos niveles de productividad.

### C.5.1. Gestión varietal.

La gestión varietal como primer proceso merece ser analizado. Una concentración del espectro productivo cimentado en una sola variedad con una elevada participación fue lo primero que se analizó y se cambió durante los últimos periodos de renovación.

En la tabla que a continuación de presenta se observa una distribución varietal equilibrada con participaciones porcentuales compartidas entre distintas variedades.

Puede apreciarse que la variedad LCP 85 384, ocupa actualmente solo el 28,4% de participación. Esta variedad no será parte de las nuevas renovaciones porque a criterio de la empresa su capacidad productiva fue superada ya por otras variedades. Cabe destacar que alcanzó a tener una participación superior al 60% en años anteriores.

**TB124: Distribución de variedades de caña**

	Inventario 2021-22	
TUC 95-10	34.942	29,50%
LCP 85-384	33.665	28,42%
TUC 03-12	22.964	19,39%
TUC 02-22	12.275	10,36%
TUC 00-19	5.938	5,01%
INTA CP 98-828	2.494	2,11%
TUC 06-07	5.334	4,50%
TUC 97-8	622	0,53%
TUC 95-37	163	0,14%
RA 87-3	0	0,00%
TUC 77-42	0	0,00%
TUC 00-65	61	0,05%
	<b>118.457,77</b>	<b>100,00%</b>



En Tucumán a nivel general esta variedad mantiene un alto porcentaje, alcanzando en años recientes hasta el 70% de participación, lo que puede generar una caída de producción por reducción de su capacidad productiva en un futuro breve.



### C.5.2. Control de enfermedades:

En caña de azúcar, entre varias enfermedades, una de fuerte impacto en la capacidad de producción, es el raquitismo de las socas. Su incidencia, no se manifiesta fenotípicamente, por lo que se la denomina como una enfermedad silenciosa.

El raquitismo de la caña soca o RSD (siglas de su nombre en inglés, "Ratoon Stunting Disease") es una enfermedad sistémica causada por la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, la cual se aloja en los tejidos del xilema y provoca el taponamiento de los haces vasculares del tallo, con importante pérdida de productividad, sobre todo en años de baja precipitación.

Estudios de la EEAOC del INTA en Famailla evaluaron esta incidencia y la misma fue graficada. Las imágenes siguientes son la evidencia de ello

**FG153: Incidencia del raquitismo en la caña**



Las pérdidas de producción alcanzan valores de hasta el 40%. La firma Bulacio Argenti, tomo ya hace 20 años garantizar un nivel de sanitización que garantizara un casi nulo nivel de infección de raquitismo.

Para ello durante todo el proceso de producción, todo equipo que opera en sus campos cuentan con dispositivo de fumigación instalado en los equipos que aplican amonio cuaternario, un desinfectante de amplio espectro que evita que la enfermedad se propague a través de sus herramientas de corte como máquinas cosechadoras, plantadoras o equipos de cultivo. Esta simple medida de sanitización permite que al evaluar niveles de incidencias con RSD en cañas de 6 o 7 años de cultivo, mantenga un mínimo nivel de infección.

### C.5.3. Gestión del RAC

El residuo agrícola de cosecha es la herramienta tecnológica de fuerte impacto en la estrategia productiva de la firma. Desde hace más de 20 años que el RAC no es quemado. La EEAOC llevo adelante gran parte de sus evaluaciones y ensayos en los campos de Bulacio Argenti. Los resultados hablan de lo positivo de su manejo y aporte al suelo.

El RAC además es un contribuyente a la conservación de humedad del suelo y un efectivo control de malezas. Esa cobertura de aproximadamente 12 a casi 16 toneladas de materia vegetal es una barrera para el desarrollo de malezas.

### C.5.4. Descomposición del RAC y aporte de nutrientes

La EEAOC evaluó el comportamiento y resultados del aporte del RAC al cultivo. La tabla siguiente analiza los resultados y los aportes que el RAC genera y contribuye con los nutrientes de suelo.

**TB125: Cantidad inicial, final y porcentaje de descomposición del RAC de caña de azúcar en dos ensayos diferentes. Tucumán**

Cantidad de RAC (t M.S. /ha)	Ensayo 1: San Genaro				Ensayo 2: El Potrero		
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
<b>RAC inicial</b>	13.34 ab	15.17 a	11.64 b	12.27 ab	12.94 b	15.77 a	14.84 a
<b>RAC final</b>	5.47 c	8.02 c	6.08 c	6.96 c	6.06 d	9.1 c	11.45 b
<b>RAC descompuesto</b>	7.87	7.15	5.56	5.31	6.88	6.67	3.39
<b>Descomposición (%)</b>	59.0	47.1	47.8	43.3	53.2	42.3	22.8

La tasa de descomposición permite inferir que un importante volumen de este residuo pasa formar parte del contenido de materia orgánica del mismo. El mantener una estrategia productiva a lo largo de los años contribuye a los resultados productivos como se verán más adelante.

Desde el punto de vista nutrientes, inmediatamente después de la cosecha retornan con el RAC fresco entre 5100 y 6800 kg de C/ha, entre 71 y 131 kg de N/ha, entre 7 y 9 kg de P/ha y entre 72 y 115 kg de K/ha.

Al finalizar cada ciclo agrícola se han liberado 3300 a 5000 kg de C/ha, 18 a 70 kg de N/ha, 3 a 5 kg de P/ha y 66 a 108mkg de K/ha. Esto significa que se ha liberado entre el 60% y 77% del C, entre el 24% y 54% del N y entre el 86% y 94% del K contenido en el residuo.

En Tucumán, después de la cosecha en verde del cañaveral, queda una elevada cantidad de RAC sobre el campo, entre 12 y 17 t. de materia seca/ha, pero esta cantidad decrece significativamente con el transcurso del ciclo agrícola.

Al finalizar el ciclo del cultivo, se han liberado a partir del RAC cantidades C, N, y K que podrían, en el mediano plazo, modificar la disponibilidad de estos nutrientes para el cañaveral y por lo tanto influir sobre el manejo de la fertilización del cultivo.

#### C.5.5. El RAC y desarrollo de microorganismos

El mantenimiento de la cobertura de RAC sobre la superficie del suelo tiene una gran influencia en el desarrollo de distintas poblaciones microbianas, presentes en el suelo y en diferentes tejidos del cultivo.

Los resultados indican que la cobertura con RAC promueve el crecimiento y desarrollo de microorganismos rizosféricos, entre ellos, hongos, levaduras y bacterias del género *Pseudomonas*. Estos microorganismos se caracterizan por ser degradadores de materia orgánica y probablemente están involucrados en el proceso de descomposición del residuo, lo cual tiene implicancias primordiales en el reciclado de nutrientes en el agroecosistema.

Por otro lado, la cobertura con RAC también incrementó el número de microorganismos fijadores de nitrógeno. Teniendo en cuenta que el proceso de fijación biológica de nitrógeno podría proporcionar gran parte del nitrógeno que la caña de azúcar necesita para su crecimiento y desarrollo, estos resultados contribuirían a explicar, al menos en parte, el mejor estado general observado en los cañaverales que son mantenidos sobre suelo con cobertura de RAC.

#### C.5.6. Construcción de infraestructura de drenajes

Los campos de la firma Bulacio Argenti están ubicados parte en la llanura deprimida no salina y una menor proporción en la llanura deprimida salina. Las condiciones no son favorables para producciones altas pero el manejo que se describió a lo largo de este informe han generado condiciones que colaboraron para potenciar las capacidades de los sitios bajo cultivo.

Un aspecto importante es el manejo de los excedentes de agua en el perfil del suelo. Analizada la topografía general de cada pedio se realizaron los drenajes profundos que garantizaran que los excesos de lluvia migraran fuera del campo en el menor tiempo posible.

Estas obras de desagües fueron complementadas con una red de desagües superficiales de baja profundidad, tipo badenes, que también permitieron que todo el campo drenara y evacuara en el menor tiempo posible los excedentes hídricos.

Los suelos con alto grado de salinidad fueron aplicados con enmienda cálcica (yeso) lavándose los excesos de sales con las lluvias del verano.

También en ciertos suelos de menor capacidad productiva, al momento de plantar se hicieron agregados de cachaza en el fondo del surco a una tasa de 15 toneladas por ha.

Sin dudas que estos trabajos conllevan un costo adicional pero los resultados productivos en los ciclos posteriores de cosecha, retornaron con creces estas inversiones en insumos necesarios y requeridos.

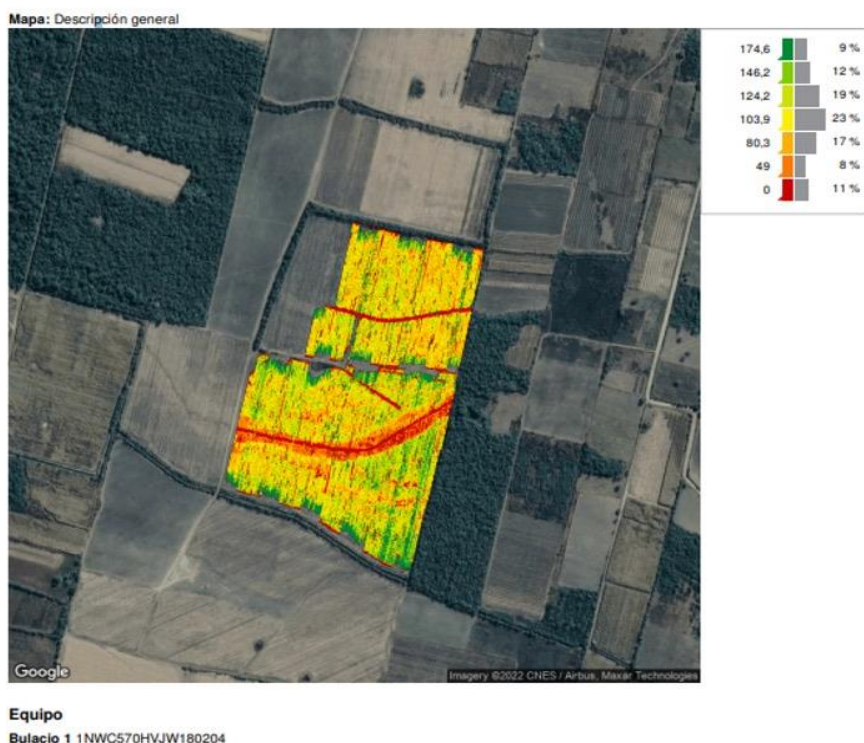
#### C.5.7. Evaluación de producción en campo

A travez de monitoreo de producción incorporado en la cosecha, la firma Bulacio Argenti Sociedad Anonima (BASA) obtiene una información de producción a nivel de sitio que le permite contar con los diferenciales de producción y ubicación de estos resultados a nivel de detalles.

La imagen que se observa a continuación es el resultado de esta información que el censo de producción que posee la máquina, permite plasmar en un mapa general.

2022 Caña de azúcar Cosecha: Rendimiento  
Inicio de cosecha: 14 jul, 2022 9:55  
Finalización de cosecha: 17 jul, 2022 17:08  
Descripción del trabajo: Cosecha caña de azúcar  
Superficie cosechada: 23,2 ha  
Producción: 112,4 t/ha  
Rendimiento total: 2605 toneladas totales

#### FG154: Mapa de rendimiento



El mapa presentado es la más detallada imagen de los resultados logrados en un campo de caña. El Departamento Simoca no tiene los mejores suelos de Tucumán. Allí se concentran producciones de rango medio a bajos.

#### C.5.8. Producción y resultados económicos

Los resultados de promedios de producción de la firma Bulacio Argenti, en los 3 últimos años, arrojó para 3200 has a cosecha, un promedio de 75 Ton/ha.

Se solicitó a la EEAOC, áreas de economía, un análisis de resultados de margen bruto de un año agrícola a partir de los costos de cultivo promedio de Tucumán, pero incorporado distintos niveles de producción de TCH solo incorporando 3 variable producción de ton/hay 2 variables de rendimiento.

La tabla siguiente muestra los resultados.

**TB155: Costo y margen caña de azúcar considerando distintos rendimientos culturales: Campaña 2021/2022, zafra 2022**

Rinde cultural (t/ha)	54		70		75	
Fabril %	9%	10%	9%	10%	9%	10%
Gastos (amortización plantación+cultivos caña planta y soca, fertilización) (\$/ha)	33.104	33.104	33.104	33.104	33.104	33.104
Cosecha y transporte (\$/ha)	54.722	54.722	70.936	70.936	76.003	76.003
<b>Total (\$/ha)</b>	<b>87.826</b>	<b>87.826</b>	<b>104.040</b>	<b>104.040</b>	<b>109.107</b>	<b>109.107</b>
Rinde de indiferencia tierra propia (t/ha)	14	12	14	12	14	12
Rinde de indiferencia tierra propia (kg/surco)	227	196	227	196	227	196
Rinde de indiferencia arriendo (t/ha)	29	25	29	25	29	25
Rinde de indiferencia arriendo (kg/surco)	475	411	475	411	475	411
Margen bruto (\$/ha)	98.426	119.121	137.398	164.224	149.577	178.319
Precio de azúcar promedio abril - 15 de julio 2022	66075 \$/t					
Participación	58%					
Arriendo	11 bolsas de azúcar					
valores sin IVA						

El análisis de gastos corresponde a amortización de plantación, cultivo de cañas plantas y socas. Para fertilización los costos de fertilizantes están valorizados a octubre de 2021. Incluye también herbicida y rotación con soja. La fertilización está calculada para 120 kilos de/ surco (CAN) más biofertilizante. Cosecha y transporte con valorización 2022.

Tomando como referencia un rendimiento de 10% de azúcar en caña, se observa que el margen bruto de la producción de 75 de Ton de caña/ha es un 50% más alto, considerando que se transportó un 38% más de caña. Esa misma diferencia se observa entre 75 t/ha vs 54 t/ha, muy próximo a la media de Tucumán.

### C.6. Cambios tecnológicos hacia una mayor productividad agropecuaria

Las empresas radicadas en las provincias de Salta y Jujuy requieren de la práctica del riego. Esta práctica agrícola, a nivel promedio, representan entre el 35 y 40% del total del costo del cultivo, dependiendo de tecnología aplicada, insumos erogados y productividad lograda.

En el costo incide la fuente de aprovisionamiento de agua. Si el agua es de río o arroyos tiene un valor menor que si proviene de aguas subterráneas extraída con bombeo. Estas diferencias son también importantes pues los costos del riego de aguas subterráneas dependerán de las tarifas eléctricas aplicadas en empresa como también a la profundidad desde donde es captada. También difiere si es un motor accionado eléctricamente o por un motor a explosión.

La incidencia del diesel y la energía eléctrica hoy limita aplicación de tecnologías de riego de última generación como goteo, avance frontal o pivot central. En algunas situaciones, con información actualizada, estas tecnologías no pueden ser parte del modelo productivo ya que la incidencia de ambos insumos, dan como resultado rentabilidades negativas, a pesar de alcanzar mejores producciones que la media.

El Gerente de Producción de la Empresa Contreras SA, proveedor de caña a Ingenio Ledesma, quien fue entrevistado por ADAYC, nos brindó información que abre un interrogante sobre los resultados y los modelos de producción futuros.

Consultado sobre sus prácticas agrícolas y manejo de nuevas tecnologías, informo que un equipo de goteo fue desafectado por los costos de la energía (15). De igual manera se expresó el Gerente de campo de Ingenio Ledesma para algunas situaciones de idéntica tecnología de riego localizado. Hoy los costos de referencia, en una situación cambiante en los últimos tiempos afecta de manera directa los costos de producción y los resultados.

Se describen seguidamente nuevas propuestas tecnológicas que podrían implementarse.



### C.6.1. Riego Gravitacional

Frente a esta situación Empresa Ledesma analizo alternativas de riego donde los costos energéticos no tuvieran incidencia.

El ingenio Ledesma, parte de la red de canales de riego se desplaza por posiciones topográficas de mayor altura que los campos bajo cultivo. El gradiente altitudinal será utilizado para presurizar, vía sistemas de conducción en máxima pendiente. Esto permitirá regar con aspersion solo con energía gravitacional. Esta alternativa está a nivel de proyecto, pero con posibilidades de ser implementada. Estas posibilidades no están a disposición de todos, pero es un ejemplo del uso de alternativas frente a situaciones como las antes descritas.

### C.6.2. Energía fotovoltaica (Paneles solares móviles)

Empresa Contreras enfrente ya hace dos años el desafío de producir bajo riego por goteo con energia de pozo y presurización del sistema de riego, utilizando motores de combustión interna.

Juan María Contreras. Gerente de producción del Grupo Contreras explico lo siguiente. El sistema de goteo fue instalado para regar 70 has y aportar una lámina de riego de 6 mm a ser aplicada diariamente según diseño. Los registros pluviométricos del campo bajo cultivo tenían un promedio de 650 mm anuales. El riego suplementario demandaba aportar 800 mm adicionales vía riego localizado. Solo el insumo de diesel del motor de combustión interna, demandaba un consumo de 500 litros/día. Sumado los costos de cosecha, transporte, gastos de fertilización y cultivo, gasto de mano de obra como de supervisión y control. Integrandos todos los costos, la rentabilidad final resultó negativa.

Entre las alternativas bajo estudio analizaron ofertas de la empresa GVS, que en el mercado agrícola hoy ofrece tecnología de paneles solares móviles y transportables que pueden llegar a entregar hasta 150 KWp que permitiría poner en funcionamiento el pozo con una erogación de 180 m<sup>3</sup>/hora. Esta oferta está bajo análisis y evaluación.

Las imágenes muestran parte de la estructura del equipo:

FG156: Sustitución de diesel por alternativa fotovoltaica para electrificación pozos



La empresa GVS señala que esta tecnología está desarrollándose aceleradamente ya que brinda soluciones económicas en sitios sin red de energía eléctrica disponible o por costos de insumos elevados para ser solventados con los productos que del cultivo se obtienen.

El impacto ambiental y la mitigación de emisiones que pueden lograrse es un valor más en el conjunto de alternativas posibles.

## ANEXO D. EL PROCESO INDUSTRIAL

### D. EL PROCESO INDUSTRIAL.

#### D.1. La generación de vapor mediante bagazo

Con respecto a la disponibilidad de bagazo para la generación de vapor, puede considerarse una humedad promedio de la caña cosechada del orden 75%, y una producción de azúcar de 11% caña, la cantidad de bagazo disponible luego de los trapiches (con alrededor 56% de humedad) es de alrededor de 31,8 % de la caña procesada.

Si a este valor se le resta la médula que habitualmente acompaña al jugo azucarado, el bagazo disponible con 56% de humedad estará entre 30 y 31% de la caña procesada.

El bagazo con 56% de humedad y una cantidad máxima de cenizas de 5%, tendrá un Poder Calorífico Inferior (PCI) de aproximadamente 1560 kcal/kg de bagazo.

Teniendo en cuenta que los ingenios existentes poseen instalaciones de diferente eficiencia, se considerarán dos situaciones extremas en cuanto a las necesidades de vapor para el proceso, adoptando valores razonables de acuerdo con la experiencia.

En un primer caso se considera un buen rendimiento en la elaboración de azúcar, con una demanda de alrededor de 400 kg de vapor por tonelada de caña procesada, una caldera de alta presión (65 bar, 480°C) y un rendimiento de esa caldera de 85%.

En un segundo caso se considera un bajo rendimiento con un consumo específico de 550 kg de vapor por tonelada de caña procesada y una caldera de 23 bar y 350°C y un rendimiento de 65%.

Para el primer caso, la entalpía del vapor de salida es de 805 kcal/kg de vapor, con agua de alimentación a 105°C y una purga del orden de 5%. El salto entálpico en caldera será:

$$(805 - 105) + 0,05 \times (280 - 105) = 708,75 \text{ kcal/kg vapor}$$

Con un rendimiento de 85%, la producción de vapor por tonelada de bagazo será de:

$$1560 \times 0,85 / 708,75 = 1,87 \text{ ton vapor/ton bagazo (aproximadamente).}$$

Y si se considera que se dispone de 0,30 ton bagazo por tonelada de caña procesada, la producción posible de vapor será de:

$$300 \times 1,87 = \text{aprox. } 560 \text{ kg vapor/ton caña}$$

Esto indica que en un ingenio eficiente y con caldera de alta presión alcanza y sobra el bagazo disponible para generar todo el vapor requerido por el proceso de elaboración de azúcar.

En el segundo caso, la entalpía del vapor de salida es de 748 kcal/kg de vapor, y con las mismas condiciones del caso anterior, el salto entálpico será de:

$$(748 - 105) + 0,05 \times (220 - 105) = \text{aprox. } 648,75 \text{ kcal/kg vapor}$$

Con un rendimiento de 65%, la producción específica será:

$$1560 \times 0,65 / 648,75 = 1,56 \text{ kg vapor/ton bagazo}$$

Y referido a la caña:

$$300 \times 1,56 = 468 \text{ kg vapor/ton caña procesada}$$



En este caso, para un ingenio poco eficiente, el bagazo disponible no será suficiente para generar todo el vapor necesario, debiendo complementarse con otro combustible que, en el caso de los ingenios argentinos, es el gas natural.

Las estimaciones presentadas no tienen en cuenta:

Otros consumos posibles, como la producción de bioetanol o de papel  
La posible disminución del bagazo disponible, si se utiliza parte de la fibra de bagazo para la elaboración de papel

Mejorar los rendimientos, además de no requerir la utilización de un combustible fósil, la posibilidad de generar más vapor (y más aún si se incrementa la presión) ofrece el beneficio de generar más energía eléctrica tanto para abastecer a las necesidades de planta (y de otras plantas satélites, como bioetanol y papel) como para exportar a la red de servicio público de electricidad.

## **D.2. La generación de vapor y de energía eléctrica.**

La totalidad de los ingenios en la Argentina utilizan el vapor generado no solamente como fuente de energía térmica para los procesos industriales sino también para generación de energía eléctrica y mecánica para accionamiento de los motores y trapiches.

En los trapiches, se utilizan turbinas de vapor de contrapresión para accionamiento de los mismos, alimentadas con la presión de vapor de salida de las calderas y utilizando la contrapresión para alimentar los procesos fabriles.

Seguidamente se realizará una evaluación de las posibilidades de generación de energía eléctrica a partir del vapor generado en los dos tipos de ingenios planteados.

Rigurosamente se debería descontar la energía mecánica aplicada para el accionamiento de los trapiches. Las turbinas de los trapiches resultan ser máquinas de menor rendimiento (por su escala) que las turbinas de mayor potencia utilizadas en la generación de energía eléctrica. Considerando la presión de salida del vapor para los procesos en 3 bara.

Las turbinas a considerar son aquellas habituales para estas potencias, con un rendimiento estimado respecto de la evolución isoentrópica (es decir respecto del máximo teórico) de 75%.

### **D.2.1. El caso de los Ingenios de buen rendimiento.**

En el caso de los ingenios de mayor rendimiento, el vapor sobrante factible de generar respecto del consumo de planta se considerará factible de expandir hasta su condensación a 0,1 bara (45°C).

Para este tipo de ingenio, cada tonelada de caña procesada, se considerarán 400 kg de vapor desde 65 bar 480°C hasta 3 bara y 160 kg de vapor expandiéndolo hasta 0,1 bara. En este caso se podrá generar del orden de 0,1 MW por cada tonelada de caña procesada.

Por ejemplo, para un ingenio que procese 4800 ton/día de caña (o sea 200 ton/h) se podrían generar una potencia del orden de los 20 MW.

Se reitera que se debe descontar el vapor directamente enviado a los trapiches, cuyas turbinas generan directamente energía mecánica para su accionamiento.

Los cuadros siguientes presentan en proceso de cálculo realizado

TB126: Cálculos para el caso de ingenios de buen rendimiento

<b>1</b>	<b>Turbina</b>			
1.0.1	$\eta e1$	75.0%		Rend. isentrópico extracción 1
1.0.2	$\eta e2$	75.0%		Rend. isentrópico extracción 2
1.0.3	$\eta s$	75.0%		Rend. isentrópico escape
1.0.4	$\eta mec$	96.0%		Rendimiento electromecánico (reductor+generador)
1.0.5	<b>Wt</b>	<b>0.079</b>	<b>MW</b>	Potencia bruta generable en bornes
1.1	<b>Vapor de entrada:</b>			
1.1.1	m1	323	kg/h	Caudal
1.1.2	p1	65.0	bara	Presión
1.1.3	T1	480.0	°C	Temperatura
1.1.4	h1	3368.9	kJ/kg	Entalpía
1.2	<b>Vapor a extracción 1:</b>			
1.2.1	m2	0	kg/h	Caudal
1.2.2	p2	13.00	bara	Presión
1.2.3	T2	295.6	°C	Temperatura
1.2.4	h2	3034.1	kJ/kg	Entalpía
1.2.5	x2	1.13		Título
1.2.6	<b>We1</b>	<b>0.000</b>	<b>MW</b>	Potencia generable extracción alta
1.3	<b>Vapor a extracción 2:</b>			
1.3.1	m3	0	kg/h	Caudal
1.3.2	p3	3.00	bara	Presión
1.3.3	T3	177.9	°C	Temperatura
1.3.4	h3	2820.3	kJ/kg	Entalpía
1.3.5	x3	1.04		Título
1.3.6	<b>We2</b>	<b>0.000</b>	<b>MW</b>	Potencia generable extracción baja
1.4	<b>Vapor a escape (condensación o contrapresión):</b>			
1.4.1	m4	323	kg/h	Caudal
1.4.2	p4	0.10	bara	Presión
1.4.3	T4	45.8	°C	Temperatura
1.4.4	h4	2451.8	kJ/kg	Entalpía
1.4.5	x4	0.94		Título
1.4.6	<b>Ws</b>	<b>0.079</b>	<b>MW</b>	Potencia generable a escape

<b>2</b>	<b>Atemperación</b>			
2.1	<b>Aqua de atemperación</b>			
2.1.1	T5	105	°C	Temperatura
2.1.2	h5	440.2	kJ/kg	Entalpía
2.2	<b>Vapor extracción 1:</b>			
2.2.1	ts2	191.6	°C	Temperatura de saturación
2.2.2		104.1	°C	Acercamiento a la saturación
2.2.3	h7	3034.3	kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.2.4	m6	0	kg/h	Caudal agua atemperación
2.2.5	m7	0	kg/h	Caudal de vapor atemperado de extracción 1
2.3	<b>Vapor extracción 2:</b>			
2.3.1	ts3	133.5	°C	Temperatura de saturación
2.3.2		44.4	°C	Acercamiento a la saturación
2.3.3	h9	2820.4	kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.3.4	m8	0	kg/h	Caudal agua atemperación
2.3.5	m9	5000	kg/h	Caudal de vapor atemperado de extracción 2
2.4	<b>Vapor escape:</b>			
2.4.1	ts4	45.8	°C	Temperatura de saturación
2.4.2		0.1	°C	Acercamiento a la saturación
2.4.3	h11	2584.1	kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.4.4	m10	0	kg/h	Caudal agua atemperación
2.4.5	m11	23000	kg/h	Caudal de vapor atemperado de escape

D.2.2. El caso de los Ingenios de bajo rendimiento:

Para los ingenios de bajo rendimiento, como los requerimientos de planta son del orden de 550 kg vapor/ton caña procesada y la generación de vapor con el bagazo será de alrededor de 470 kg de vapor, se considerará el total posible de generación de energía eléctrica y se calculará el porcentaje realizado con biomasa y con energía fósil (en este caso, gas natural)

La expansión en este caso será desde 23 bar 350°C hasta 3 bara, pudiendo generarse del orden de 0,05 MW.

De este modo, en un ingenio de envergadura similar al del caso anterior de 4800 ton/día de procesamiento de caña de azúcar, se podrán generar del orden de 10 MW (alrededor de 8,5 MW con biomasa y el resto con otro combustible).

Debe tenerse en consideración asimismo que, habrá que descontar la energía mecánica generada para los trapiches en forma directa en sus turbinas.

Los cuadros siguientes presentan en proceso de cálculo realizado

TB127: Cálculos para el caso de ingenios de bajo rendimiento

<b>1</b>	<b>Turbina</b>		
1.0.1	$\eta_{e1}$	75.0%	Rend. isentrópico extracción 1
1.0.2	$\eta_{e2}$	75.0%	Rend. isentrópico extracción 2
1.0.3	$\eta_s$	75.0%	Rend. isentrópico escape
1.0.4	$\eta_{mec}$	96.0%	Rendimiento electromecánico (reductor+generador)
1.0.5	<b>Wt</b>	<b>0.049 MW</b>	Potencia bruta generable en bornes
1.1	<b>Vapor de entrada:</b>		
1.1.1	m1	550 kg/h	Caudal
1.1.2	p1	23.0 bara	Presión
1.1.3	T1	350.0 °C	Temperatura
1.1.4	h1	3131.3 kJ/kg	Entalpía
1.2	<b>Vapor a extracción 1:</b>		
1.2.1	m2	0 kg/h	Caudal
1.2.2	p2	13.00 bara	Presión
1.2.3	T2	288.1 °C	Temperatura
1.2.4	h2	3020.6 kJ/kg	Entalpía
1.2.5	x2	1.12	Título
1.2.6	<b>We1</b>	<b>0.000 MW</b>	Potencia generable extracción alta
1.3	<b>Vapor a extracción 2:</b>		
1.3.1	m3	550 kg/h	Caudal
1.3.2	p3	3.00 bara	Presión
1.3.3	T3	164.2 °C	Temperatura
1.3.4	h3	2794.3 kJ/kg	Entalpía
1.3.5	x3	1.03	Título
1.3.6	<b>We2</b>	<b>0.049 MW</b>	Potencia generable extracción baja
1.4	<b>Vapor a escape (condensación o contrapresión):</b>		
1.4.1	m4	0 kg/h	Caudal
1.4.2	p4	0.10 bara	Presión
1.4.3	T4	45.8 °C	Temperatura
1.4.4	h4	2418.6 kJ/kg	Entalpía
1.4.5	x4	0.93	Título
1.4.6	<b>Ws</b>	<b>0.000 MW</b>	Potencia generable a escape

<b>2</b>	<b>Atemperación</b>		
2.1	<b>Aqua de atemperación</b>		
2.1.1	T5	105 °C	Temperatura
2.1.2	h5	440.2 kJ/kg	Entalpía
2.2	<b>Vapor extracción 1:</b>		
2.2.1	ts2	191.6 °C	Temperatura de saturación
2.2.2		96.6 °C	Acercamiento a la saturación
2.2.3	h7	3017.8 kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.2.4	m6	0 kg/h	Caudal agua atemperación
2.2.5	m7	0 kg/h	Caudal de vapor atemperado de extracción 1
2.3	<b>Vapor extracción 2:</b>		
2.3.1	ts3	133.5 °C	Temperatura de saturación
2.3.2		30.8 °C	Acercamiento a la saturación
2.3.3	h9	2791.8 kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.3.4	m8	5 kg/h	Caudal agua atemperación
2.3.5	m9	5000 kg/h	Caudal de vapor atemperado de extracción 2
2.4	<b>Vapor escape:</b>		
2.4.1	ts4	45.8 °C	Temperatura de saturación
2.4.2		0.1 °C	Acercamiento a la saturación
2.4.3	h11	2584.1 kJ/kg	Entalpía vapor atemperado
2.4.4	m10	0 kg/h	Caudal agua atemperación
2.4.5	m11	23000 kg/h	Caudal de vapor atemperado de escape

Lo expuesto evidencia la conveniencia y necesidad de actualizar tecnológicamente el rendimiento de los procesos de elaboración de azúcar de caña y de instalar calderas y turbinas de mejor rendimiento con mayor presión de vapor vivo, en cuanto a la eficiencia y reducción de emisiones.

Esto es especialmente favorable desde el punto de vista económico cuando existe un valor del suministro energético a la planta que resulte remunerativo de los costos de la energía, ya sea de los combustibles como de la energía eléctrica.

Además, el proceso de cogeneración descrito sobre la base de recursos renovables como la biomasa, es reconocido en el cálculo de la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.

### **D.3. La generación de vapor con utilización de RAC**

De acuerdo a lo informado por los especialistas de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), la cantidad de RAC (Residuo Agrícola de Cosecha o maloja) disponible para su utilización es del mismo orden que la cantidad de bagazo producida en el proceso industrial, considerando el mismo tenor de humedad.

Sin embargo, se aconseja retirar del orden de 50% de esta cantidad, dejando el resto en el campo como protección del terreno, conservación de la humedad y aporte de materia orgánica, como fuera descrito anteriormente.

Lo recomendable es realizar la recolección de este RAC una vez que haya sufrido un proceso de secado parcial natural, con una humedad del orden de 25%, para poder compactarlo en fardos y almacenarlo, sin riesgo de deterioro por actividad biológica.

Considerando que existe en promedio una cantidad de bagazo del orden de 30% de la caña cosechada, con una humedad del orden de 56%, el RAC disponible con fines energéticos será de alrededor de 8,8% respecto de la caña. Esto es el 50% del total, que sería 17,6% de la caña cosechada.

Con una humedad de 25%, y un tenor de cenizas de 5%, el Poder Calorífico Inferior (PCI) será del orden 3060 kcal/kg de RAC.

Debe tenerse especial consideración que las cenizas del RAC, tanto por su cantidad como en especial por su calidad, requieren de calderas de un diseño especial para evitar la fusión de las cenizas, facilitar la limpieza de las superficies de intercambio y poder operar la caldera con una eficiencia y producción razonable durante un tiempo prolongado.

Otra alternativa es utilizar el RAC en calderas para bagazo, complementando el bagazo con hasta un 20% de RAC, medido sobre la liberación de calor.

#### **D.3.1. Utilización del RAC en calderas bagaceras de bajo rendimiento**

Se evaluará la posibilidad de utilizar el RAC en calderas bagaceras, en las calderas actuales de baja presión y con rendimientos relativamente bajos, con producción en condiciones de vapor de 23 bar, 350°C, con un 65% de rendimiento.

En este caso, la entalpía del vapor de salida es de 748 kcal/kg de vapor, y considerando agua de alimentación a 105°C y una purga del orden de 5%, el salto entálpico será de:

$$(748 - 105) + 0,05 \times (220 - 105) = \text{aprox. } 648,75 \text{ kcal/kg vapor}$$

Con un rendimiento de 65%, la producción específica será:

$$3060 \times 0,65 / 648,75 = 3,06 \text{ kg vapor/ton RAC}$$

Y referido a la caña:

$$88 \times 3,06 = \text{aprox. } 270 \text{ kg vapor/ton caña procesada}$$

Esta es la cantidad máxima generable con RAC, pero como en las calderas actuales para bagazo, el porcentaje máximo de RAC a utilizar es del orden de 20% del total de calor liberado, y en este tipo de ingenio considerado la producción específica de vapor se estima en 550 kg vapor/ton caña, el máximo generable utilizando las calderas actuales será de alrededor de 110 kg vapor/ton caña

Como, de acuerdo a los cálculos, con el bagazo se puede generar en esas calderas alrededor de 468 kg vapor/ton caña, generando algo más de 80 kg vapor/ton caña utilizando el RAC se podrá reemplazar todo el combustible fósil (básicamente gas natural) actualmente utilizado.

Como el vapor adicional generable con la totalidad del RAC es relativamente bajo (menos de 30 kg vapor/ton caña) no resultaría conveniente en esta situación considerar calderas adicionales y/o en generación fuera de zafra.

#### D.3.2. Utilización del RAC en caldera de alto rendimiento.

Diferente es la situación en los ingenios más eficientes, trabajando con calderas de alta presión (65 bar, 480°C y rendimiento de 85%). En este caso, resulta suficiente y con exceso la disponibilidad de bagazo para generar el vapor requerido en el proceso y generar también la energía eléctrica, teniendo la posibilidad de exportar la energía eléctrica excedente a la red.

Por tanto, para este tipo de ingenios, se considera la posibilidad de instalar una nueva caldera apta para quemar 100% RAC y generar energía eléctrica expandiendo el vapor hasta condensación, tanto en zafra como fuera de ella, vendiendo esa generación a la red como energía renovable.

Para esta situación planteada, la entalpía del vapor de salida es de 805 kcal/kg de vapor, consideramos agua de alimentación a 105°C y una purga del orden de 5%

El salto entálpico en caldera será:

$$(805 - 105) + 0,05 \times (280 - 105) = 708,75 \text{ kcal/kg de vapor}$$

Con un rendimiento de 85%, la producción de vapor por tonelada de RAC será de:

$$3060 \times 0,85 / 708,75 = \text{aprox. } 3,67 \text{ ton vapor/ton RAC}$$

Y si consideramos que existen 0,088 ton bagazo por tonelada de caña procesada, la producción posible de vapor será de:

$$88 \times 3,67 = \text{aprox. } 323 \text{ kg vapor/ton caña}$$

En la turbina de vapor tipo considerada (rendimiento de 75% respecto de la evolución isoentrópica, presión de condensación 0,1 bara), se podrá generar del orden 0,08 MW por ton de caña, si se utiliza el RAC disponible (50% del total).

En el ingenio tipo considerado de 4800 ton/día de procesamiento de caña, se podrían generar una potencia del orden de 16 MW.

Esta sería la potencia eléctrica generada si se trabaja solamente en tiempos de zafra, pero quizás la mejor solución consistiría en almacenar el RAC y producir vapor y energía eléctrica por condensación durante todo el año, vendiendo esa energía a la red como energía renovable, minimizando la inversión y obteniendo mejores remuneraciones, dado que se puede garantizar potencia durante todo el año.

Si se considera una zafra de 165 días (3960 horas anuales) y una posibilidad de generación durante 8000 horas anuales (dejando del orden de 30 días anuales para mantenimiento y paradas no programadas) la potencia de generación puede estimarse, para ese ingenio tipo, en alrededor de 8 MW.

#### **D.4. Perspectivas de la mejor utilización del bagazo y el RAC.**

Pueden destacarse los siguientes resultados originados en las recomendaciones en cuanto a los requerimientos energéticos del procesamiento industrial de la caña.



- No resultan necesarias compras de energía eléctrica a la red, durante el período de zafra.
- Aun para ingenios ineficientes, y trabajando con ciclos térmicos con vapor a una presión del orden de 23 bar, resulta suficiente para generar la energía mecánica y eléctrica que requieren los procesos.
- Por lo tanto, toda mejora que implique mayor generación de energía significará venta de energía a la red, y esto tendrá sentido si la remuneración y las condiciones normativas son adecuadas.

Pueden destacarse las siguientes recomendaciones en cuanto a la venta de los excedentes de energía eléctrica.

- Con el objeto de obtener una buena remuneración para la energía eléctrica que se entregue a la red, resulta conveniente exportar energía eléctrica durante todo el año, no solamente en el período de zafra, para garantizar potencia y poder ser remunerado de acuerdo con esa circunstancia.
- Adquiere relevancia generar vapor en los actuales equipos durante el período de receso, y en lo posible utilizando el RAC, para poder ser categorizada como energía renovable
- Asimismo, resulta conveniente utilizar también la parte de condensación de las turbinas de vapor o instalar una nueva turbina. Por lo tanto, la generación tanto de vapor como de energía eléctrica no deberá ser la nominal, sino lo necesario para generar la energía eléctrica de exportación.

Pueden destacarse las siguientes recomendaciones en cuanto a los procesos de baja eficiencia.

- En numerosos ingenios, aquellos de menor eficiencia, el bagazo no resulta suficiente para generar todo el vapor requerido en el proceso industrial y se produce alrededor de 20% del calor necesario mediante gas natural.
- En este caso sí sería sumamente conveniente utilizar RAC durante el período de zafra, reemplazando el gas natural actualmente utilizado.
- Con un porcentaje hasta 20% del calor liberado, se podrían utilizar las actuales calderas. Aunque siempre será conveniente instalar calderas más eficientes y mejorar las demandas de vapor de los procesos.
- Sin dejar de lado la posibilidad utilizar de digestión anaeróbica del RAC, quizás el camino más sencillo y de resultado económico inmediato es la utilización del RAC como combustible en calderas.

#### **D.5. La utilización energética de la vinaza.**

Si bien actualmente la disposición de la vinaza está controlada mediante el ferti riego, el esperable incremento de producción a futuro de acuerdo con la producción de bioetanol (en especial bioetanol anhidro) y se generará mayor cantidad de vinaza, que requerirá implementar otras soluciones.

Para la utilización energética de la vinaza se presentan dos caminos a analizar:

- Digestión anaeróbica
- Combustión directa, previa concentración

Ambas posibilidades tienen sus ventajas y desventajas, según se puntualiza seguidamente.

- La digestión anaeróbica mantiene la posibilidad de utilización de las sales (principalmente potasio) para su uso en los campos y el biogás generado se podría utilizar (previa purificación y captación del azufre) en motores de combustión interna.
- Esto implica relevantes volúmenes de biodigestores, para alcanzar un tiempo adecuado de permanencia.
- La combustión directa, previa concentración, implica también inversiones importantes y el desafío tecnológico de calderas adecuadas para este producto con cenizas complejas y bajo punto de fusión.
- La ventaja de la combustión directa resulta en poder utilizar, al menos parcialmente (turbinas, ciclo térmico y balance de planta) instalaciones existentes.

#### **D.6. Producción de biogás mediante digestión anaeróbica**

Aunque existan diferencias importantes entre los productores cañeros argentinos sobre la gestión de los RAC, de acuerdo con EEAOC, y en términos promedios, el 50% de los RAC producidos se quedarán en los

campos, básicamente con objeto de mantener la humedad del suelo, pero también para retener nutrientes y carbono.

El restante 50% pueden disponerse para aprovechamientos bio energéticos, normalmente en co-combustión con el bagazo y más raramente en calderas exclusivamente dedicadas, o simplemente para incineración en cielo abierto. Por su lado, y aún en términos promedios nacionales, las actuales calderas de los ingenios están en condiciones de aceptar un máximo de RAC en régimen de co-combustión en torno de un 20% del bagazo consumido (en base a balance calórico).

El incremento del porcentaje de incorporación de los RAC con el bagazo, en régimen de co-combustión, continuará siempre siendo una solución viable para el futuro, para ingenios con producción combinada de calor y electricidad, pero necesitará del cambio progresivo de las actuales calderas de bajas presión y rendimiento de ciclo térmico de Rankine, por calderas (y turbinas) de alto rendimiento térmico, y sobre todo preparadas para recibir una biomasa con niveles de N+K más elevados, potenciadora de tendencias superiores de ensuciamiento, y para limitar la corrosión a caliente por cloruros en las tuberías de salida de los sobrecalentadores. Será siempre una solución a medio-largo plazo, asociada necesariamente a la aceptación de inversiones elevadas.

#### D.6.1. Características de la Digestión Anaeróbica (DA)

Por lo tanto, habrá que considerar otras alternativas con CAPEX más bajo. De entre las posibles soluciones alternativas, resulta válida la digestión anaeróbica (DA), ya que además presenta las siguientes ventajas.

- Para la producción de electricidad, con instalación de motores adaptados a la quema de biogás, obtiene rendimientos eléctricos semejantes a los tradicionales ciclos de Rankine. En estos casos, la electricidad generada podrá ser consumida por los ingenios en régimen de autoconsumo, o cuando disponga de excedentes, sea vendida a la red.
- Para un régimen de cogeneración, permite aprovechar el calor de los gases de combustión de los motores para producción de vapor (y/o aire caliente).
- Permite una gestión del diagrama de producción de electricidad, incrementando esta producción en períodos de pico y reduciéndola en periodos de valle, ya que el biogás producido es almacenado fácilmente.
- Cuando solamente se utilice para producción de calor, sin instalación de motores para quema del biogás, permite una quema directa del biogás generado en calderas existentes de gas natural y una sustitución parcial;
- En cualquiera de los casos, con o sin producción de electricidad, produce un efluente líquido rico en nutrientes que puede ser utilizado para riego en los campos de caña, cerrando el ciclo de nutrientes y permitiendo reducir la compra de abonos inorgánicos.
- En cualquiera de los casos, permite la instalación de un rango elevado de potencias nominales, incluyendo potencias nominales bajas normalmente no aceptables para los ciclos tradicionales de Rankine, con un incremento limitado de CAPEX específico.
- Permite en instalaciones separadas de los ingenios, implementar el concepto de "producción distribuida".
- Permite, en los casos en los que no haya una necesidad de producción adicional de electricidad y/o sustitución de combustibles fósiles en la industria sucro-alcoholera, y donde haya una red cercana de gas natural, una biometanización del biogás, que puede lograrse con una pureza de  $\text{CH}_4 > 98\%$ , aunque con 90% ya sea equivalente y sustituir gas natural, para posterior compresión e inyección de este biometano en la red de gas natural. Otra alternativa para el biometano es su utilización en el sistema de transporte.

La DA tiene sobre todo la gran ventaja de poder incorporar otros rechazos compatibles de la industria de la caña, como la cachaza y la vinaza, ya que ambos tienen altas cargas orgánicas degradables, permitiendo incrementar la capacidad de generación de biogás, y solventando un problema medio ambiental.

#### D.6.2. El RAC en el proceso de Digestión Anaeróbica.

El bagazo también tiene potencial aceptable para la producción de biogas, pero su integración en futuros sistemas de DA no será considerada en esta HdR, ya que el bagazo ya tiene una aplicación total como combustible en las calderas de las centrales de cogeneración de los ingenios (y en casos particulares, para la producción de papel), premisa válida para los ingenios con producción combinada de calor y electricidad (cogeneración).

La utilización de la cachaza y de la vinaza en un proceso de digestión anaeróbica al revés de su aporte directos en los campos, conlleva las siguientes ventajas<sup>(19)</sup>:

- No hay una pérdida de nutrientes, ya que en la digestión anaeróbica estos nutrientes se quedan mayoritariamente en el digestato, y por lo tanto mantendrán su posibilidad de retornar a los campos a través de riego con el digestato. De hecho, los productos finales de la industria sucro-alcoholera son el azúcar y el etanol, ambos basados en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Quedan los nutrientes de la actividad en sus residuos (RAC, bagazo, cachaza y vinaza). En consecuencia, es la gestión de todas las actividades anteriores (siembra, cosecha, procesamiento y reciclaje de residuos) lo que determina el grado de cierre del ciclo de nutrientes.
- El aprovechamiento de sus cargas orgánicas para generación de energía
- La reducción de la emisión de GEI por sustitución de un fertilizante mineral con producción sostenida en la utilización de combustibles fósiles.
- Además, el aporte de la cachaza y vinaza directamente a una digestión anaeróbica evita algunos de los inconvenientes de la deposición directa de estos dos sustratos al suelo. En el caso de la cachaza, la lixiviación con la consiguiente posibilidad de contaminación de los suelos, y la emisión de GEI durante su descomposición, y en el caso de la vinaza, la emisión de metano cuando sea provisionalmente almacenada en sistemas abiertos.

Para el año de 2020, el CCA ha publicado los siguientes principales flujos generados por la actividad sucro-alcoholera en Argentina:

TB128: Producción de azúcar. CCA, 2020

Provincia	Ingenio	Azúcar Total Producido (Tn)	Total Caña Molida (tn)	Rendim. %	Total producción azúcar (TMCV)	Rendim. %
Jujuy	La Esperanza	30 781	318 827	9,654%	31 035	9,734%
Jujuy	Ledesma	341 971	3 601 178	9,496%	400 811	11,130%
Jujuy	Río Grande	73 319	837 933	8,750%	90 509	10,801%
Salta	San Isidro	59 903	682 688	8,775%	61 570	9,019%
Salta	Tabacal	91 507	2 495 439	3,667%	241 273	9,669%
Tucumán	Aguilares	42 767	201 598	21,214%	42 710	21,186%
Tucumán	Bella Vista	60 400	743 531	8,123%	64 813	8,717%
Tucumán	Concepción	231 062	2 894 521	7,983%	267 369	9,237%
Tucumán	Cruz Alta	51 506	650 424	7,919%	51 506	7,919%
Tucumán	Famaillá	75 868	774 606	9,794%	75 564	9,755%
Tucumán	La Corona	50 989	803 498	6,346%	68 959	8,582%
Tucumán	La Florida	86 438	2 181 946	3,962%	187 584	8,597%
Tucumán	La Providencia	144 177	1 418 747	10,162%	143 933	10,145%
Tucumán	La Trinidad	133 631	1 797 575	7,434%	155 553	8,653%
Tucumán	Leales	93 919	1 289 563	7,283%	110 017	8,531%
Tucumán	Marapa	44 466	521 680	8,524%	45 562	8,734%
Tucumán	Ñuñorco	51 451	584 850	8,797%	51 596	8,822%
Tucumán	San Juan	0	-	0,000%	0	0,000%
Tucumán	Santa Barbara	32 926	351 569	9,365%	34 120	9,705%
Tucumán	Santa Rosa	84 247	1 220 102	6,905%	104 730	8,584%
		1 781 328	23 370 275		2 229 214	

TB129: Producción de alcohol. CCA, 2020

Provincia	Ingenio	Anhidradora	Alcohol Producido (m <sup>3</sup> )
Jujuy	La Esperanza		0
Jujuy	Ledesma	Bio Ledesma S.A.	85 625
Jujuy	Río Grande	Río Grande Energía S.A.	18 994
Salta	San Isidro	Bio San Isidro S.A.	6 442
Salta	Tabacal	Seaboard Energías Renovables y Alimentos S.R.L.	119 890
Tucumán	Aguilares		0
Tucumán	Bella Vista	Fronterita Energía S.A.	11 557
Tucumán	Concepción	Bio Atar S.A.	54 650
Tucumán	Cruz Alta		0
Tucumán	Famaillá		7 897
Tucumán	La Corona	Bioenergía La Corona S.A.	20 443
Tucumán	La Florida	Bioenergética La Florida S.A.	110 258
Tucumán	La Providencia		0
Tucumán	La Trinidad	Biotrinidad S.A.	38 710
Tucumán	Leales	Bioenergética Leales S.A.	27 939
Tucumán	Marapa		7 930
Tucumán	Ñuñorco		0
Tucumán	San Juan		0
Tucumán	Santa Barbara		4 830
Tucumán	Santa Rosa	Bioenergía Santa Rosa S.A.	26 632
			541 797

De acuerdo con EEAOC, la totalidad de la cachaza y vinaza ya están siendo aportadas a los campos como riegos, o incorporadas en mezclas de compost con cenizas volátiles de las calderas (caso de la cachaza).

Sin embargo, y siendo la DA un proceso vivo donde el trabajo es hecho por bacterias, el proceso de digestión anaeróbica necesita garantizar ratios equilibrados entre varios macros y micronutrientes, con objeto optimizar las condiciones del medio para esas bacterias, incrementar la velocidad de generación de biogas y disminuir la dimensión de las instalaciones (y su coste), medida entre otros parámetros, a través del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH).

De hecho una relación C:N demasiado alta en un sustrato influencia su capacidad de producir enzimas necesarias para la utilización del carbono, conduciendo a una incompleta conversión del carbono contenido en el sustrato, resulta en menores rendimientos de producción de metano. Por otro lado, los sustratos que contienen bajas relaciones C:N, o altos niveles de nitrógeno, pueden inhibir el proceso de digestión anaeróbica a través de la acumulación de amoníaco tóxico (NH<sub>3</sub>) producido por degradación de proteínas o por conversión de urea.

La tabla siguiente presenta los valores tradicionalmente aceptados como recomendables para esta tecnología.

**TB130: Valores recomendados de límites de nutrientes para la tecnología de Digestión Anaeróbica**

Valores recomendados					
Parámetro	Unidad	(4)	(5)	(6)	(7)
C:N		20 -40:1			
C:N:P:S		600:15:5:3			
Ca	mg/l		100 - 200		
Na	mg/l		100 - 200		
K	mg/l		200 - 400		
Mg	mg/l		75 - 150		
Fe	mg/Kg ST			100 - 5000	750 - 5000
Ni	mg/Kg ST			5 - 20	4 - 30
Co	mg/Kg ST			<1 - 5	4 - 10
Mo	mg/Kg ST			<1 - 5	0,05 - 16
W	mg/Kg ST			<1	0,1 - 30
Mn	mg/Kg ST				100 - 1500
Cu	mg/Kg ST				10 - 80
Se	mg/Kg ST				0,05 - 4
Zn	mg/Kg ST				30 - 400

#### D.6.3. Potenciales componentes del sustrato.

Las características de los tres potenciales sustratos (RAC, cachaza y vinaza), varían considerablemente entre ellos ya que tienen orígenes en procesos totalmente distintos, pero también pueden presentar variaciones importantes en cada sustrato.

Por ejemplo, en los RAC, los *tops* concentran alrededor de 80% de N, P y K, conteniendo respectivamente dos, siete y cinco veces más N, P y K que las hojas secas, teniendo las últimas la más grande concentración de Mg.

Algunos autores explican estas variaciones como resultado de un mecanismo de re-movilización de los nutrientes para partes activas de la planta, a lo largo del ciclo de crecimiento de la caña. Esto sugiere que aunque de un punto de vista estrictamente de la combustión, habría ventajas en mantener preferencialmente los RAC en los campos, reteniendo la mayoría de los nutrientes y evitando problemas operacionales de ensuciamientos en las calderas, y usar preferencialmente las hojas secas en las calderas de las centrales térmicas, esa ventaja ya no es tan evidente de un punto de vista estricto de la digestión anaeróbica. Pero también se observan importantes variaciones en los macros y micronutrientes tanto en los *Tops* como en las hojas secas, función de las variedades de caña <sup>(1)</sup>.



**TB131: Contenido de nutrientes en los RAC de 8 variedades brasileñas de caña**

Sugarcane Variety	Fresh Matter	Dry Matter	Moisture	Nutrients content					
				N	K	P	Ca	Mg	S
				Tops			Dry Leaves		
	t ha <sup>-1</sup>		%	g kg <sup>-1</sup>					
SP80-1842	10.9 c	3.9	64	7.2 ab	11.5 bc	0.70 c	6.3 ab	2.2 ab	1.6 b
SP80-3280	11.6 bc	4.6	60	7.6 a	13.1 ab	0.77 bc	5.4 abc	1.2 b	1.2 b
IAC87-3396	15.4 ab	6.0	61	8.2 a	12.3 b	1.00 a	5.8 ab	1.5 b	1.4 b
RB86-7515	13.5 abc	5.7	58	8.0 a	12.4 b	0.90 bc	4.6 bc	1.8 b	1.6 b
RB85-5453	16.2 a	6.4	61	6.3 b	11.3 bc	0.77 bc	3.4 c	1.3 b	1.1 b
SP81-3250	9.6 c	3.5	63	7.1 ab	13.6 ab	0.93 a	4.7 bc	1.2 b	1.2 b
IAC92-1099	12.7 abc	4.6	63	8.2 a	15.2 a	1.03 a	6.9 a	2.9 a	2.3 a
IAC93-3046	12.4 abc	4.4	65	7.6 a	9.7 c	0.77 bc	5.0 abc	1.6 b	1.6 b
LSD	4.0	NS	NS	1.1	2.5	0.14	2.2	1.0	0.5
Average of Parts of Sugarcane Straw									
Tops	12.8 a	4.9 b	62 a	7.5 a	12.4 a	0.86 a	6.8 a	1.7 b	1.5
Dry Leaves	6.3 b	5.8 a	9.2 b	3.4 b	1.8 b	0.17 b	5.3 b	2.5 a	1.5
LSD	0.8	0.6	1.6	0.2	0.5	0.03	0.44	0.21	0.12
<i>p</i> > <i>n</i> straw <i>p</i> .	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	NS
<i>p</i> > <i>n</i> variety	0.020	NS	NS	0.001	0.002	0.000	NS	0.000	0.000
<i>p</i> > <i>n</i> S x V	0.001	NS	NS	NS	0.004	0.000	0.007	NS	0.020
CV (%)	17	22	9	9	14	11	15	20	15

V: variety. S: straw. *p* > *n*: probability of ANOVA test. Tukey test at *p* < 0.1. LSD: least significant difference. CV = coefficient of variation.

Siendo esta una experiencia concreta en Brasil, la experiencia en Argentina será diferente ya que las variedades utilizadas no son las mismas y por lo tanto una extrapolación directa no sería válida.

De hecho, de acuerdo con la EEOAC las variedades de caña más importantes de la Provincia de Tucumán son LCP 85-384 (50%), TUC 77-42 (23%), CP 65-357 (18%) y la recientemente introducida RA 87-3 (4%).

Todavía esa no es una situación uniforme ya que uno productor cañero contactado informa tener la variedad TUC 95-10 como cultivo de mayor extensión, ocupando el 35% del total. Además, el resto de los cultivos que conforman su espectro varietal, en proporciones importantes son: LCP85-384, TUC 03-12, TUC 02-22 y TUC 06-7.

Además, pretende mantener y consolidar la diversificación con mayor expansión del TUC 06-7 y TUC 03-12, y continuar disminuyendo el LCP 85-384 y mantener o incrementar el TUC 02-22.

Análisis de laboratorio, aunque ejecutados en otros escenarios geográficos continentales sudamericanos, permiten por otro lado obtener los resultados para las características principales de los tres potenciales sustratos, según se muestra en la tabla siguiente.

**TB132: Características promedio de rechazos de la industria de la caña**

	Unidades	Vinaza		Cachaza	RAC
		Jugo	Melaza		
Parámetros	Unidades				
Sólidos totales (ST)	%MF	5,3	5,3	28,9	55,7
Sólidos volátiles (SV)	%ST	70,6	70,6	74,2	86,3
COD (Demanda Química de oxígeno)	g/l	22,1	60		
C	%ST	37	39	42,7	43,4
N	%ST	2,94	2,31	1,76	0,52
P	%ST	0,16	0,35	0,6	0,06
S	%ST	0,87	2,12	0,18	0,21
Ca	mg/l	77,4	655	4139	2981
Na	mg/l	16,4	24,5	7,75	37,1
K	mg/l	1306	6021	740	5002
Mg	mg/l	173,6	771	971	1140
Fe	mg/Kg ST	200	488	27,267	14,949
Ni	mg/Kg ST	0,49	2,3	14,3	7,17
Co	mg/Kg ST	0,55	0,62	3,36	2,87
Mo	mg/Kg ST	0,48	0,84	1,03	0,71
W	mg/Kg ST		0,08	0,29	0,24
Mn	mg/Kg ST	59,6	194	566	177
Cu	mg/Kg ST	3,62	7,96	43,8	10,7
Se	mg/Kg ST		0,08	0,01	0,19
Zn	mg/Kg ST	36,8	32,6	132	10,1

Conduciendo a las relaciones siguientes entre los diversos nutrientes para cada uno de los sustratos individuales.

**TB133: Relaciones entre nutrientes para sustratos individuales**

	Unidades	Vinaza		Cachaza	RAC
		Jugo	Melaza		
Relación C:N		12,6	16,9	24,3	83,5
Relación C:N:P:S		600:47:2,6:14	600:35:5,4:32	600:25:8,4:2,5	600:7,2:0,8:2,9
Ca	mg/l	77,4	655	4139	2981
Na	mg/l	16,4	24,5	7,75	37,1
K	mg/l	1306	6021	740	5002
Mg	mg/l	173,6	771	971	1140
Fe	mg/Kg ST	200	488	27,267	14,949
Ni	mg/Kg ST	0,49	2,3	14,3	7,17
Co	mg/Kg ST	0,55	0,62	3,36	2,87
Mo	mg/Kg ST	0,48	0,84	1,03	0,71
W	mg/Kg ST		0,08	0,29	0,24
Mn	mg/Kg ST	59,6	194	566	177
Cu	mg/Kg ST	3,62	7,96	43,8	10,7
Se	mg/Kg ST		0,08	0,01	0,19
Zn	mg/Kg ST	36,8	32,6	132	10,1

Dentro del recomendado  
Superior al recomendado  
Inferior al recomendado

Por lo tanto, antes de su implementación, la tecnología de digestión anaeróbica deberá ser evaluada caso a caso respecto a las características de los sustratos disponibles en los ingenios (cachaza y vinaza) y en los RAC de la región insertada en una su recolección económicamente viable. En particular la materia orgánica, valor nutricional, macro y micro nutrientes y rendimiento de producción de metano, con el objeto de determinar qué mezcla entre los tres sustratos consigue mejor las proporciones recomendadas de C:N y C:N:P:S o, cuando esto no sea posible, determinar la cantidad y tipo de nutrientes que habrá que aportar externamente.

Admitiendo que toda la generación anual de la cachaza (790.000 Ton, base húmeda), vinaza (10.250.000-24.300.000 m<sup>3</sup>, pero admitiendo como premisa el valor promedio de 17.275.000 m<sup>3</sup>) y de RAC (618.924 T/año) estarían disponibles como sustratos de soluciones de digestión anaeróbica integradas en los ingenios, su mezcla conduciría en términos generales nacionales a la relación de

nutrientes presentada en la siguiente tabla, pero probablemente con considerables variaciones internas debidas a las razones presentadas antes.

**TB134: Relaciones entre nutrientes para una mezcla general de 3 sustratos individuales**

		Vinaza		Cachaza	RAC
		Jugo	Melaza		
Cantidad	TDS/año			162 092	650 652
Cantidad	m <sup>3</sup> /año	2 708 985	3 250 782		
Cantidad	TDS/año	143 576	172 291		
MEZCLA					
Relación C:N		<b>32,7</b>			
Relación C:N:P:S		<b>600:24,6:5,9:12,3</b>			
C (Mezcla)	%ST	<b>41,8</b>			
N (Mezcla)	%ST	<b>1,3</b>			
P (Mezcla)	%ST	<b>0,2</b>			
S (Mezcla)	%ST	<b>0,6</b>			
Ca (Mezcla)	mg/l	<b>2422,8</b>			
Na (Mezcla)	mg/l	<b>28,3</b>			
K (Mezcla)	mg/l	<b>4075,3</b>			
Mg (Mezcla)	mg/l	<b>936,5</b>			
Fe (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>112,5</b>			
Ni (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>6,6</b>			
Co (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>2,3</b>			
Mo (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>0,7</b>			
W (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>0,2</b>			
Mn (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>220,5</b>			
Cu (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>14,1</b>			
Se (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>0,1</b>			
Zn (Mezcla)	mg/Kg ST	<b>34,4</b>			
		Dentro de lo recomendado			
		Superior al recomendado			
		Inferior al recomendado			

La conclusión principal es que una mezcla general permitirá que los aportes de N por la cachaza y por la vinaza alcancen una relación recomendada de C:N, optimizando el potencial de generación de metano. Para estos casos, no será necesario el aporte exterior de urea.

#### D.6.4. Resultados globales del proceso de DA.

Con estos datos de base, se ha simulado el proceso de digestión anaeróbica en modelo técnico-económico interno y los resultados, como potencial ideal máximo para todas las cantidades disponibles de RAC, cachaza y vinaza de la industria sucro-alcoholera Argentina, son los presentados en la tabla siguiente.

### TB135: Potencial general de la biodigestión

Tipo de sustrato		T&T (RAC)	Filter Cake	Vinasse (Vinaza)	MEZCLA
<b>Datos de base</b>					
Consumo diario de sustrato (hmedo)	T/día	3 335	1 601	17 008	21 943
Humedad sustrato	%	44,3	71,1	94,7	85,3
Aporte agua en el sustrato (H2O)	T/día	1 478	1 138	16 106	18 723
Consumo diario sustrato (seco)	T/día	1 856	463	901	3 220
Solidos Volátiles (SV) en el sustrato seco	%	86,3	74,2	70,6	80,2
Factor de dilución de agua		1,5	0,8	0,1	
Aporte agua dilución (H2O)	m <sup>3</sup> /día	5 002	1 281	1 701	7 983
Sequedad del estiércol líquido	%	28,6	19,1	5,1	12,1
Sustrato día dispon. p/ aliment. DA (estiér. líq., base hum.)	T/día	8 337	2 881	18 709	29 927
Sustrato día dispon. p/ aliment. DA (estiér. líq., base hum.)	m <sup>3</sup> /día	8 337	2 881	18 709	29 927
<b>Características sustrato y Organic Loading Rate (OLR)</b>					
Solidos Volátiles (SV) en el sustrato seco	%	86,3	74,2	70,6	80,2
Rendim. Solidos Volátiles (SV) en la materia seca	Kg <sub>SV</sub> /día	1 601 958	343 243	636 401	2 581 602
<b>Rendimientos biogas y metano</b>					
Concentración metano	%	60	60	60	60
Rendimiento biogas (Qbiogas)	m <sup>3</sup> /d	624 764	150 455	290 623	1 065 842
Rendimiento metano (Qmetano)	m <sup>3</sup> /d	374 858	90 273	174 374	639 505
Razón de Producción de Gas (GPR)	m <sup>3</sup> biogas / m <sup>3</sup> reactor día	1,67	1,31	0,39	0,86
Producción Específica de Gas (SGP)	m <sup>3</sup> biogas / kg <sub>SV</sub> sustrato alim.	0,39	0,44	0,46	
<b>Conversion biogas para energías eléctrica y térmica</b>					
Potencia entrada (LHV)	MW	140,9	33,9	65,5	240,3
Energía entrada (LHV)	MWh/d	3 381	814	1 573	5 768
Eficiencia eléctrica	%	40	40	40	40
Potencia eléctrica disponible (11,5 meses)	MWe	56,3	13,6	26,2	96,1
Potencia eléctrica disponible (6 meses safra)	MWe		26,0	50,2	
Energía eléctrica disponible	MWhe/d	1 352	326	629	2 307
Eficiencia térmica	%	25,6	25,6	25,6	25,6
Potencia térmica disponible	MWt	36,1	8,7	16,8	61,6
Energía térmica disponible	MWht/d	867	209	403	1 478
<b>Conversión total biogas para energías eléctrica y térmica</b>					
Potencia entrada (LHV)	MW		240,3		
Energía entrada (LHV)	MWh/año		2 021 067		
Eficiencia eléctrica	%		40,0		
Potencia eléctrica disponible	MWe		96,1		
Energía eléctrica disponible	MWhe/año		808 427		
Eficiencia térmica	%		25,63		
Potencia térmica consumida	MWt		61,6		
Energía térmica consumida	MWht/año		518 038		
Energía térmica consumida	GJ/año		1 864 936		
<b>Otros resultados</b>					
<b>Datos de referencia</b>					
Rendimiento eq. de sustitución de GN em calderas bagaso	%		80		
PCI Gas Natural	GJ/T		51,23		
PCI Biogás (60 % CH <sub>4</sub> )			30,76		
Factor Emision CO <sub>2</sub> sist. Elect. en Argentina (2019) <sup>(17)</sup>	T <sub>CO2 eq</sub> /MWh		0,4071		
Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	T <sub>CO2 eq</sub> /año		364 440 000		
Objetivo NDC en 2030	T <sub>CO2 eq</sub> /año		349 000 000		
<b>Resultados</b>					
Reducción potencial de GEI (E. eléctrica en CHP)	T <sub>CO2 eq</sub> /año		1 985 819		
Reducción potencial de GEI (E. térmica en CHP)	T <sub>CO2 eq</sub> /año		116 746		
Reducción potencial de GEI (E. total en CHP)	T <sub>CO2 eq</sub> /año		2 102 565		
Incremento de emisiones por transporte RAC	T <sub>CO2 eq</sub> /año		2 738		
Reducción potencial de GEI (en quema directa)	T <sub>CO2 eq</sub> /año		Solo aplicable proyectos concretos individuales		
Reducción en los NDC nacionales (en CHP)	%		0,60		
Reducción en los NDC nacionales (en quema directa)	%		Solo aplicable proyectos concretos individuales		
Producción potencial de biometano (a 90% CH <sub>4</sub> )	m <sup>3</sup> /año		248 980 624		
Ahorro sustitución GN en la cogeneración (opción CHP)	m <sup>3</sup> /año		Solo aplicable proyectos concretos individuales		
Ahorro sustitución GN en la cogeneración (opción red GN)	m <sup>3</sup> /año		Solo aplicable proyectos concretos individuales		

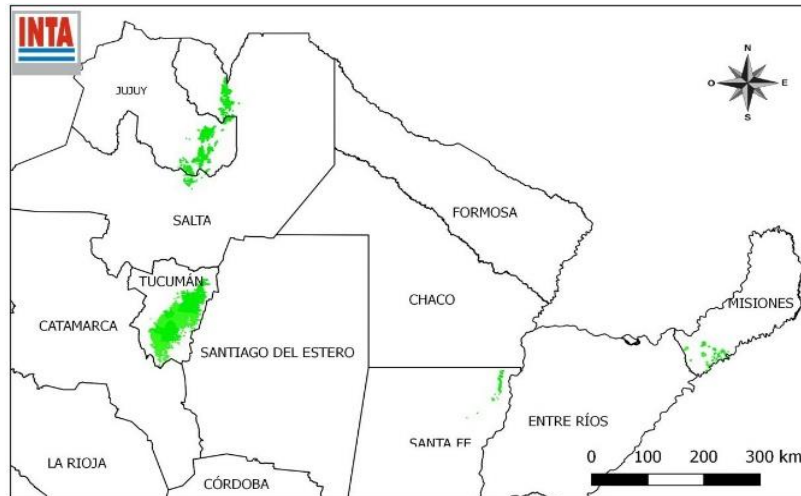
Cabe destacar que las estimaciones presentadas son conservadoras al menos respecto al potencial de los RAC, ya que se ha simulado un bajo potencial de producción de biogás (234 L/Kg<sub>SV</sub>), correspondiendo al límite superior del rango de los resultados (199 - 234 L/Kg<sub>SV</sub>), obtenidos a partir de muestras con material de base no suficientemente molido, por lo tanto, con más difícil acceso para las bacterias anaeróbicas a las fracciones más biodegradables de los RAC (celulosa y hemicelulosa).

Sin embargo, las mismas pruebas han indicado que con una molienda previa de hasta 2 mm, el potencial de producción de biogás se incrementaría unos 30% (252 L/Kg<sub>SV</sub>).

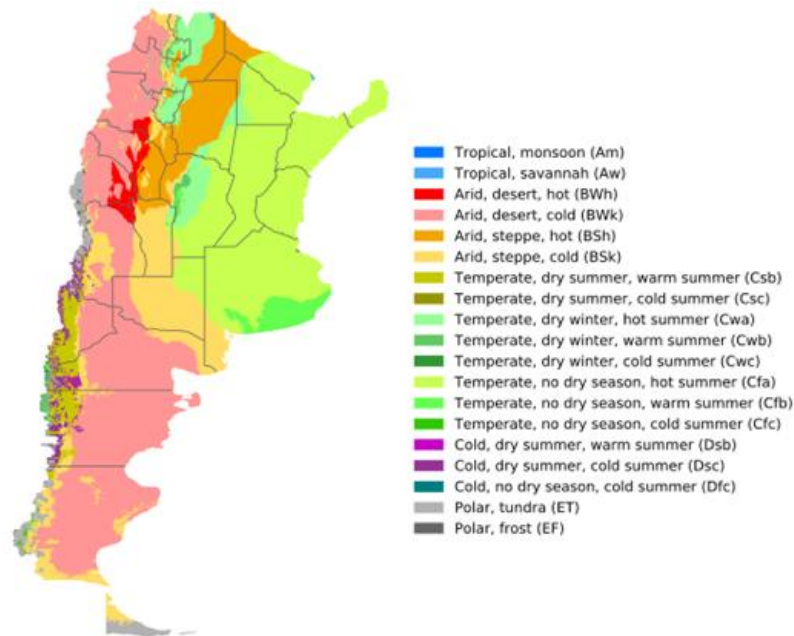
Para de las provincias argentinas donde está concentrada la producción de azúcar, Tucumán, seguido de Jujuy y teniendo Misiones un porcentaje de producción menos relevante, ambas corresponden a una

clasificación climática de Köppen-Geiger de Cwa (templado, invierno seco, verano caliente), con inviernos con un período de temperaturas inferiores a 15°C.

FG157: Zonas de concentración de la producción de azúcar



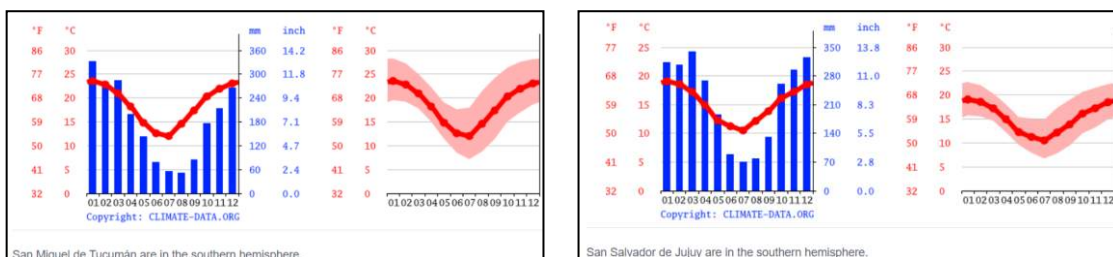
FG158: Mapa de clasificación climática Köppen-Geiger en Argentina (1980 – 2016)



Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

Los sistemas de digestión anaeróbica tendrán de aceptar se derive parte del calor de los gases de los motores para el calentamiento del reactor anaeróbico con objeto de mantener condiciones mesófilas ideales, tradicionalmente entre 34°C y 38°C.

FG159: Climatología de San Miguel de Tucumán y San Salvador de Jujuy





El Tiempo Hidráulico de Retención (THR) para una digestión anaeróbica recibiendo una mezcla de los rees sustratos con características distintas, deberá tener en cuenta el sustrato más difícilmente degradable, en este caso los RAC, con un THR entre los 40 y 55 días, para una degradación de hasta 80% del sustrato de base. Sin embargo, aceptando una molienda de los RAC hasta 2 mm, el THR se limitaría a 40 días.

La tabla anterior "Resultados generales de la biodigestión", indica las cantidades de los macronutrientes que el digestato/lodos de la digestión anaeróbica podrán aportar a los campos, pero no su valoración. De hecho, se considera esta valoración no necesaria ya que, de acuerdo con la EEAOC, en la actual situación de referencia esos nutrientes ya están retornando a los campos, sea mediante riegos, o través de compostaje, o por incineración *in situ*.

#### D.6.5. Resultados particulares del proceso DA.

Hasta aquí han sido presentadas las potencialidades generales de la aplicación de la tecnología a un nivel nacional y con los sustratos disponibles, la aplicación de este concepto a un nivel local, por región y/o ingenio, necesitará de una verificación específica de las cantidades disponibles de los sustratos, sobre todo de los RAC y de la vinaza, y por lo tanto de las mezclas disponibles. Así mismo su composición elemental, con objeto de detectar eventuales relaciones C:N y C:N:P:S no balanceadas y/o carencias de nutrientes.

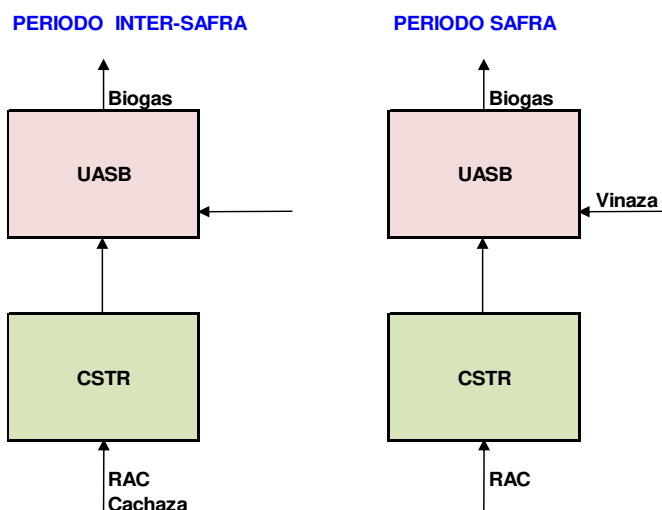
Otros factores serán aún necesario analizar, en particular las disponibilidades de espacios, aspectos medioambientales incluyendo premisos, acceso a las redes eléctricas (y de gas natural, si existen cercanas, para la opción de biometanización), grado de autoconsumo, costo del RAC en caso de no pertenecer al industrial, coste de transporte de RAC hasta el ingenio y otros.

Debido al carácter de tratamiento general de datos en esta Hoja de Ruta, y no habiendo sido analizado un proyecto específico, no se han incluido estimaciones de CAPEX necesarios para las inversiones, y por lo tanto tampoco las cuantificaciones de las rentabilidades de proyectos, por ejemplo, a través de la determinación de sus TIR, ya que pasando de un nivel general nacional para un nivel local, los proyectos individuales podrán tener características y dimensiones muy distintas, y por lo tanto con efectos de escala y CAPEX específicos muy distintos.

Un ejemplo evidente será la instalación de una digestión anaeróbica asociada a un ingenio que ya no necesita disminuir el consumo de combustibles fósiles y/o sin capacidad adicional de inyección de electricidad en la red. En estos casos existirá aún la alternativa de biometanizar el biogás e inyectarlo en la red de gas siendo que con esta tipología de proyecto ya no sería necesario instalar generadores de electricidad. Pero por el contrario será necesario instalar sistemas de biometanización (incremento del contenido de metano en el biogas hasta un porcentaje normal para el metano en el gas natural), y aceptar la instalación de un compresor (y su coste de operación) con objeto de incrementar la presión del biometano hasta la presión de la red de gas.

Por otro lado, el tipo de mezcla posible en cada ubicación podrá igualmente determinar el tipo de reactor anaeróbico más adecuado a cada mezcla, ya que aunque haya un consenso en torno de la tecnología CSTR (reactor de tanque agitado continuo), altos porcentajes de vinaza en la mezcla podrán aconsejar la utilización de la tecnología UASB (manto de lodo anaerobio de flujo ascendente)<sup>(8)</sup>, al menos solo para el sustrato vinaza. Una de las configuraciones posibles será la indicada en la figura siguiente.

FG160: Alternativa de configuración general de digestión anaeróbica con los 3 principales sustratos



Con esta tipología de configuración, los resultados de las relaciones C:N y C:N:P:S presentados aguas arriba en la tabla anterior "relaciones entre nutrientes para una mezcla general de tres sustratos individuales" ya no serían válidas, y por el contrario se deberán tener en cuenta las relaciones C:N y C:N:P:S resultantes de las mezclas RAC-vinaza y RAC-cachaza.

De acuerdo con EEAOC<sup>(15)</sup>, hoy la cachaza y la vinaza ya no constituyen un problema medioambiental en Argentina, en particular en lo que respecta a la polución de líneas de agua/ríos, ya que todas las cantidades disponibles están siendo incorporadas en los campos de caña, como riegos o incorporadas en mezclas de compost con cenizas volátiles de las calderas (caso de la cachaza), y de acuerdo con protocolos de seguridad que garantizan que no se está incurriendo en exceso, y de alguna forma dañando el equilibrio biológico de los campos.

Por lo tanto, en este escenario, pero solo en este escenario específico, donde la carga orgánica de la cachaza y vinaza son absorbidas por los campos en seguridad, no tendrá sentido considerarse la importante reducción de carga orgánica en estos dos sustratos que la tecnología de digestión anaeróbica conlleva.

Sin embargo, habrá siempre que tener en cuenta que, aunque con protocolos establecidos, cuyo objeto es lograr la máxima seguridad, la realidad puede no permitir a los suelos absorber todas las cargas de los ferti riegos. De hecho, la Resolución nº 30 de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán, de febrero de 2009, establece en su Anexo I los siguientes niveles de calidad de efluentes industriales, que presentan en la Tabla siguiente.

TB136: Niveles de calidad de efluentes industriales de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán

Parametro	Unidad	Límites para descargar a:		Valores típicos de la vinaza <sup>(21)</sup>
		Cuerpo de agua superficial	Absorción por suelo	
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	mg/L	≤ 50	≤ 200	90.000 - 110.000
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	≤ 250	≤ 500	32.000 - 54.000

Esto quiere decir que con independencia de la eventual seguridad que los protocolos proporcionan, al menos se están superando unos cientos de veces los límites establecidos en la normativa del SEMA.

Un punto importante no considerado en esta Hoja de Ruta es la posibilidad que, en algunas ubicaciones, se combinen los tres sustratos ahora analizados, con otros sustratos externos a la industria sucroalcoholera, en particular el sustrato resultante de las exploraciones pecuarias con ganado: el estiércol.

De hecho, teniendo en cuenta la realidad Argentina, deberá ser posible encontrar, cerca de las ubicaciones para una digestión anaeróbica, explotaciones de ganadería produciendo estiércol del ganado, muy fácilmente degradable, luego compatible con el proceso de la digestión anaeróbica, rico en nitrógeno y por lo tanto con la capacidad de optimizar las relaciones C:N y C:N:P:S de las mezclas de RAC, cachaza y vinaza.

Tal sinergia sería buena para las dos partes ya que incrementaría el rendimiento y producción del biogás en las digestiones anaeróbicas a instalar asociadas a los ingenios, y permitiría resolver un problema medioambiental para las explotaciones de ganadería en el entorno económicamente viable de los ingenios. Además, no siendo la tecnología DA común en Argentina, la inoculación de los reactores para su puesta en marcha será más viable de lograr con la adición de estiércol de ganado.

Todavía, la producción de azúcar es una actividad estacional, que continuará manteniendo sus especificidades, por lo que es recomendable intentar encontrar una sinergia de producción que tenga en cuenta la disponibilidad anual de los tres sustratos. Para los RAC, ya hay hoy una experiencia consolidada en recogerlos de los campos y almacenarlos, lo que permitirá utilizarlos con estabilidad a lo largo del año.

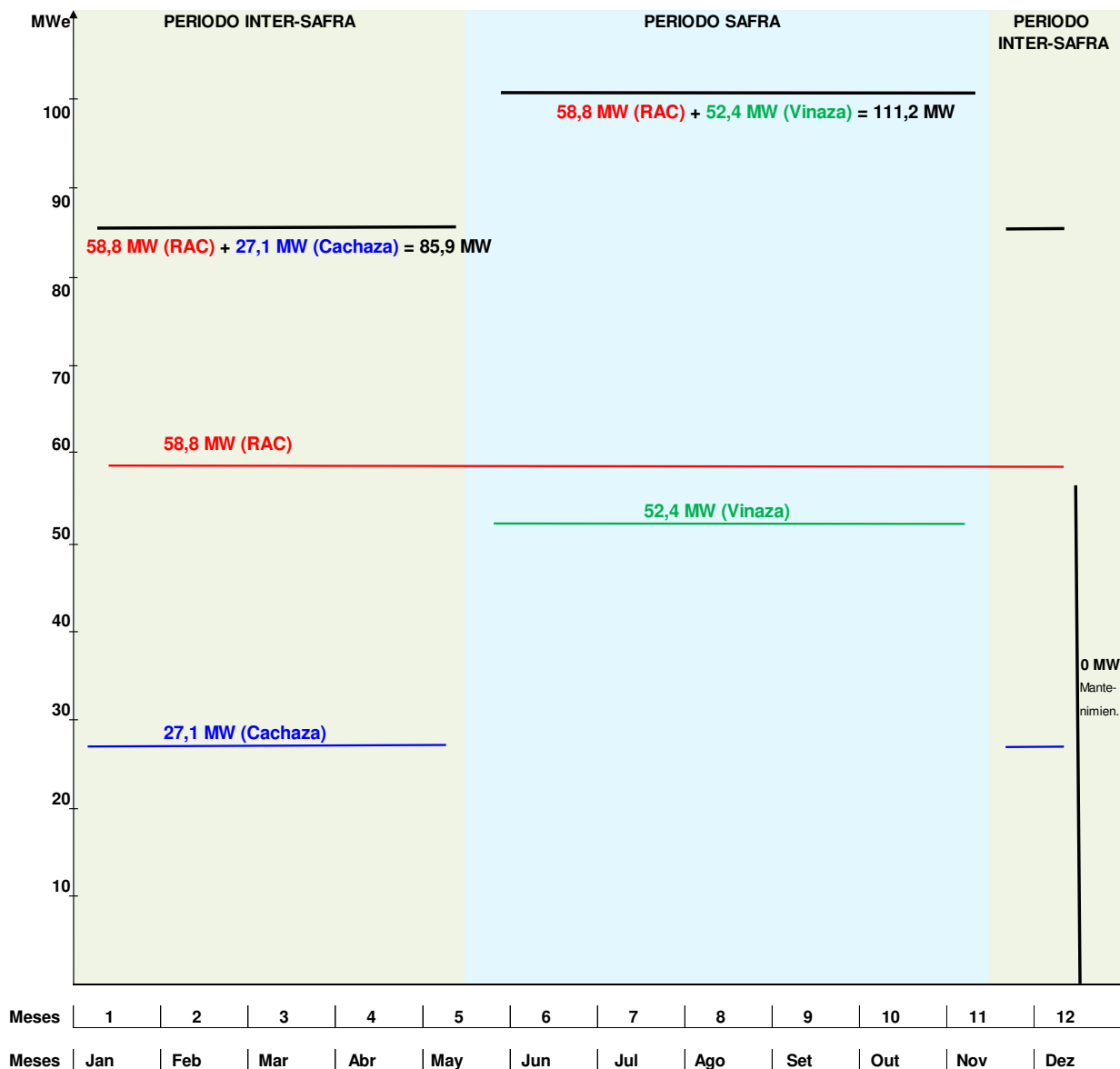
#### FG161: Almacenamiento maloja en Ledesma



La vinaza es producida con una humedad muy alta, lo que conllevaría la necesidad de instalar almacenamientos con gran volumen, con objeto de utilizar este sustrato todo el año. Por lo tanto, lo más viable será una su inmediata admisión a la digestión anaeróbica. La cachaza es producida con una humedad intermedia entre los RAC y la vinaza, teniendo por eso características semejantes a las de un lodo, lo que permitirá la viabilidad de instalación de capacidades de almacenamiento, y una uniforme utilización todo el año, o concentrada solamente en el periodo inter-zafra.

La figura siguiente, aunque a un nivel teórico general nacional, presenta una alternativa de utilización de los tres sustratos a lo largo de todo el año, con objeto de mantener un perfil estable de producción de electricidad.

**FG162: Perfil de potencial nacional de producción de calor y electricidad con digestión anaeróbica**



**D.6.6. Experiencia en el proceso de DA**

No siendo la DA una tecnología común en Argentina, ya está bien difundida en Brasil, incluyendo en el sector sucro-alcoholero. De acuerdo con la Asociación Brasileña de Biogás (Abiogás), se espera que el conjunto de la vinaza y el estiércol alcance los 11 mil millones de m<sup>3</sup> para 2030, posibilitando la sustitución de 70% del Diesel utilizado en Brasil o 35% de la demanda eléctrica.

Un estudio realizado por la asociación indica el potencial total para una producción diaria de 120 millones m<sup>3</sup> de biogás en el país, lo que equivale a 43,8 mil millones de m<sup>3</sup> por año. El sector azucarero-energético representa casi el 50% del potencial y el aprovechamiento de residuos de la cadena proteica animal el 32%. En 2020 la producción de biogás fue de 1,8 mil millones de m<sup>3</sup>, siendo 73% para la generación de electricidad.

La empresa Geo Biogás & Tech tiene las siguientes referencias en la industria sucro-alcoholera.

Raízen Geo Biogás, en el año de 2020 ha puesto en marcha la planta de Biogás Bonfim, en Guariba, São Paulo, con una capacidad instalada de 21 MWe. La cachaza y vinaza, producidos a partir de más de 5 millones de caña molida al año, permiten la producción de 135.000 MWh/año. Esta planta tiene dos reactores verticales de 8.000 m<sup>3</sup> cada, y 1 reactor horizontal de 18.000 m<sup>3</sup>.

FG163: Vista general de la digestión anaeróbica de Raízen Geo Biogás



Geo Eléctrica Tamboara, puso en marcha en el año de 2012, una planta con una capacidad instalada de 10 MWe y de 1.500 Nm<sup>3</sup>/día de biometano (en ampliación para 25.000 m<sup>3</sup>/día, equivalente a 23.000 L/día de Diesel). Tiene 2 reactores verticales de 5.000 m<sup>3</sup> cada, y tres reactores horizontales (2 de 18.000 m<sup>3</sup> y 1 de 4.000 m<sup>3</sup>).

FG164: Vista general de la digestión anaeróbica de Geo Eléctrica Tamboara



Cocal Energía, instalada en Narandiba, se dedica a la producción de biometano (25.000 m<sup>3</sup>/día) y energía eléctrica (5 MWe), teniendo como sustratos vinaza, cachaza y RAC, producidos a partir de 5 millones de caña molida al año. Esta planta tiene instalados dos reactores verticales de 8.000 m<sup>3</sup> cada, y 4 reactores horizontales de 18.000 m<sup>3</sup>.

FG165: Vista general de la digestión anaeróbica de Cocal Energía





## ANEXO E. EL BIOETANOL

### E. EL BIOETANOL

#### E.1. El bioetanol en los motores térmicos

Los motores térmicos de ciclo Otto se caracterizaron por disponer de carburadores adaptables para el uso de combustibles como etanol, nafta o mezcla de ambos. En esencia, esto fue lo que al presente se denomina, Vehículos de Combustibles Flexible o autos *flex-fuel*. De tal forma, la presencia de combustibles alternativos como el bioetanol, está muy ligada a la industria automotriz desde su nacimiento.

Con el devenir de los años los usuarios vieron satisfechas sus necesidades de movilidad a través de vehículos equipados con motores de diseño avanzado y el uso de nuevos combustibles que se elaboraron. De tal manera, ningún motor fue diseñado ni construido sin tener en cuenta las especificaciones técnicas del combustible que utilizaría.

Si bien el bioetanol resulta ser un combustible que se obtiene de fuentes renovables y por ende menos contaminante que otros similares, su contenido energético, a igual volumen, es 30% menor que el de las naftas, lo que equivale a recorrer menos kilómetros/litro. A ello se le debe adicionar otro concepto muy importante cuando se evalúa al vehículo con motor de combustión interna como factor de movilidad y es que el rendimiento térmico de la unidad están por debajo del 25%, ya que gran parte del contenido energético del combustible se pierde como calor, otra en procesos de fricción entre los componentes del motor y una última en emisiones, todo lo cual obliga a reflexionar desde el punto de vista termodinámico si el uso de un combustible alternativo como es el bioetanol en un automóvil equipado con un motor de combustión interna es la solución más satisfactoria para la ecuación de movilidad.

Este es un primer aspecto a enfatizar deben agregarse otros como ser: hidratación, corrosión, calibración, solo por nombrar algunos de ellos. En otras palabras, no se trata simplemente de reemplazar un combustible por otro, en este caso: nafta por bioetanol, sino que el vehículo en su conjunto requiere la adaptación a un nuevo escenario para obtener prestaciones similares o aún, superiores.

La realidad indica que los automovilistas, en su gran mayoría, consideran al combustible en términos de precio y cantidad. Difícilmente realicen un análisis más detallado que tenga en cuenta aspectos como: el arranque en frío del vehículo, un rápido calentamiento del motor, una marcha sin sobresaltos en toda la gama de velocidades, el funcionamiento del motor sin que se registre una pre-ignición o detonaciones fuera de tiempo (DFT, en adelante), o que el combustible genere bajas emisiones y que no produzca depósitos, contaminación o corrosión en el motor, muy a pesar que en un correcto diseño y mantenimiento del vehículo todos estas premisas juegan un rol tan fundamental como las características mismas de un buen combustible.

Al efectuar un rápido análisis de rendimiento, se puede concluir que desde la llegada de los motores de combustión interna con ignición por bujía, la máxima eficiencia energética quedó limitada por la DFT, ocasionando un ruido del motor que acompaña la rápida pre-ignición. Este proceso tiene lugar cuando al impulsor se lo somete a una exigencia extrema producto de una aceleración brusca o una subida en pendiente del vehículo con carga. El ruido es creado por el rápido incremento de presión y vibraciones causadas por el proceso de pre-ignición.

Debido a que la DFT ocurre más rápidamente a altas presiones y temperaturas, la máxima presión y temperatura permitida en el motor está fijada por la composición química del combustible. Para lograr límites superiores a estos máximos es necesario utilizar combustibles de mayor calidad que resultan más resistentes a la pre-ignición.

La medición del Número de Octano (NO, en adelante) simplifica este proceso ya que realiza una comparación del compuesto motivo de estudio con una mezcla binaria de iso-octano y n-heptano, que tiene un comportamiento mucho más predecible. A mayor NO, mayor es la prestación del combustible ya que resiste mayor compresión sin producir los efectos de una pre-ignición.



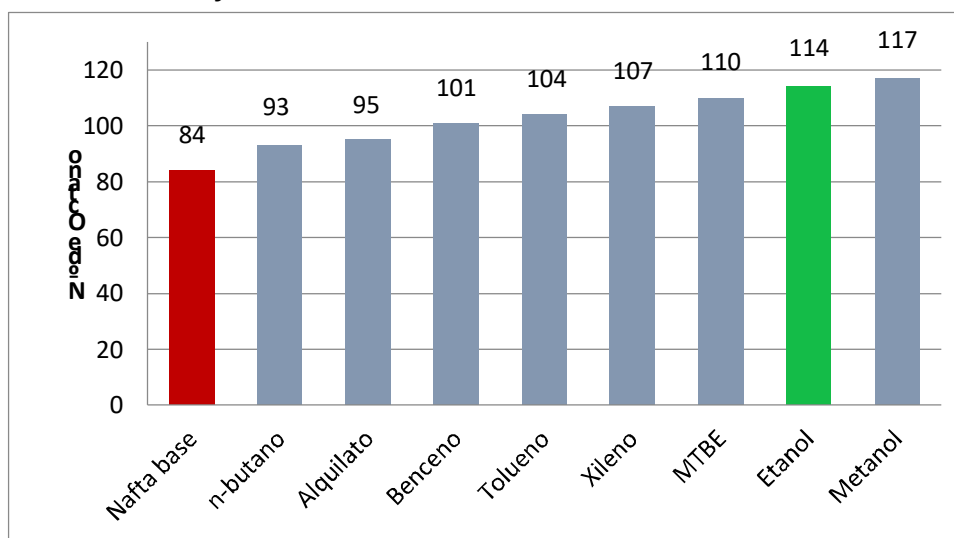
La transición energética desde los combustibles fósiles hacia aquellos obtenidos a partir de fuentes renovables fue el resultado de modernas legislaciones en los diferentes países. El mundo tomó conciencia que el futuro no sería promisorio de continuar con ese nivel de GEI. La situación imponía adoptar medidas para restringirlo.

La idea de evolucionar a límites más estrictos en cuanto a emisiones y ahorro en el consumo de combustibles fue el impulso que recibieron los investigadores para lograr un aumento en la eficiencia de estos motores. Una de las conclusiones directas de estos ensayos reveló que, para obtener una mayor resistencia a las DFT, era necesario aumentar el octanaje de los combustibles con lo cual se mejoraban las fases de combustión y operación a altas cargas a las mismas RPM. Ello permitiría una mayor temperatura y presión dentro del cilindro, generada por la mayor relación de compresión y el accionar del turbocompresor, lo cual es crítico para reducir el tamaño y revoluciones del motor, dando lugar a menores emisiones y menores consumos de combustible.

En base a la experiencia obtenida de múltiples estudios realizados se concluye que para aumentar 1 punto la relación de compresión (v.g. 10:1 a 11:1) se necesita aumentar 5 puntos el RON de los combustibles. Es así que surge el bioetanol como una de las alternativas disponibles para cumplir con estas exigencias. Resulta necesario señalar que el bioetanol fue utilizado como un combustible más, antes de que aparecieran las conclusiones del estudio señalado que lo llevaron a convertirse en un mejorador de octanos.

El bioetanol tiene un RON de aproximadamente de 114 comparado con el de una Nafta Grado 2 (Súper) que en la Argentina es de 93 o de una de Grado 3 (Premium) que es de 97, no obstante, las empresas prefieren utilizar MTBE para aditivar y alcanzar los estándares previstos por la Resolución SE Nº 1283/2006 y sus modificatorias, por dar éste mejores resultados.

**FG166: Mejoradores octánicos utilizados en la formulación de naftas**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Department of Energy (USA) y empresas abastecedoras.

**TB137: Valores de MTBE agregados regularmente a las naftas**

EMPRESA	NAFTA GRADO 3
Petrobras (San Lorenzo)	10,6 %
Petrobras (Bahía Blanca)	9,2 %
Oil	10,5 %
Refinor	9,8 %
Axion Móvil	10,8 %
Shell	6,0 %
YPF (Capital)	2,7 %
YPF (Luján de Cuyo)	5,0 %
YPF (Plaza Huincol)	5,9 %

Fuente: elaboración propia en base a datos de mercado.

En cambio, los valores que utilizan en naftas de grado dos varían entre un 0,9 a 2,0%, con excepción de las elaboradas por la empresa Refinor que por su menor densidad utilizan valores del orden de 6,8%.

Si bien la literatura da cuenta de innumerables ensayos con mezclas de bioetanol-nafta en proporciones que van desde el 20% al 40% y superiores y los beneficios que acarrearán en cuanto a ahorro de combustible, resulta importante destacar uno de los parámetros de mayor relevancia en estas combinaciones es el Calor de Vaporización (HOV, por sus siglas en inglés), ya que sus valores dan cuenta de la menor energía necesaria para producir la evaporación y por ende la combustión con lo cual se otorga un factor adicional a la resistencia al pistoneo.

El HOV es un factor que también condiciona el manejo de un vehículo. Si el combustible requiere altos valores de HOV a la misma temperatura, éste no vaporizará con facilidad causando dificultades para el arranque en frío.

Un rápido cotejo de las especies químicas que componen una nafta con el bioetanol, se concluye que la presencia de oxígeno proveniente de éste último mejora la fase de combustión porque se requiere menor cantidad de aire para este proceso (el oxígeno lo aporta el etanol y no el aire).

Adicionalmente, la presencia de bioetanol gobernará el proceso de vaporización por el cual los compuestos aromáticos de alto punto de ebullición no lograrán evaporarse completamente dando como resultado una mayor formación de material particulado que luego es emitido a la atmósfera. La situación descrita da idea de la complejidad para formular un combustible que pueda funcionar correctamente en un motor, donde muchas veces se pretende que trabaje con un biocombustible en grandes porcentajes para el cual no fue ni diseñado ni construido.

## **E.2. El Caso Argentino y Brasileño en el uso de bioetanol**

Aprovechando las características que brindaba el bioetanol como combustible en reemplazo de los derivados del petróleo y así lograr una independencia energética, algunas naciones comenzaron a adoptar este combustible para mezclado con la nafta en diferentes proporciones para su expendio.

Las primeras experiencias de utilizar etanol como combustible en la Argentina se llevan a cabo en la Estación Experimental Agrícola e Industrial "Obispo Colombes" de la provincia de Tucumán durante el año 1979 donde se ensayan mezclas con nafta en vehículos provistos por las automotrices locales. Dichas pruebas, conocidas como el Plan Alconafta, tenían por objeto demostrar la viabilidad del cambio de combustible sin que se registren alteraciones de importancia.

Para marzo de 1981, Tucumán comienza a comercializar una mezcla de 12% de etanol con 88% de nafta común. Ese mismo año se incorporan al proyecto las provincias de Salta y Jujuy. En mayo de 1983 se inicia la comercialización de un nuevo producto resultado de la mezcla de etanol con nafta súper, mientras que en el período comprendido entre diciembre de 1984 y marzo del año siguiente, se agregaron las provincias de La Rioja, Catamarca y Santiago del Estero.

La sucesión de hechos descriptos actúa como catalizador de un movimiento que propendía a un uso generalizado del producto en todo el país y cuyas acciones se vieron coronadas el 30 de septiembre de 1985 cuando se sanciona la ley Nº 23.287, que se considera la primera en su tipo sobre biocombustibles o, para ser más precisos, referida a bioetanol.

La normativa legal, en su artículo 1º declara de interés nacional la producción de alcohol etílico, en sus formas, hidratado o anhidro, cualquiera sea su origen, con destino a su uso como combustible para motores, solo o en mezclas con naftas. Definía como Plan Nacional de Alconafta la gradual incorporación de regiones del territorio nacional al consumo de etanol e incluía en el ordenamiento legal a las actividades agrícolas, industriales y comerciales.

La Autoridad de Aplicación, refiere el texto legal, deberá asegurar la disponibilidad de volúmenes suficientes en el mercado para su normal abastecimiento, infraestructura de distribución, precio en función de los costos y márgenes razonables de beneficios. A ello se le adiciona la necesidad de establecer un horizonte de planificación para este nuevo desafío, no inferior a los 6 años y una exención del impuesto al combustible sobre el porcentual de alcohol. Por último, refiere a que los costos de la ley serán solventados con recursos del Fondo Nacional de la Energía hasta el 2% de su recaudación y establece la obligatoriedad de un manejo eficiente de los efluentes.

Como se podrá observar del texto legal, se trata de un ordenamiento simple, a la luz del proyecto que lo siguiera, y que recogía experiencias e intereses de un sector clave para la economía del país como era la industria sucroalcoholera.

En total se incorporaron 11 provincias a la iniciativa, además de Tucumán, pero, sin embargo, el interés en el proyecto fue decayendo hasta llegar a desaparecer. Los factores determinantes para su extinción fueron el alto costo fiscal que le generaba al gobierno y la falta de actualización de los precios por la Secretaría de Energía para el alcohol, llevó a que el negocio perdiera rentabilidad.

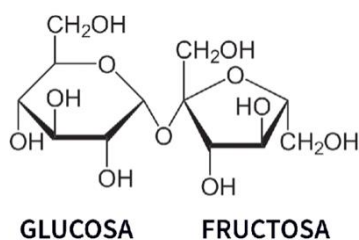
Un caso para destacar dentro de la región es el de Brasil (segundo productor mundial de bioetanol, pero utilizando caña de azúcar como materia prima). El I<sup>er</sup> Congreso Nacional sobre Aplicaciones Industriales del Alcohol de 1903 recomendó el desarrollo de una infraestructura para la producción de bioetanol automotor en Brasil. Para 1931 y con el objeto de reducir la dependencia de combustibles derivados del petróleo y utilizar los excedentes de producción de la industria azucarera se decreta la obligatoriedad de utilizar, al menos, un 5% de bioetanol anhidro en las naftas. Este fue el punto de partida que, con altibajos, se mantiene hasta el presente. Resulta necesario puntualizar que tanto el cultivo como la cosecha de caña de azúcar en Brasil se realizó en forma manual durante largos períodos, todo lo cual representaba un gran desplazamiento de trabajadores hacia las zonas rurales producto de la gran demanda de mano de obra. La interrupción de un programa de este tipo hubiese provocado una enorme desocupación y un descontento social desestabilizante.

En la actualidad Brasil comercializa dos tipos de nafta; una regular y Premium con un octanaje mediano de entre 87 y 91, al cual se le adiciona un porcentaje de 27% (los valores pueden variar dependiendo de la legislación en vigencia) de bioetanol anhidro. También se vende en las estaciones de carga bioetanol hidratado con un octanaje mediano superior a 110, que es utilizado en vehículos *flex-fuel*. En este caso particular, es el consumidor quien elige de acuerdo a precios vigentes y teniendo en mente su menor rendimiento- que mezcla prefiere comprar.

### E.3. La producción de bioetanol

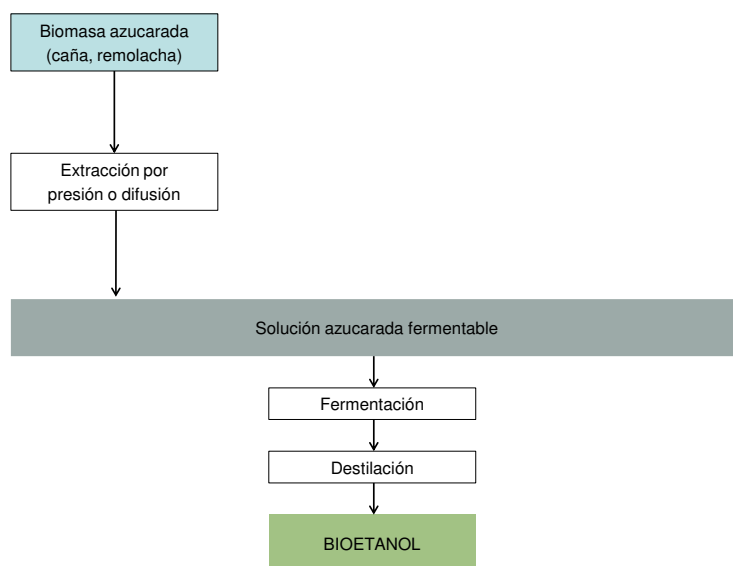
Como concepto general, los jugos obtenidos de la molienda y extracción de la caña tienen como destino la producción de azúcar o de etanol. Desde el punto de vista químico, el azúcar de caña es un disacárido; la sacarosa, el cual se compone de dos monosacáridos: glucosa (hexosa) y fructosa (pentosa), unidos por una unión glicosídica.

FG167: Estructura química de la sacarosa



El siguiente Esquema muestra los procesos básicos para la obtención de bioetanol partir de caña de azúcar.

FG168: Procesos básicos para la obtención de bioetanol partir de caña de azúcar

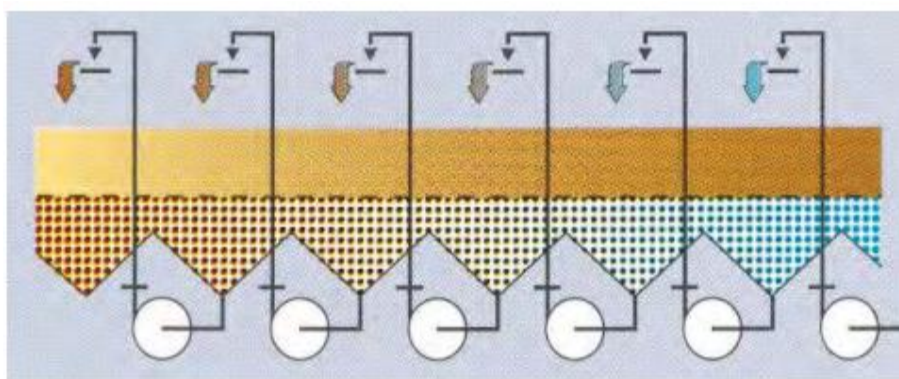


Fuente: elaboración propia

En el proceso industrial la caña es molida por dos juegos de cuchillas: las de trabajo liviano, que se utilizan para nivelar el colchón de caña que entra al equipo y así hacer más eficiente la extracción, y las de trabajo pesado, que tienen por objeto desgarrar la estructura fibrosa de la caña generando el desfibrado. Este proceso se lleva a cabo por medio de un martillo que golpea sobre la caña que corre por una placa metálica. El objeto es romper la célula para que libere el azúcar sin romper la caña ni pulverizarla.

El proceso de extracción es por difusión para lo cual se utiliza agua caliente (70 – 80 °C) y en contracorriente. El objeto es solubilizar el azúcar, evitando calentar en forma excesiva que provocaría la coagulación de las proteínas impidiendo así la disolución buscada. Para conocer el estado de pureza en la solución, se utilizan polarímetros o sacarímetros, que miden el grado de desviación de la luz, una característica intrínseca del azúcar.

FG169: Esquema Proceso industrial de extracción de jugo de caña



La extracción del jugo de caña se trata de un sistema de extracción de jugo en contracorriente donde el material viaja por una cinta transportadora de izquierda a derecha y es rociado permanentemente por una mezcla de agua y azúcar, a través de bombas de recirculación que se alimentan del material extraído en cada etapa.

En los primeros estadios este jugo es rico en azúcar y pobre en agua, a medida que el sistema evoluciona, la mezcla se empobrece en azúcar hasta lograr la extracción máxima que permite la tecnología. De tal manera se obtiene un jugo mixto compuesto de sacarosa que se recupera del proceso y un residuo con el bagazo, algunas impurezas, restos de sacarosa y agua.

El jugo mixto, se tamiza para eliminar partículas grandes en suspensión y se somete a un tratamiento de clarificación para recuperar finalmente el azúcar. A continuación, el material se somete a un proceso de clarificación que consta de varias etapas y tiene por objeto eliminar impurezas hasta su completa purificación.

En la etapa de sulfitación se agrega anhídrido sulfuroso que se transforma en ácido sulfuroso para bajar el pH. Esto permite que se alcance el punto isoeléctrico de las proteínas, donde coagulan y se separan.

En el encalado se agrega hidróxido de calcio para neutralizar el medio ácido remanente y formar sales. Mediante la etapa de Calentamiento y Decantación, se obtienen dos productos: un líquido limpio y la cachaza que es un residuo lodoso donde se encuentra el material precipitable presente en el jugo mixto.

La cachaza requiere ser filtrada porque retiene parte del jugo (hasta un 4% de sacarosa sobre el producto húmedo).

Luego en una nueva etapa de calentamiento el material se trata para lograr finalizar el procesamiento químico, eliminar el oxígeno disuelto, eliminar microorganismos y reducir el volumen de líquido para facilitar el trabajo de los evaporadores

Luego viene una evaporación para eliminar gran parte del agua presente en el jugo clarificado. La concentración del producto pasa del 10% a un 65% y no superior para evitar la cristalización de la sacarosa.

En la Etapa de cocción y cristalización el jugo se concentra al 80% a temperatura reducida para evitar la caramelización y esa masa viscosa se envía a los cristalizadores donde el enfriamiento constante favorece la formación de cristales de sacarosa. Luego se centrifuga y se retira el azúcar disuelto que se envía a una segunda cocción y hasta una tercera.

Allí se obtiene el azúcar crudo y el líquido que queda luego de la centrifugación es denso y se trata de un jarabe de melaza. Por último, el azúcar atraviesa un proceso de refinación (nueva cristalización a 80 °C y pH 7,5), para obtener el azúcar blanco.

En cuanto a la Producción de alcohol, el jugo de melaza obtenido será fermentado para obtener una solución alcohólica con una concentración de aproximadamente 10 - 12%, conocida como "mosto fermentado".

La fermentación, partiendo del jugo de caña, puede llevar entre 6 y 8 horas, mientras que si se utilizan melazas lleva entre las 8 a 12 horas. La fermentación alcohólica es un proceso químico catalizado por un sistema enzimático. El azúcar o sacarosa, por acción de levaduras, como la *Saccharomyces cerevisie*, o bacterias, se transforma en etanol y CO<sub>2</sub>.

El producto obtenido de la fermentación se somete a una centrifugación donde se separan las levaduras recuperables para una nueva fermentación de un líquido conocido como "vino", el cual es sometido a una separación por destilación, donde se obtiene el alcohol hidratado con un 4 – 5% de agua y las vinazas que son el mosto fermentado sin alcohol y se hace pasar por columnas de rectificación y lograr una separación más efectiva. El alcohol es luego deshidratado para ser utilizado como bioetanol combustible.

Antes del Programa Nacional de Biocombustibles se obtenía un alcohol de 95% mínimo o de Buen Gusto destinado a productos alimenticios, farmacéuticos y perfumería. El alcohol Mal Gusto de mínimo 80% contiene restos de productos secundarios de reacción como ser ésteres, alcoholes superiores, metanol, ácidos orgánicos, furfural y aldehídos, es el llamado "alcohol de quemar" que también tiene como destino pinturas.

En la producción de alcohol anhidro su concentración está cercana al 100% de pureza y partiendo de un 95% se debe utilizar otra técnica. El alcohol y el agua forman una mezcla azeotrópica que destila a 78,1 °C cuando la pureza es de 95% en peso. Una forma de lograr mayor concentración es utilizar ciclohexano para formar una mezcla ternaria. Otra es utilizando tamices moleculares donde el etanol 95% se hace pasar por un lecho de sílica aluminatos de Sodio (Na) y Potasio (K) en forma de perlas con poros de ± 3 Å que retienen el agua y deja pasar el etanol.



#### E.4. Características del bioetanol en el uso como combustible

En cuanto a las emisiones del bioetanol en el uso como combustible a los fines prácticos de este análisis, se utilizará la molécula modelo de hidrocarburo:  $C_8H_{17}$  como aproximación a esa mezcla. En términos más simples, se trata de una molécula que contiene 8 átomos de carbono y 17 de hidrógeno. En lo que respecta al aire, éste se compone de 1 parte de oxígeno ( $O_2$ ) y 4 partes de nitrógeno ( $N_2$ ).

El proceso de mezcla de nafta con aire que ocurre dentro de la cámara de combustión del motor y el posterior encendido por efecto de una chispa de la bujía, da como resultado un reordenamiento de los átomos de hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno presentes. Durante esta etapa se forman:  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $NO$  (y otros óxidos de nitrógeno que se denominarán genéricamente:  $NO_x$ ).

También quedará algo de nafta sin quemar, en su forma genérica:  $C_8H_{17}$  y otros tipos de hidrocarburos que genéricamente se indicarán como HC.

La combustión ideal en un motor a nafta supone:  
Combustible + Aire  $\rightarrow$   $CO_2$  +  $H_2O$

con una relación de Aire/Combustible ( $A/C$ ) = 14,7:1. Esto implica una vaporización total de los componentes que toman parte del proceso y la ausencia de  $NO_x$ , con lo cual se está frente a una combustión perfecta, pero la realidad señala que:

Combustible + Aire  $\rightarrow$   
 $\rightarrow$   $CO_2$  +  $H_2O$  +  $NO_x$  +  $CO$  +  $C_8H_{17}$  + HC,  $O_2$  y  $N_2$

A medida que la mezcla de aire-combustible se aproxima a la relación estequiométrica de 14,6:1, la temperatura dentro de la cámara de combustión del motor alcanza valores cercanos a los  $2.500^\circ C$  o mayores haciendo que el nitrógeno y el carbono compitan por el oxígeno.

Cualquier desviación a esta relación provoca que el proceso se aparte de una combustión perfecta. El motor está calibrado para trabajar dentro de esta ventana estequiométrica (14,6:1) y así permitir que el catalizador (los más usuales son los de tres vías) que equipa el vehículo para canalizar los gases de escape, reciba las emisiones de combustión, las procesa y elimina más del 90% de los tres contaminantes de interés (HC,  $NO_x$ ,  $CO$ ).

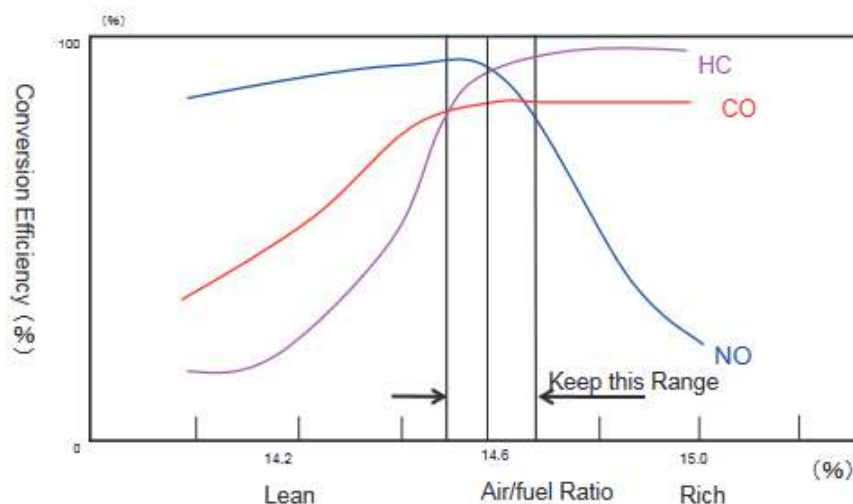
Para lograrlo el motor gestiona electrónicamente el control de la relación de aire combustible real, que es permanentemente monitoreada en los gases de escape (a través de la sonda lambda), modificando el tiempo de apertura de los inyectores (o cantidad de combustible dosificado) para mantenerse dentro de los límites establecidos. De estas observaciones se concluye que la relación 14,6:1 es el mejor compromiso en cuanto a emisiones, pero no la mejor combustión.

Este control del parámetro lambda:  $\lambda = \frac{\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ real}}{\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ ideal}}$

define la efectividad de funcionamiento del catalizador, de manera que si en la calibración del vehículo no está contemplada la incorporación de un segundo componente oxigenado en la mezcla como resulta ser el bioetanol u otros compuestos como MTBE (metil ter butil éter) o ETBE (etil ter butil éter), en proporciones superiores a 3,7% en peso, el aumento en la cantidad de oxígeno disponible provoca que se modifique la relación estequiométrica aire-combustible, el sistema se aparta de  $\lambda = 1$ .

Así, del valor ideal de 14,7 gramos de aire por gramo de combustible para una nafta típica pura, se pasa a 9 gramos de aire por gramo de combustible para bioetanol puro, con los sucesivos puntos intermedios en naftas para distintos contenidos de bioetanol, en las que el control lambda no puede corregir la estequiometría, por ende: cae la eficiencia del catalizador y las emisiones contaminantes se elevan por encima de los límites máximos afectando la vida útil del vehículo. De ahí la importancia de no incrementar los volúmenes de bioetanol en vehículos no calibrados para tales fines.

FG170: Eficiencia de conversión del bioetanol



Fuente: Behind Japanese Industrial Development  
Conference Paper – December 2014 Fumio Kadama  
The University of Tokyo

Ahora bien, si se el sistema se desplaza a mezclas pobres en combustible (parte derecha del gráfico) la mayor presencia de oxígeno ( $O_2$ ) baja sustancialmente la efectividad de conversión de los NOx (por competencia entre el NOx y el  $O_2$  por los reductores CO e HC, en la que gana el  $O_2$ ) y si se desplaza hacia el lado rico (zona izquierda del gráfico) baja la eficiencia en la oxidación de HC y CO por falta de oxidantes (NOx y  $O_2$ ).

Se hace especial hincapié en este aspecto ya que se trata de uno de los parámetros regulados a nivel internacional para cumplir con normas de emisiones EURO tanto en naftas patrones, para la certificación de emisiones contaminantes (Directivas Europeas 70/220/CEE y posteriores; 2002/80/CE EU III y IV y 692/2008 EU V) como en naftas comerciales, (2009/30/CE) y por lo tanto son tenidos en cuenta durante el diseño y calibración de los motores para cumplir con estas normas de referencia en emisiones.

### E.5. La proporción de bioetanol en mezcla de combustibles

Es de hacer notar que en Argentina los sectores involucrados en la industria de bioetanol pugnan por introducir mayores proporciones de bioetanol en sus mezclas con naftas. Si bien el concepto es loable desde el punto de vista medioambiental, la mayor proporción de estos combustibles oxigenados requiere de motores y sistemas de detección y calibración que permitan estos agregados como son los vehículos *flex-fuel*.

Diferente es la situación en otros países como ser los EEUU donde más del 85% de los vehículos a nafta pueden ser utilizados con combustibles de alto octanaje (CAO, en adelante). En otras palabras; fueron diseñados y configurados como *flex-fuel* a pesar de que los compradores adquieren estas unidades desconociendo esa cualidad en los motores.

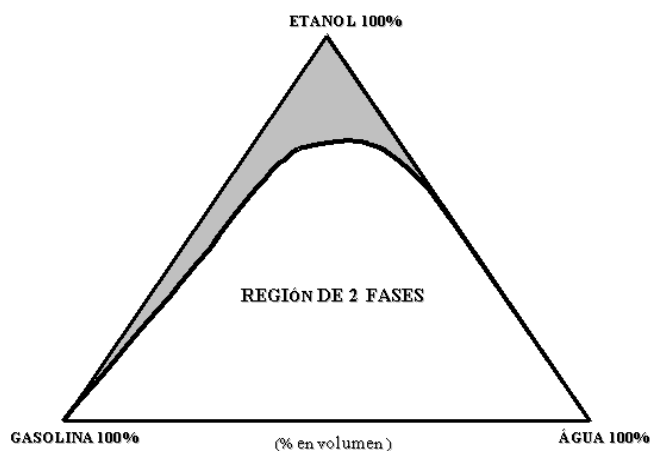
En cuanto a la corrosividad del Bioetanol y sus mezclas, el papel del agua es determinante en el estudio del efecto corrosivo de las mezclas etanol-nafta y de hecho, es una de las variables que marca la calidad del etanol como combustible ya que algunos países como Brasil, lo comercializa en sus formas hidratado y anhidro.

Este efecto se debe tanto a su papel como disolvente de impurezas inorgánicas como al rol protagónico en los mecanismos de corrosión.

Las propiedades físico-químicas de la nafta y el etanol son muy distintas, aunque se ha comprobado que las mezclas de estas especies tienen una elevada miscibilidad en agua. No obstante ello, la mezcla ternaria de etanol+agua+nafta admite un porcentaje limitado de agua antes que esta se separe del sistema en dos fases, favoreciendo los procesos de corrosión.

Más aún, el etanol anhidro es higroscópico por lo que pueden absorber agua durante su tiempo de almacenaje, oxidándolo a ácido acético, con el consiguiente aumento de la acidez del medio transformándose en un elemento corrosivo.

FG171: Higroscopía del etanol anhidro



Fuente: Bioetanol de Caña de Azúcar – Energía para el Desarrollo Sostenible

En principio es esperable que un incremento en el porcentaje de etanol provoque un incremento de agua, cloruros y otras impurezas, así como la conductividad eléctrica de la mezcla final del combustible y, por lo tanto, se favorezca el mecanismo de corrosión electroquímica. El estudio y previsión de estos efectos impone estrictas normas de calidad al etanol como combustible.

El agua debe sus relevantes propiedades como solvente de sustancias iónicas no solo a su polaridad y elevada constante dieléctrica, sino también a la presencia del grupo hidroxilo (–OH), que tiene capacidad de formar puentes de hidrógeno y así solvatar tanto aniones como cationes.

Es conocimiento de práctica que los sistemas polares tienen afinidad por los disolventes polares como el agua y los no polares, como son los compuestos orgánicos, utilizan solventes del mismo origen. Es decir que el agua es un mal solvente de sustancias no polares.

Sin embargo, el metanol, a pesar de ser un compuesto orgánico y por ende, no polar, por su bajo peso molecular y su corta cadena hidrocarbonada hace que la parte polar de la molécula (grupo alcohol) tenga mayor preponderancia, dando como resultado que el producto sea bastante soluble en agua ya que los puentes de hidrógeno de ambas moléculas pueden reemplazar los puentes de hidrógeno de las moléculas de metanol entre sí o las de agua entre sí. De tal manera, la mezcla metanol y agua puede actuar ahora como un solvente de sustancias orgánicas, al igual que lo es el etanol.

A continuación, se describen algunas de las características de componentes susceptibles de estar presente o que se formen por diversas reacciones químicas en el sistema de depósito y transporte del combustible del automóvil.

TB138: Características generales del bioetanol

MEDIO	CONSTANTE DIELECTRICA (25 °C)	pH (valor de neutralización)	Solubilidad del O <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /1 atm/25 °C)	Conductividad específica (Ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )
Agua	78,5	7	0,022	5,6 x 10 <sup>-1</sup>
Metanol	32,6	8,4	0,227	1,6 x 10 <sup>-1</sup>
Etanol	24,3	9,6	0,221	4,3 x 10 <sup>-2</sup>
Acido Fórmico	48	3,1	0,047	2,8 x 10 <sup>-2</sup>
Acido Acético	6,4	7,7	0,18	2,8 x 10 <sup>-3</sup>

Fuente: elaboración propia en base a datos de:

[www.revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/1215/1226](http://www.revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/1215/1226).  
 Revisión y estado del arte de la corrosión del etanol y sus mezclas en gasolina. C. Berlanga *et al.*2011

De la tabla que antecede, se pueden deducir algunas cuestiones. Con respecto a la solubilidad de oxígeno tenemos que para el agua es de  $0,022 \text{ cm}^3$  a 1 atmósfera y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , en cambio para metanol estos valores pasan a  $0,277$  y para etanol  $0,221$ , es decir, estos alcoholes tienen valores de contenido de  $\text{O}_2$  similares y de un orden de magnitud superior al del  $\text{H}_2\text{O}$ , por lo tanto, la disponibilidad de  $\text{O}_2$  en los alcoholes favorecerán los procesos de corrosión en forma mayor que el agua. Por otra parte, para alcanzar la neutralidad en el etanol se necesita un pH de  $9,6$ .

La alta constante dieléctrica del agua respecto de las otras especies lo hace un solvente muy fuerte para compuestos iónicos ya que le permite una atracción y separación de estos hasta alcanzar la disolución de los mismos.

En lo que respecta a la Conductividad se observa que para el  $\text{H}_2\text{O}$  es de  $5,6 \times 10^{-1} \text{ Ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ , mientras que en el caso del etanol es de un orden de magnitud menor ( $4,3 \times 10^{-2}$ ), lo cual disminuye la velocidad de las reacciones de corrosión.

Cabe destacar que la observación de los efectos corrosivos del etanol no es reciente ya que antes de su desarrollo como combustible el producto se utilizaba en la industria como refrigerante. Con el correr de los años, el etanol manifestó el potencial corrosivo al comprobarse que los metales perdían su capacidad de pasivarse en su presencia.

Para comprobar la compatibilidad de los materiales metálicos, utilizados en componentes de vehículos que funcionan con mezclas de etanol-nafta, se han realizado ensayos de inmersión, ensayos en autoclave y ensayos de campo utilizando vehículos. Los ensayos de inmersión son muy útiles ya que, aunque no simulan bien las condiciones de servicio de los materiales, se pueden usar como paso previo a la selección de materiales, sin que suponga un costo elevado. Los ensayos en autoclave simulan las condiciones en servicio de los motores y son regulados por normas provenientes del sector automotriz. Los ensayos de campo, al emplear los propios vehículos, ofrecen resultados más válidos porque se ajustan a las auténticas condiciones de servicio, pero son mucho más costosos.

Si bien se puede afirmar con cierto nivel de certeza, que solo un etanol de elevado nivel de pureza no es un medio corrosivo, el panorama es completamente diferente si el combustible a utilizar contiene impurezas y especies químicas, fundamentalmente agua y cloruros que condicionan su pH, ya que son proclives a provocar corrosión en las aleaciones metálicas que tomen contacto con el mismo. Este aspecto debe ser tenido en cuenta en las formulaciones de combustibles con bioetanol y mucho más cuando estas son altas. Asimismo, deben ser tenidas en cuenta estas recomendaciones de corrosión cuando se diseña, produce y construye un vehículo para ser utilizado con altas proporciones de bioetanol, tal el caso de los vehículos *flex-fuel*.

Se puede afirmar que todos los materiales metálicos objeto de estudio a lo largo de los años, excepto las aleaciones aluminio-zinc (Al-Zn) presentan bajas o nulas velocidades de corrosión en contacto con combustibles si se cumplen las siguientes premisas: tener una baja proporción de etanol (E5 y E10), que el mismo sea deshidratado y esté aditivado con inhibidores de corrosión. Para porcentajes de etanol hidratado de 20/25%, los investigadores observan que se necesitan recubrimientos protectores de Calcio y Cromo en todos los sectores que el combustible tome contacto con metales, es decir: desde el mismo tanque de combustible hasta las cámaras de combustión donde se produce la ignición.

En consecuencia, todos los sectores relacionados con la industria que emplean este combustible, empresas productoras, logística, expendedores y fabricantes de vehículos, pueden estar afectados por esta problemática, motivo por el cual se deben adoptar las medidas necesarias para evitar o, al menos, mitigar su impacto.

Combustibles de alto octanaje y RVP (Reid Vapor Pressure).

Un aspecto importante, que asegura un buen comportamiento en la conducción del vehículo es la volatilidad del combustible, que resulta ser la tendencia a evaporarse. Esta característica es importante porque los líquidos y los sólidos no se queman, sino que son los vapores. En la cámara de combustión de un motor el combustible debe primero evaporarse antes de que pueda quemarse.

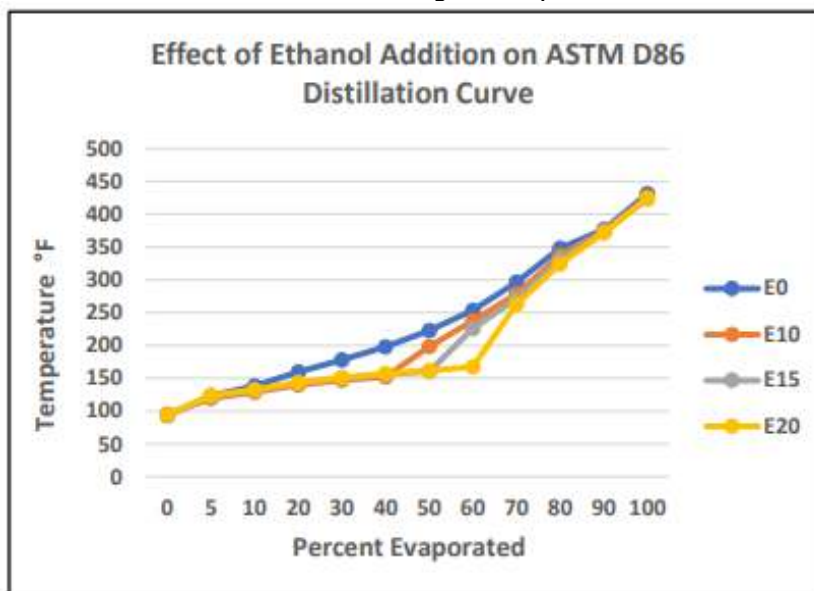
De tal manera se observa que no resulta sencillo definir la volatilidad ideal del combustible, ya que debe ser ajustada a la altitud y temperatura media del sitio donde el producto será utilizado.

Las tres propiedades que definen la volatilidad de un combustible son: la Curva de Destilación, Presión de Vapor y la relación líquido-vapor.

Curva de destilación: La destilación es un proceso físico que permite la separación de sustancias líquidas de diferente punto de ebullición. Dentro de un sistema compuesto por dos o más sustancias líquidas, al recibir una determinada cantidad de energía en forma de calor, comienza a elevarse la temperatura hasta alcanzar la del componente de menor punto de ebullición. En ese momento se detiene el incremento de temperatura, ésta sustancia pasa de su estado líquido al de vapor y abandona el sistema. Una vez destilada la primera sustancia se produce un nuevo incremento de temperatura hasta alcanzar la del próximo componente donde se repetirá el proceso.

Como ya se ha mencionado, la nafta se integra por una multiplicidad de sustancias químicas por lo cual se observa que un gráfico de destilación es un continuo, sin saltos abruptos (línea azul). El agregado de bioetanol en diferentes proporciones genera un proceso de depresión de la curva de destilación, donde los saltos en la temperatura tienen lugar cuando se agota el biocomponente. Esta condición debe ser tenida en cuenta al formular una nafta con un alto porcentaje de bioetanol.

FG172: Curva de destilación de una gasolina y los efectos de bioetanol



Fuente: ver Distillation properties.

Presión de Vapor de Reid: La Presión de Vapor es la propiedad más importante para el arranque en frío y calentamiento del motor. Cabe aquí señalar que cuando se habla de "arranque en frío" se refiere al arranque del motor a temperatura ambiente, no al hecho que la temperatura ambiente es baja. Se trata de un ensayo para evaluar la tendencia de un hidrocarburo a volatilizarse. Esta prueba está estandarizada por ASTM en su norma D-323 para productos derivados de petróleo y en D-4953 para gasolinas oxigenadas, se determina la presión de vapor a 37,8°C.

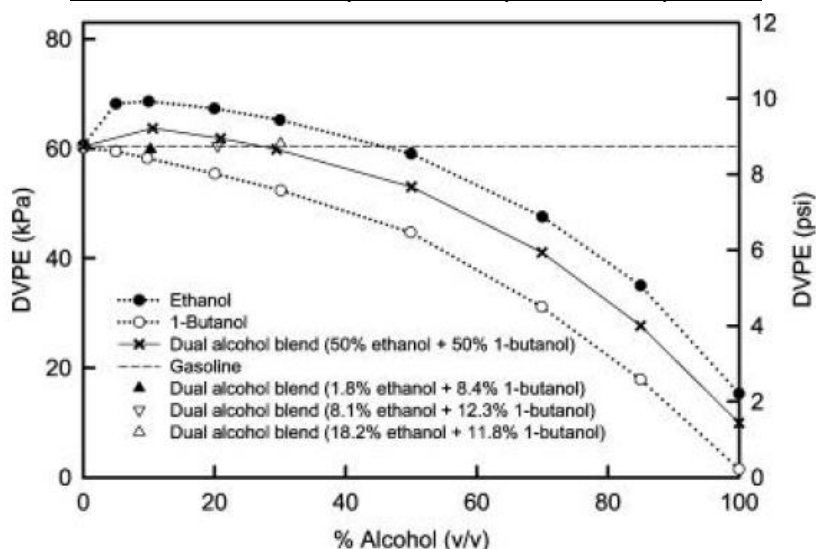
El valor óptimo de PVR depende de las condiciones climáticas y el vehículo. Cuando la Presión de Vapor del combustible es baja, el motor necesitará de sucesivos intentos de puesta en marcha antes del arranque definitivo. Cuando la Presión de Vapor es extremadamente baja, el motor no arrancará de ninguna manera. Cuando la PVR es muy alta, es decir que existe mucho vapor en el medio, se produce un efecto de retardo de encendido cuando el motor está caliente. Altas Presiones de Vapor generalmente originan mejores arranques en frío, pero bajos valores evitan la formación de trampas de vapor o *vapor locks* u otros problemas de arranque en caliente.

El gráfico siguiente se presentan datos de Presión de Vapor vs. % de bioetanol y otros combustibles oxigenados, comparados con la línea de base de una nafta. Lo que puede observarse en este gráfico es que la Presión de vapor del bioetanol es baja y esto se debería a la fuerza de atracción que se da entre la electronegatividad del oxígeno y la positividad del hidrógeno creándose así una fuerza de atracción que impide que el bioetanol pase a fase vapor.



El agregado de un 10% de bioetanol a una nafta dispara la presión de vapor por efecto de una disrupción del efecto de atracción electrostática permitiendo así una rápida volatilidad. Hasta valores de aproximadamente un 40% de bioetanol, la presión aumenta y eso puede generar inconvenientes al momento de arranque. Por tal motivo, resultará necesario en estos casos reformular la nafta base con productos menos volátiles para compensar el efecto de bioetanol.

FG173: Variación del equivalente de presión de vapor seco



Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119301371>

## E.6. Las perspectivas del uso del bioetanol como combustible en Argentina

Algunas naciones, entre ellas los EEUU y Brasil, encuentran en este combustible una vía para incrementar la seguridad energética al no depender de la importación de petróleo, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover los beneficios económicos para un sector rural importante. No obstante ello, y como ya se ha señalado precedentemente, la utilización de etanol en aquellos vehículos que no fueron configurados para combustibles alternativos en porcentajes superiores a los admitidos, indefectiblemente van a tener un funcionamiento defectuoso y sufren el efecto conocido como *blend wall*. Así la realidad coloca a las naciones entre dos frentes bien definidos: uno de naturaleza económico donde los incentivos a la industria para la producción de etanol y por ende una menor dependencia del combustible importado, genera erogaciones del erario público y por otro, los estrictos límites de emisiones.

Así, mientras en Argentina se aplican políticas restrictivas con el uso de bioetanol, en el otro extremo se encuentra los EEUU, que es el primer productor mundial de este componente y donde más del 98% de la gasolina que se vende contiene algún porcentaje de bioetanol, siendo la más común, el E10 para vehículos fabricados antes de 2001 y E15 para los de modelo 2001 o más nuevos. Resulta necesario aclarar que la Environmental Protection Agency define como E15 a la mezcla de gasolina que contiene bioetanol en una proporción que va desde 10,5% hasta 15% y si bien las estaciones de servicio no están obligadas a vender este producto, muchos estados otorgan incentivos económicos a los expendedores lo que mejora la rentabilidad del negocio. En la actualidad hay 30 estados que comercializan el producto y 2.300 estaciones de servicio.

También el bioetanol está disponible en su forma de E85 que, en los EEUU, significa proporciones de entre 51 y 83%, dependiendo de la geografía y la época del año. Este producto es comercializado por 3.900 estaciones en 42 estados.

En el estudio publicado por el National Renewable Energy Laboratory de los EEUU, se analizaron un conjunto de 8 escenarios posibles con proporciones variables entre el 43% y 79% de bioetanol. Una de las conclusiones a que llegó es que con un combustible E40 (40% de bioetanol y 60% de nafta) se obtienen los mayores ahorros y menores emisiones de gases, cuando se lo compara con un E25. En

ninguno de los escenarios propuestos proyectados hasta el 2035, se observa una falta de combustible para movilizar los nuevos vehículos.

Si la Argentina decidiera, como política de estado, la adopción de CAO, debería fijar los plazos a partir de los cuales esta decisión entre en vigencia y así como ya se ha mencionado; empalmar oferta y demanda, vehículos aptos y estaciones de servicio apropiadas.

En primera instancia resulta importante aclarar que la adopción de CAO en el país, la industria de caña de azúcar, por la limitada cantidad de materia prima, la inercia propia de ese tipo de cosecha, no estaría en condiciones de dar una respuesta rápida para abastecer de mayores proporciones de bioetanol en los combustibles. En ese caso la industria procesadora de maíz, por sus características intrínsecas del grano (cosecha anual) deberá reemplazar, por algún tiempo, esa necesidad de abastecimiento.

A esta condición se le suma la estacionalidad de la cosecha de la caña de azúcar que se da durante el segundo semestre del año en el país y queda sometida a una rápida elaboración del jugo de caña debido a los procesos de degradación que el mismo podría sufrir, cuestión ésta que no sufre el grano de maíz que se almacena en silos por largos períodos sin problema alguno.

Ahora bien, desarrollar una producción industrial de bioetanol combustible, requiere el acompañamiento de la industria automotriz para la fabricación y/o adaptación de las unidades existentes a este nuevo marco normativo, los cuales se verían beneficiados por el aumento en la eficiencia del vehículo y menores emisiones.

Cuando se utilizan mezclas de alto octanaje con 25-40% de bioetanol en volumen, la eficiencia se incrementa entre un 5 y 10%, lo cual es suficiente para compensar la menor autonomía de marcha debido a una menor densidad energética del bioetanol.

Con estos niveles de bioetanol, en el futuro las terminales automotrices podrían fabricar motores de mayores rendimientos térmicos, y también se observarían mejoras en la eficiencia a través de una reducción del tamaño y las RPM.

### **E.7. Marco legal para el uso del bioetanol en Argentina**

En el año 2006, se sancionó la Ley 26.093, denominada Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles.

Se trata de una normativa por 15 años a partir de su aprobación, pero que fue necesario emitir dos Decretos para extender su vigencia, el último *sine die*, puesto que no había ningún régimen que la suplantara. La Ley se divide en dos capítulos, el primero: fija el plazo de duración del Régimen y la posibilidad de su extensión, crea las figuras de la Autoridad de Aplicación y la Comisión Nacional Asesora.

Se establece la definición de Biocombustibles, habilitación de plantas productoras, su mezclado con combustibles fósiles y la obligatoriedad de su consumo por organismos del Estado nacional, enfatizando en aquellos que se encuentren dentro de las jurisdicciones de Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, haciendo a los directores o responsables de áreas los encargados del cumplimiento de la ley so pena de recibir las sanciones correspondientes.

La Ley establece como funciones de la Autoridad de Aplicación las de promover y controlar la producción y uso de biocombustibles, establecer las normas de calidad, establecer requisitos para habilitación, aprobación y certificar la puesta en marcha de plantas productoras, establecer los criterios y seleccionar los proyectos que se acojan a los beneficios de la ley, realizar auditorías a los beneficiarios del régimen de promoción a fin de controlar su correcto funcionamiento y aplicar sanciones.

Adicionalmente la Autoridad de Aplicación es la encargada de solicitar con carácter de declaración jurada las estimaciones de demanda de biocombustibles a las empresas que realizan las mezclas, administrar eventuales subsidios que se otorguen, determinar y modificar los porcentajes de participación de los biocombustibles en cortes con gasoil o nafta, determinar las cuotas de distribución de la oferta de biocombustibles, fiscalizar el cumplimiento de la presente ley, determinar la tasa de fiscalización y control que anualmente pagarán los agentes alcanzados por esta ley.

La Ley establece la creación de un registro público de plantas autorizadas para la producción de biocombustibles, de las encargadas de realizar las mezclas y de aquellas alcanzadas por los beneficios impositivos de la presente ley, firmar acuerdos de cooperación con distintos organismos públicos o privados, comunicar a la AFIP y otros organismos competentes, las altas o bajas del presente régimen de promoción, publicar periódicamente los precios de los biocombustibles y publicar los montos recibidos por las empresas beneficiarias del presente régimen.

Durante los primeros tiempos de vigencia de esta ley, la Autoridad de Aplicación tenía a su cargo la parte instrumental del régimen, pero las decisiones políticas, como ser de incremento en el contenido tanto de bioetanol como de biodiesel en los combustibles fósiles partieron del Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios.

En cuanto a la Comisión Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, sus funciones son las de asistir a la Autoridad de Aplicación en el cumplimiento de los decretos reglamentarios de la Ley. Se integra por representantes de todos los organismos del Estado que guarden relación con la materia, energía, agricultura, ambiente y desarrollo sustentable, hacienda, política económica, comercio, industria, pequeña y mediana empresa, ciencia y tecnología, impuestos y los Consejos Federales con competencia en las áreas mencionadas.

En los hechos, dicha Comisión Asesora nunca se constituyó durante el plazo de vigencia de la ley, sino que todas sus funciones fueron ejecutadas por la Autoridad de Aplicación, con las salvedades antes mencionadas.

En el Capítulo II, referido al Régimen de Promoción, se establece quienes son los Sujetos Beneficiarios y las condiciones que estos deben cumplir. A partir de su artículo 15, la ley fija con respecto al Impuesto al Valor Agregado y el Impuesto a las Ganancias, que los beneficios serán acreedores a lo estipulado en la Ley Nº 25.924 y normas complementarias y que los bienes afectados a proyectos aprobados por la Autoridad de Aplicación no integrarán la base imponible del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por Ley Nº 25.063.

También se señala en este capítulo que tanto el biodiesel como el bioetanol de los titulares de proyectos aprobados y que tengan como destino el corte obligatorio, no estarán alcanzados ni por la tasa de Infraestructura Hídrica ni sobre el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas natural establecidos en la Ley Nº 23.966. A continuación, el plexo normativo detalla, a través de una serie de artículos, el conjunto de sanciones e infracciones por el incumplimiento de la Ley.

Como ya se mencionó precedentemente, muchas de las disposiciones no se cumplieron o se hicieron en forma parcial. Lo que se rescata de este antecedente histórico es la sanción y aplicación de una ley de biocombustible en el país cuyo cumplimiento se dio durante sus 15 años de vigencia y que otorgó oportunidad para el establecimiento de una nueva industria e inversiones, desarrolló una capacidad instalada de magnitud que sumando las plantas de biodiesel y bioetanol se alcanzaron los 6 millones de metros cúbicos de producción.

El Decreto 109/2007 en su artículo 2º reglamenta las funciones de la Autoridad de Aplicación establecidas en la Ley 26.093. Esa misma normativa legal establece que la Autoridad de Aplicación de la ley será el Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios de la Nación, a través de la Secretaría de Energía.

La Resolución Secretaría de Energía Nº 1295/2008 determina las especificaciones de calidad que debe cumplir el bioetanol, de conformidad con el Artículo Nº 3, inciso c) del Decreto Nº 109/2007, que se expresan en la siguiente tabla.

TB139: Especificaciones de calidad del bioetanol

Propiedad	Método	Valor
Densidad a 20° c, g/ml, valor máximo	ASTM D-4052	0,7915
Etanol - más C3-C5 %vol, valor mínimo	ASTM D-5501-IRAM 14651	99
Alcoholes superiores C3-C5% vol, valor máximo	ASTM D-5501	2
Metanol, % vol, valor máximo	ASTM D-5501	0,4
Agua, % vol, valor máximo	ASTM E203	0,6
Cobre, mg/kg, valor máximo	ASTM D-1688	0,1
Acidez Total (como Acético) mg/L	ASTM D-1613	30
Azufre, ppm, p/p, valor máximo	ASTM D-5453	10
Sulfatos ppm, p/p, valor máximo	ASTM D 7318/7319/7328	4
Apariencia	Visual	(1)
Conductividad Eléctrica, µS/m, valor máximo	ASTM D-1125	500
Gomas Lavadas mg/l,	valor máximo ASTM D-381	50
Benzoato de Denatonio ppm, Valor mínimo (2)	(Espectofotometría UV)	40

(1) Límpido, sin materiales en suspensión

(2) Sólo se permitirá como desnaturalizante Benzoato de Denatonio para alcohol proveniente de la caña de azúcar.

En varias de las especificaciones existen más de un método para su determinación y esto representa una complicación, ya que, en caso de una discrepancia analítica entre una parte entregadora y otra receptora del producto, será la Autoridad de Aplicación quien deba zanjar la diferencia, pero, ante la existencia de dos métodos de ensayo posibles, las partes pueden no alcanzar un acuerdo acerca de cuál de las dos debe ser aplicada.

Posteriormente se sancionó la Ley N° 26.334, Marco Regulatorio del bioetanol. Las autoridades nacionales se abocaron a la redacción de un nuevo marco normativo que incluyó beneficios impositivos para los nuevos proyectos de inversión del sector sucroalcoholero y que fueron plasmado en la nueva ley N° 26.334 sancionada en el año 2008 y así crear el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol.

El artículo 2° de esta nueva ley, lista quienes pueden acceder a los beneficios promocionales sean estas, empresas, sociedades o individuos, mientras que el resto de los artículos remiten a los postulados de la N° 26.093 que pasó a abarcar tanto biodiesel como bioetanol.

El primer porcentaje mínimo de bioetanol mezclado con naftas fijado por la Secretaría de Energía que actuaba en calidad de Autoridad de Aplicación fue del 5%. Con posterioridad, la Resolución N° 44 de 2014, introduce modificaciones de importancia en los porcentajes de mezcla llevando al 8,5% el mínimo de bioetanol en las naftas, dejando establecido que se incrementa al 9% a partir del 1° de octubre de 2014, a 9,5% a partir del 1° de noviembre de 2014 y del 10% a partir del 1° de diciembre de 2014.

El Decreto del Poder Ejecutivo N° 543 elevó finalmente el porcentaje mínimo de mezcla al 12% a partir del 1° de abril de 2016. La disposición también establecía que el 50% del abastecimiento correría por cuenta de la industria sucroalcoholera y el otro 50% sería abastecido por el bioetanol proveniente de la fermentación del almidón de maíz.

Se ha sancionado la Ley N° 27.640 sobre biocombustibles actualmente en vigencia, teniendo en cuenta la caducidad de la Ley 26.093, denominada Marco Regulatorio de Biocombustibles, el 15 de julio de 2021 que entró en vigencia el 5 de agosto de ese mismo año.

La nueva ley fue reglamentada por el Decreto N° 717/2001, publicado en el Boletín Oficial el 19 de octubre de 2021 que efectuó una reglamentación limitada y delegaba en la Autoridad de Aplicación el dictado de normas aclaratorias necesarias para su puesta en vigencia, que aún no fueron dictadas.

Esta nueva ley no está dirigida a promover y fomentar el desarrollo de los biocombustibles como la N° 26.093, sino que se trata simplemente de un marco regulatorio como el propio nombre de la ley lo indica. El plexo normativo establece la obligatoriedad de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles, con

una serie de disposiciones que dan origen a un mercado regulado, tanto en precio como en volumen y donde se establecen condiciones que deben cumplir tanto las empresas como los biocombustibles.

La ley establece que la elaboración, almacenamiento y comercialización de biocombustibles, como así también la mezcla con combustibles fósiles, deber ser efectuada únicamente por empresas habilitadas por la Secretaría de Energía, caso contrario será considerada una actividad clandestina y que todos los productos deben cumplir con la normativa de calidad emanada por la autoridad competente.

Tal como en la Ley Nº 26.093, las funciones para actuar como Autoridad de Aplicación recayeron en la Secretaría de Energía, por lo que conserva el poder de fijar las especificaciones de calidad de los biocombustibles, regular la producción y comercialización de los mismos. De igual forma esta Ley conserva el espíritu de su predecesora en cuanto a la exención de los Impuestos, que ahora pasaron a denominarse a los Combustibles Líquidos y el Impuesto al Dióxido de Carbono en el porcentual de mezcla que corresponde a los biocombustibles, pero sí serán de aplicación a la parte de fósil.

La normativa legal sienta las bases para la comercialización de combustibles con proporciones de biocombustibles mayores o bien puros, para lo cual conforma un mercado sin regulación, ni de precios ni de volúmenes.

El marco regulatorio aprobado abarca la totalidad de las actividades a saber: elaboración, almacenaje, comercialización y mezcla en todo el país, con una vigencia hasta el 31 de diciembre de 2030, otorgándole al Poder Ejecutivo la potestad de una única extensión por cinco años más.

En cuanto a la distribución de los volúmenes en la mezcla obligatoria, estos corresponden a un 6% para el producto elaborado en base a caña de azúcar y 6% para el bioetanol producido a partir de grano de maíz, pudiendo la Autoridad de Aplicación reducir transitoriamente este porcentaje en caso de que se compruebe una falta de producto o de elevar ese porcentaje, por razones de abastecimiento, balanza comercial, ambientales, técnicas o de promoción de inversiones en economías regionales.

En cuanto al precio del bioetanol al cual deberá ser adquirido por las empresas petroleras, se enunció que su valor debe contemplar los costos de elaboración, transporte y una rentabilidad determinada, aunque no ha fijado fórmula de cálculo alguna. En tal sentido, la Secretaría de Energía continúa aplicando la metodología emanada de la Resolución Nº 852/2021, donde se fijó un valor de referencia para el bioetanol de ambos orígenes, contemplando una actualización mensual que toma la variación porcentual del precio de las naftas en surtidor comercializadas en las estaciones de la empresa petrolera YPF de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En cuanto a la comercialización de bioetanol para autoconsumo o puro o adicionado a las naftas en porcentajes mayores a los establecidos en el corte obligatorio, la ley establece que la Autoridad de Aplicación fijara los requisitos y condiciones bajo las cuales se realice esa operatoria, pero ni el referido Decreto Nº 717/2021 ni la propia Secretaría de Energía ha reglamentado en la materia ni dictado normas complementarias para su puesta en vigencia. En este caso, existiría un libre mercado donde las partes pactarían precios.

## **E.8. Presente y futuro del bioetanol**

Los motores de combustión interna sean los que funcionan con nafta, bioetanol o mezcla de ambos en diferentes porcentajes, como sus pares de ignición por compresión que lo hacen con gasoil o biodiesel, fueron objeto de múltiples mejoras a lo largo de este último siglo, como se señaló en capítulos anteriores, pero el tiempo de vida útil está llegando a su fin y serán reemplazados bien por impulsores menos contaminantes como los eléctricos u otros que funcionen con celdas de hidrógeno, abriéndose así una nueva era para la movilidad.

Lo que está en duda es la velocidad con que se ejecutará este proceso, sobre todo, en el transporte pesado de carga, pero más temprano que tarde ese sector también terminará adoptando las nuevas tecnologías.

No obstante, la dinámica de este cambio, lo que se da por aceptado es que las economías más desarrolladas no van a renunciar a emprender todas las acciones necesarias para la protección del medio ambiente.



Un claro ejemplo de la dirección que toma este vector de transformación puede deducirse de la lectura de la Ley Climática del Parlamento de la Unión Europea que fija una serie de objetivos para lograr neutralidad en los aspectos medioambientales de los países integrantes del bloque e incluye una reducción del 55% en las emisiones de los GEI para el año 2030, utilizando como línea de base los valores tabulados en 1990. Con posterioridad, la Comisión Europea elaboró un conjunto de acciones tendientes a lograr el cumplimiento de esos objetivos, definido como: *Fit for 55*.

El parlamento europeo votó la prohibición de ventas de nuevos vehículos con motores de combustión interna a partir de 2030 que, sumado a los requisitos acordados para emisiones de CO<sub>2</sub>, ciertamente, más exigentes que los actuales y un aumento en el precio de los combustibles líquidos, pronostican el principio del fin en la era del petróleo.

Teniendo en cuenta el cambio a escala global, la Argentina debería aprovechar el potencial que le brinda la actual capacidad instalada en producción de bioetanol o la que podría incorporarse con nuevas inversiones, ya que el producto resulta una promisoriosa plataforma para la fabricación de otras especies químicas con valor agregado, además de combustibles.

La ciencia demuestra que un amplio rango de productos químicos *commodities* puede ser obtenido a través de una catálisis mejorada del bioetanol, reduciendo así la dependencia de los combustibles fósiles que se traduce en menor impacto ambiental originado durante su producción. Adicionalmente a las variables del proceso (como son: temperatura, composición de los reactivos y tiempo de residencia), el catalizador juega un rol fundamental en la conversión del bioetanol, en determinar la selectividad de los productos obtenidos.

Puede plantearse una multiplicidad de posibilidades para transformar el bioetanol, la identificación de los más promisorios derivados desde el punto de vista de la sustentabilidad no es una tarea sencilla. Se presentan seguidamente diversas posibilidades.

- Bioetanol para producir hidrógeno: El proceso de reformado del bioetanol con vapor es un método atractivo para producir H<sub>2</sub>. La reacción entre el bioetanol y el vapor de agua produce CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. El producto resultante puede ser aplicado para la producción de amonio, en la refinería de petróleo durante el craqueo catalítico, soldadura y celdas de combustible. El proceso trabaja con una relación estequiométrica de Vapor: Bioetanol de 10:1 por lo que no resulta necesario deshidratar la materia prima para producir la reacción.

- Bioetanol para producir olefinas: Las olefinas del tipo C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> son una plataforma importante como molécula para la producción de una variedad de productos químicos. Debido a su relación costo/beneficio, el producto ha sido estudiado para la producción de olefinas livianas, como es el caso de la producción de etileno.

El etileno es una materia prima importante en la industria petroquímica y principalmente en la producción de polietileno, que se trata de uno de los plásticos más comunes usados en nuestra vida diaria en packaging; como ser bolsas plásticas, films y botellas. En su forma de óxido de etileno, es usado para la fabricación de compuestos químicos e intermediarios, como: etilenglicol, glicol éteres y productos etoxilados. El etilenglicol es una materia prima en la manufactura de fibras de poliéster y formulaciones de anticongelantes y el policloruro de vinilo (PVC), también un tipo de polímero plástico usado comúnmente para la producción de tuberías y aislantes de cables eléctricos. Al presente, con los aumentos en el precio del petróleo, la ruta catalítica de convertir bioetanol en etileno requiere, cuanto menos, un estudio más detallado para su adopción.

- Bioetanol para producir olefinas C<sub>4</sub>: El isobuteno y el 1,3-butadieno son los principales productos en la conversión de etanol a olefinas C<sub>4</sub> (de 4 átomos de Carbono). El isobuteno es ampliamente utilizado en la fabricación de polímeros como la goma butílica y aditivos de la nafta como el MTBE y el ETBE. Tanto el isobuteno como el 1,3-butadieno se producen vía craqueo de nafta, el cual es un proceso energético intensivo y produce una mezcla de isómeros de C<sub>4</sub>, requiriendo un posterior proceso de separación para obtener isobuteno de alta pureza. Para reducir el consumo de energía y de combustibles fósiles, se utiliza bioetanol.

- Etanol para producir propileno: El propileno es otra plataforma importante dentro de las olefinas livianas, que es ampliamente usada para la producción de plásticos como el polipropileno (usado en films y packaging), acrilonitrilo (usado en resinas poliméricas y goma sintética) y óxido de propileno (como los



polioles, usado en espumas rígidas y flexibles y propilen glicol usado en alimentos y cosméticos). Se hace notar que este producto tiene una tasa de crecimiento en su producción del 4% anual.

- SAF Combustible Sustentable de Aviación. Durante el año 2019, el aporte que hizo la actividad aérea al contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera fue del 2,8% equivalente a 16 Giga toneladas, aunque es reconocido que su contribución al calentamiento global es más que el aporte de CO<sub>2</sub>. El problema se origina por la presencia de compuestos aromáticos en el combustible de aviación (jet fuel) que, por su naturaleza, queman más lentamente causando la emisión de material particulado. Así, el vapor de agua presente en la atmósfera condensa como hielo sobre las partículas quedando atrapadas, con lo cual se genera un efecto de calentamiento.

Una solución sería utilizar jet fuel sin componentes aromáticos pero éstos hacen a las propiedades necesarias de un buen combustible. Otra cuestión sería su reformulación, teniendo siempre presente que el nuevo combustible debe responder a todas las exigencias que se le imponen a ese producto.

Atento a este efecto de contaminación, el Parlamento Europeo adoptó un nuevo *draft* para la Unión Europea que luego debe ser considerado por los Estados Miembro. Siendo el sector de la aviación uno de los más difíciles de descarbonizar, los Miembros del Parlamento Europeo incrementarán la propuesta original de la Comisión Europea estableciendo un mínimo de SAF de 2% para 2025, incrementándose a 37% para 2040 y 85% para 2050. Paralelamente, en los EEUU el programa *Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge* impulsa a incrementar la producción de SAF a 3 billones de galones por año para 2030 y, eventualmente, alcanzar a cubrir toda la demanda del combustible en esa nación para 2050.

EISAF, como jet kerosene sintético, es una solución promisoría para la aviación, ya que su uso requiere solo modificaciones mínimas en equipamiento e infraestructura de almacenaje y distribución. Así, técnicamente, se lo considera un *drop in fuel*. No obstante, el consumo actual de SAF es de menos del 0,1% debido a que sus niveles de producción son bajos y su precio es más del doble que un combustible convencional.

Actualmente el mercado posee una variada serie de patentes para fabricar biocombustibles con destino a la aviación y 7 vías de síntesis procesos aprobados en vuelos internacionales, pero solo dos de ellos, el basado en el tratamiento con hidrógeno de los ácidos grasos separados de triglicéridos provenientes de aceites vegetales o aceites usados (Used cooking oil - UCO por sus siglas en inglés) y el basado en grasas (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids - HEFA por sus siglas en inglés), están comercialmente disponible.

Un proyecto que merece atención es el estudio que llevó adelante el Pacific Northwest National Laboratory - PNNL de los EEUU. Se trata de una vía rápida a través de un proceso catalítico para convertir bioetanol en n-butano y desde ahí en jet fuel. El proceso patentado, está siendo probado a escala por el laboratorio que depende del Departamento de Energía de los EEUU (DOE, por sus siglas en inglés), con la ayuda de la Universidad del Estado de Oregon y la empresa Lanza Tech.

## ANEXO F. ACTAS DE REUNIONES

### ANEXO F.1. Acta de la reunión del 27 de junio de 2022

#### ACTA DE LA REUNION ADAYC-EEAOC

ENTIDADES: ADAYC

EEAOC (Estación Experimental Obispo Colombres) Tucumán, Argentina

ASUNTO: Entrevista con entidades representativas. Instituciones de Investigación y desarrollo. (Project ref. 130090)

FECHA: 2022-06-27, 15:00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

EEAOC Daniel Ploper, Director Técnico EEAOC  
Dora Paz. Departamento Ingeniería EEAOC.  
Jorge Scandaliaris. Consultor externo

ADAYC: Alejandro Gallino (jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 15 Horas.
2. Daniel Ploper (DP) da la bienvenida a los participantes del encuentro. Manifiesta la complacencia de los abordamientos del tema que convocan al encuentro. Señala las innumerables cantidades de trabajos y publicaciones elaboradas por la EEAOC a lo largo de una trayectoria de más de 113. Coincide con la importancia del trabajo que se llevara adelante, ofreciendo la colaboración de la institución.
3. Eduardo León (EL) señala un anterior trabajo conjuntamente con la EEAOC. Solicita si fuera posible, que la información y datos ofrecidos en aquella oportunidad, pudieran estar disponibles nuevamente ahora. Esta información sería la siguiente caña procesada, azúcar producida, cantidad de fibra a Papel Tucumán, cantidad de gas natural consumido, cantidad de energía eléctrica total, y datos de compra o venta de EE. También etanol producido desde melaza o etanol directo. Estos datos permitirán evaluar el desempeño y el rendimiento de una industria típica media.
4. Jorge Scandaliaris. (JS) destaca la importancia del abordamiento del trabajo que permita fortalecer a la agroindustria al colaborar en el armado de una hoja de ruta. Es también un aporte para la propia Institución de la EEAOC, en el rol hacia el futuro.
5. Miguel Ullivarri, (MU) A partir que existe la expresa manifestación por parte de la agroindustria en ser oferentes de un volumen mayor de bioetanol que el actual, consulta cual será la estrategia de crecimiento en producción de caña que permitan contar con la materia prima para la mayor oferta de bioetanol. Ese crecimiento, acriterio de la EEAOC será de crecimiento vertical o por expansión territorial.
6. JS. Señala que ambos caminos será los que se abordarían a futuro. Argentina esta vista como una región con posibilidades de expansión. Las 280000 has pueden incrementarse significativamente. Si se generan mejoras del mercado del azúcar y del bioetanol y si hay certidumbre y previsibilidad, Tucumán y el norte estarían en condiciones de aprovechar las 2 vías. INTA hizo un estudio en el 2009 donde se podrían crecer hasta 2.000.000 has. A una cifra más realista serian la posibilidad de

duplicar o triplicar la producción. Se podrían dar el salto de generación energía eléctrica creciendo en la oferta a la red nacional. Hoy las has bajo producción total rondan las 380.000 a 400.000 has. Con seguridad y normativas donde una inversión pueda tener una proyección de recuperación de 10 años, las posibilidades de inversión se verían favorecidas. Ese nivel de fuese inversión permitiría el salto de mejora en crecimiento vertical.

Los precios de la EE y el alcohol, si tienen una política clara de precios que dé certidumbre a la actividad, generará un impacto sobre las áreas de baja y media producción que será el escenario de crecimiento vertical. El crecimiento generara además un nivel de empleo que demandaría bajo nivel de inversión para la generación de trabajo genuino.

Todo lo señalado precedentemente, colaboraría en la descarbonización de la matriz energética y la mejora del empleo, donde la región de NOA muestra índice preocupante en gran parte del tejido social.

7. E. L. ¿Cuál es la tasa de empleo de la actividad directo e indirecto?
8. J.S. La información está disponible en publicaciones de la EEAOC y en las estadísticas del CAA (Centro azucarero Argentino)
9. E.L. Cuanto de la caña de cosecha a mano y cuanta con máquina.
10. J.S. La máquina se impuso, pero los predios agrícolas son demandantes de mano de obra.
11. M.U. La eficiencia industrial expresada en la recuperación de azúcar % caña, muestra un estacionamiento a lo largo de los años, con reducidas variaciones estacionales. Cuál es la respuesta que se tendría para que este aspecto muestre mejoras, en equivalencia al solido trabajo que la EEAOC viene realizando desde hace años.
12. J.S. Las crisis económicas afectaron la producción. Los productores ubicados en el segmento de baja producción contribuyen a esa baja eficiencia. La EEAOC entiende que, en un escenario productivo normal y rentabilidad de la actividad, esperar producción de 10 toneladas de azúcar por ha. es posible. Esto a partir de una producción de 85 TCH con un rendimiento de 11,5%. Esto es un año sin contingencias climáticas desfavorables.
13. M.U. Cual es a criterio de la EEAOC el aspecto de mayor contribución que podrían ofrecer las variedades transgénicas:
  - Mayor productividad en TCH o en TAZHa
  - Control de plagas y enfermedades.
  - Resistencias a Herbicidas (Tipo resistente a round Up).
14. J.S. los eventos transgénicos que se han logrado obtener no tienen distribución comercial ya que existen condicionantes de tipo comercial y resistencias a la liberación de estos logros tecnológicos. Una contradicción se observa en la remolacha azucarera que se produce a partir de material vegetativo transgénico, produciendo idéntico producto final que la caña de azúcar. El ejemplo del trigo y su aprobación en EEUU muestra un grado de apertura que algún momento llegara a la caña de azúcar.
15. D.P. Es importante señalar que la biotecnología brinda otras alternativas que la EEAOC la esté llevando a cabo en sus programas de investigación y desarrollo. Uno de estos es la de marcadores moleculares aplicado en los programas de mejoramiento varietales. También el proceso de Edición Génica que permite obtener materiales que no presentan las restricciones ni son objetados como las variedades transgénicas con la inserción de un gen directo que le brinda determinada característica deseada. El control de broca (*diatraea saccharalis*) también es un desarrollo que podría ver la luz a nivel comercial dentro de no mucho tiempo
16. J.S. Brasil, que también ha avanzado en este mismo camino, será quien logre imponer futuras condiciones que permitan que las variedades genéticamente modificadas sean parte del modelo productivo mundial. Cuando esto ocurra, es muy importante estar preparado y con la tecnología y técnicos que lleven adelante los proyectos que hoy no pueden ser liberados.  
El gen resistente a sequía sería una contribución a la extensión de la frontera agrícola que hoy muestra limitaciones para el desarrollo de la caña de azúcar.
17. E.L. Sobre el RAC, cual el porcentaje del total que se levanta de un campo y como es el proceso de recolección.
18. Dora Paz (DP). El proceso de recolección es de aproximadamente del 50%. Se deja secar a campo hasta alcanzar tenores de humedad del 20% o menos. Se hilera y se levanta con equipos

- enfardadores obteniendo fardos prismáticos. Se lleva a Industria. Se le sacan los hilos y se procede a triturar.
19. Vítor Ribeiro (VR) Consulto si se realizaron procesos de gasificación a escala comercial.
  20. E.L. El RAC que se procesa en Tabacal y Ledesma se quema en calderas, no se gasifica. Para gasificar, por un problema de alto volumen y baja densidad, los equipos que resultan son de gran tamaño y no son rentables.
  21. V.R. Consulta si hay otras alternativas distintas a la gasificación que puedan ser mencionadas como opciones.
  22. E.L. En EEUU existe una desarrolladas a partir de cascarilla de cereales con el fin de producir bioetanol de segunda generación. Esa fábrica no avanza en su producción y actualmente se encuentra cerrada.
  23. V.R. Consulta sobre el proceso de digestión anaeróbica y si ese proceso está desarrollado comercialmente en Argentina.
  24. E.L. No hay desarrollos en Argentina, salvo una planta en Córdoba que se monto para el tratamiento de residuos de maíz. Fue desarrollada por una semillera para dar destino a las mazorcas de maíz que representaba un enorme pasivo ambiental tiempo atrás. Hoy es un activo energético.
  25. D.P. La situación de la cogeneración con el objeto de realizar venta de energía a la red pública, solo 3 Ingenios operan bajo ese marco. Florida, Providencia y Santa Bárbara. El sistema energético de los ingenios en los últimos años fue migrando a la incorporación de caldera de media presión, muchos más eficientes que las antiguas calderas de baja de 12 bar con eficiencias pobres. Solo Florida ha incorporado caldera de alta pero no cuenta con el turbo para que opera a plena capacidad. Para realizar los cambios tecnológicos, las inversiones son millonarias, a lo que debe además incluir el turbo generador junto con la caldera, ya sea para operar a condensación o contrapresión. Un precio de energía de los valores que se perciben en la actualidad no estimula avanzar en estas mejoras.
  26. Un caso es el del Ingenio Santa Bárbara que alcanzo a comprar la caldera, pero no pudo concretar la compra del turbo con el monto del crédito otorgado. El proyecto de secado de bagazo que estaba entre las contribuciones al proyecto de generación de energía con alta eficiencia no pudo concretarse.
  27. E.L. Señala que las licitaciones de renovar I y Renovar II ofrecían valores de pago de energía muy competitivos para nuevos proyectos y solo Tabacal se presentó a la licitación en aquel momento.
  28. E.L. Estudios realizados en algunos ingenios de Tucumán hace años, permitieron identificar que el 25% de la energía Térmica se generaba a partir de gas. Esa sin dudas debería ser un aliciente a la búsqueda de calderas de media presión y no de baja y avanzar en los cambios tecnológicos. Cuál sería la situación actual, respecto a lo visto hacer algunos años.
  29. D.P. Analizando la situación de los distintos Ingenios, hay diferencias entre ellos y lo que es importante destacar es la mejora de eficiencias respecto a años anteriores en muchos de los ingenios. Valores de 50 a 55% de vapor % caña, algunos actualmente alcanzan valores de 37%, lo que muestra una tendencia de cambio de mayor eficiencia.
  30. Un problema a señalar es que en Tucumán aún no se han instalado tachos continuos de cocimiento, con la ventaja que acarrearía esta innovación ya desarrollada de manera extendida en otras industrias azucareras del país y del exterior.
  31. V.R. Porque se levante solo el 50% del RAC
  32. J.S. Recoger solo el 50% está relacionado a la necesidad de mantener cobertura de campo que permita conservar humedad. También, si se desea levantar mayor volumen, la tierra y los componentes inorgánicos que aportarían al RAC no sería beneficiosos al momento de su uso en caldera. Solo en el momento de renovación, una 50.000 has anuales para el caso de Tucumán, estarían disponibles para ser levantadas casi completamente, evitando el agregado de suelo en el momento del hilerar y recolectar.
  33. Habiendo transcurrido el tiempo establecido para la reunión, se concluye la misma con el acuerdo de organizar una nueva convocatoria para el análisis de los temas de bioetanol y vinaza. La fecha será dentro de la semana próxima no más allá del miércoles 6 de Julio.

## ANEXO F.2. Acta de la reunión del 01 de julio de 2022

### ACTA DE LA REUNION ADAYC-BULACIO ARGENTI

ENTIDADES: ADAYC  
BULACIO ARGENTI S.A.

ASUNTO: Entrevista con Productor Agropecuario de Caña de Azúcar

FECHA: 2022-07-01, 09:00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

BULACIO ARGENTI Santiago Moyano Paz. Gerente de Producción

ADAYC: Alejandro Gallino (Jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 09 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para le elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar, puede ofrecer como proveedora de bioenergía.
3. Santiago Moyano (S.M.) describe resumidamente la estructura productiva de Bulacio Argenti, señalando que en la actualidad son 3000 has con caña de azúcar bajo producción.
4. Miguel Ullivarri (MU) frente una expectativa de mayor producción de bioetanol y por ende mayor producción de caña, cuál es la estrategia futura de Bulacio Argenti.
5. (S.M.) La firma tiene la estrategia de crecer. Primero ser productores eficientes, resolviendo los problemas y dificultades técnicas y después crecer en expansión. Se iniciaron con 1000 has y actualmente son 3000 has las que están bajo producción.
6. Eduardo León (E.L.) Consulta cual es el nivel de producción actual de TCH de Bulacio Argenti
7. (S.M.) En la zafra pasada lograron una producción promedio de 82 TCH. En esta zafra, con un año con alto déficit hídrico, la producción promedio está estimada en 71 TCH. Estos valores superan ampliamente las 56 TCH promedio de Tucumán. Para alcanzar estos valores trabajaron en mejoras en los procesos de producción antes de pensar en expandirse. Los objetivos actuales están focalizados en bajar costos. Una estrategia es crecer sin aumentar estructura.

#### Riego.

8. (M.U.) Actualmente el alto costo de la energía eleva los costos de riego presurizado a valores no competitivos. ¿Cómo resuelve este problema la empresa?
9. (S.M.) Se aplican 50 mm por ha con efluente en cada ciclo y luego, al terminar los riegos con efluentes, se aplican otra ronda de riego con agua clara. Los costos de EE son altos. En el caso particular de Bulacio Argenti, el riego con efluentes es asignados a la producción de pectinas y lo paga ese negocio. El riego con efluentes es un servicio que la empresa Bulacio Argenti le realiza a Argentilemon y el costo de la energía es asumido por el sector citrícola.  
El diseño del sistema de riego es presurizado. El efluente de lavado de cascara se deriva a 4 tanques australianos, desde allí se bombea a través de 25 kilómetros de cañerías enterradas a 1 metro de profundidad. Estos derivan a 70 válvulas de conexión a equipos de riego presurizado. Este sistema garantiza una lámina exacta de 50 mm. Después de la aplicación de todo el caudal de efluente, se realiza un segundo riego con agua clara. El agua es aportada por 3 pozos profundos que la empresa ha desarrollado para tener caudal de riego para 1500 has de caña.

#### Semillero.

10. Bulacio Argenti cuenta con 2 semilleros registrados, cuyo material proviene de semilleros básicos que produce las EEAOC. El año próximo serán productores de semilleros básicos en las instalaciones de Bulacio Argenti.

Estos semilleros registrados, cuyas primeras etapas provienen de material micropropagado, garantiza, entre otras ventajas, una eliminación o mínima incidencia de RSD (Ratoon Stunting Disease), también llamada achaparramiento de las cañas socas. Es una enfermedad silenciosa sin manifestaciones fenotípicas fácilmente identificables pero que genera pérdidas significativas en la producción de caña. Para evitar su diseminación a partir de las máquinas de cosecha, Bulacio Argenti diseñó un sistema automatizado de limpieza con amonio cuaternario.

Esta práctica preventiva, permite que en edades de soca de 5 o 6 años no se presenten infestación a niveles que afecten la producción de caña. Ninguna variedad supera el 25% de participación. Se han cedido recientemente 10 has para que la EEAOC instale semilleros para asistir a productores de la zona.

#### Modelo de renovación

11. (M.U.) ¿Porque se realiza un cultivo intercalar si al realizar esta práctica, se pierde un año de zafra?
12. (S.M.) Siempre entre renovación y renovación, se desarrolla un cultivo intercalar de una leguminosa. Se pierde una zafra, pero se gana productividad a lo largo del siguiente ciclo. Entre las ventajas está la de no tener que fertilizar la caña planta y reducción de dosis en los sucesivos ciclos de cultivo. Gracias a esta práctica, desde el 2006 solo se aplica media dosis de fertilizantes. Se suma a ello la muy baja presión de malezas no solo en caña planta sino también en socas sucesivas. Un cultivar sin malezas desde el inicio, lleva a un mínimo uso de herbicida con la consiguiente reducción de insumos de origen inorgánico. Todo esto impacta en la reducción de la huella de carbono. Las cañas plantas que provienen de campos con leguminosa intercalar, alcanzan producciones iguales o mayores a 90 TCH.

#### Uso de Compost

13. (M.U.) ¿Tienen experiencia en el uso del compost?
14. (S.M.) Hemos utilizado compost elaborado con residuos de la producción cítricola, a los que se adicionaron material extraídos de los corrales de Feed Lot que la empresa ganadera posee. No se ha realizado un seguimiento detallado de sus resultados, pero evaluaciones simples muestran buenos niveles de producción. Es próximas campañas llevaremos un registro de resultados detallado de esta práctica. Si el secadero de cascara, por cuestiones de mercado se paralizara, se destinarían 100 has para disponer los excedentes de esta e incorporarlos como compost a los campos de producción de caña.
15. (M.U.) ¿Tienen experiencia en el uso de vinaza en los campos de caña?
16. (S.M.) No se aplicó vinaza en los campos de caña. Es una experiencia que podría ser evaluada en el futuro.

#### Residuo Agrícola de cosecha (RAC)

17. (E.L.) Información de la EEAOC señala que, entre las estrategias para generación de energía, se puede retirar el 50% del total del RAC depositados en campo, durante la cosecha. ¿Cómo ven esta propuesta técnica para los campos de caña de la empresa?
18. (S.M.) Desde el 98 se deja el mulchin. En los 6 primeros años se detectó un incremento del 1% en el tenor de materia orgánica en el perfil.

Esa es la razón por la que solo en el periodo de renovación, el plan es retirar todo el RAC posible. No así cada año un determinado porcentaje. Eso no implica no tener bajo estudios alternativas de retiro de RAC.

Esta opción si se la considera como viable a realizar es solo en campos donde el riesgo de quema por manos anónimas puede poner en riesgo la producción. Si un campo, con un desarrollo de cañas de 2 o 3 meses de crecimiento, es quemado, las perdidas serían cuantiosas. Bajo estas circunstancias, el retiro si formaría parte de la estrategia de manejo del RAC.

El RAC genera un gradiente de temperatura menor y atrasa la brotación en las primeras semanas. Al final del ciclo estas diferencias son a favor del residuo. La idea es analizar esta posibilidad desde el punto de vista agrícola y económico. Como Gerente de producción percibo que en el futuro el RAC tendrá derivaciones como fuente de bio energía.

#### Cosecha

19. (S.M.) La empresa cuenta con 5 máquinas cosechadoras de caña. 4 están destinadas a cosecha y una solo al corte de semilla para plantación mecánica. El cupo de caña a cosechar diariamente es de 4000 Toneladas. Para cumplir con dicho total, un ingenio aporta 2 máquinas de apoyo durante los primeros meses. Este servicio es devuelto con servicios prestado con máquinas propias en otros campos durante el resto de la zafra.



Se deriva caña a 5 ingenios y el periodo de zafra es desde el arranque, asistiendo a los Ingenios con la materia prima para molienda. Este periodo inicial es crítico para la Industria, ya que los productores no acompañan generalmente al Ingenio por los bajos rendimientos sacarinos de la caña al inicio.

Este aporte en periodos tempranos, le permite a Bulacio Argenti acordar un modelo de contrato que ambas partes se benefician.

La trazabilidad de la caña desde el campo hasta Ingenio es integral y opera en tiempo real, bajo un modelo digitalizado.

Toda la caña se pesa en basculas de la Empresa, pero el tonelaje que se asigna como caña entregada en el que registra la balanza del Ingenio. Cuidan la calidad de caña cosechada.

#### Transporte de caña

20. El transporte de caña impacta en los costos en valores equivalente entre 10 y 12 kilos de azúcar por Tonelada de caña transportada, dependiendo la distancia a Ingenio. Toda la cosecha desde los campos es retirada con carros de auto vuelco, lo que evita el ingreso de los camiones a los cercos de caña y la posible compactación que estos pueden generar.

Un factor importante es también evitar las pérdidas de caña al momento de cosecha directamente a equipos de transporte. Una pérdida invisibilizada por causas de sobre carga o desfasaje con el avance de la maquina cosechadora. Las cajas de los equipos de caña a causa de malos cierres generan una pérdida no menor, Esto se observa en las vías de circulación hacia Ingenio.

21. (M.U.) ¿Qué cambios deberían ser implementados para evitar estas pérdidas?

22. (S.M.) Las cajas de vuelco superior sin compuertas laterales serian la solución definitiva. El cambio en el diseño de los equipos debería ser implementado por los transportistas, conjuntamente con el Ingenio.

#### Plantación.

23. Plantar 700 surcos por día a mano hoy sería un gran problema. No hay mano de obra disponible ya que el periodo de plantación coincide con el periodo de cosecha manual de limones en Tucumán. El gran crecimiento de la producción de limones absorbe una gran cantidad de mano de obra.

La incorporación de la plantación mecánica permite tener una capacidad de plantación de 700 surcos por día con 7 personas Para una plantación equivalente a mano se requerirían 70 jornales por día. Una disponibilidad que hoy no está. La estructura del equipo de plantación es una maquina cosechadora de semilla, 3 tractores que transportan la caña, 2 máquinas plantadoras. Los operarios son 6 en total, al que se suma un supervisor de control.

24. En la empresa, incluyendo todas las áreas operativas, talleres, depósitos y personal administrativo, ocupan 70 personas en total.

25. Asisten a escuelas de la zona como también acciones de responsabilidad social, asistiendo a personal de la empresa para la construcción de sus viviendas.

### **ANEXO F.3. Acta de la reunión del 6 de julio de 2022**

#### **ACTA DE LA REUNION ADAYC - LEDESMA SAAI**

ENTIDADES:           ADAYC  
                          LEDESMA S.A.

ASUNTO: Entrevista con referentes de EMPRESA AZUCARERA LEDESMA SAAI

FECHA: 2022-07-01, 09:00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

LEDESMA SAAI           Humberto Sola: Director de la Dirección Innovación, Medio Ambiente y Energía  
                          Fernando Del Pino. Gerente de Campo.

ADAYC:                 Alejandro Gallino (Jefe de equipo)  
                          Vítor Ribeiro  
                          Eduardo León  
                          Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 17 Horas.
2. Alejandro Gallino (AG) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para la elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar puede ofrecer como proveedora de bioenergía.

#### Incremento de producción

3. Miguel Ullivarri (MU) Algunos referentes de la actividad azucarera señalan que la oferta de bioetanol a partir de caña de azúcar puede crecer. ¿Cuál es la opinión de Ledesma sobre este plan de crecimiento?
4. Fernando Del Pino (FDP) El bioetanol permitió la diversificación de la producción y permitió equilibrar la oferta y la demanda. Si se desea crecer, hay 2 aspectos que definen esto. Por un lado, el precio de la caña y el bioetanol y por otro las cuestiones climáticas. En el caso del maíz, la oferta de materia prima es muy superior y no tendría dificultades para incrementar los volúmenes. La caña de azúcar no tiene estos excedentes.

Lo Observado en los 2 últimos años, se presentaron algunas dificultades para que los productores produjeran los volúmenes de producción comprometidos. Este problema tiene su origen, por una parte, por el bajo precio del bioetanol y por otra, un mejor precio de del azúcar. Se sumó a ello cuestiones climáticas con elevado déficit hídricos que generaron mermas de producción entre un 15 a un 20% por debajo de años normales.

Tampoco se observa posibilidades de extender mucho la frontera cañera. El incremento que se visualiza es más por crecimiento vertical que por expansión territorial. Para ello, la incorporación de tecnología es la herramienta para dicho crecimiento. En la región de Salta y Jujuy el cultivo de la caña se realiza bajo riego, el cual es complementario a los milímetros aportado por las lluvias. Un año de baja pluviometría, el riego no alcanza para cubrir este déficit, sobre todo porque gran parte del mismo se realizar por gravedad.

#### Incorporación Tecnológica

5. (M.U) La aplicación de tecnología, analizando riego, control de malezas, fertilización y eventualmente biotecnología. ¿Qué opinión tienen sobre cada una de ellas y su incidencia en el incremento productivo?
6. (FDP) De las distintas alternativas, entendemos que el riego es el de mayor contribución. Actualmente con una firma Australiana estamos desarrollando e implementando un proyecto de compuertas automáticas que permite regular caudales en función de la demanda. Otro lineamiento respecto a riego es el de mejorar la eficiencia de aplicación. Un gran porcentaje de las áreas bajo cultivo se

realiza por gravedad. Ir incorporando distintas tecnologías de riego presurizado permitirá ganar eficiencias de aplicación y mejores rendimientos de caña por ha. Existen áreas de producción a secano, pero en años como los 2 anteriores, las producciones son muy bajas y poco rentables.

7. Eduardo León. (EL) ¿Cuáles son los resultados logrados en riego por goteo?
8. (FDP) El riego por goteo, técnicamente es muy bueno pero el costo de instalación ronda los 4000 a 5000 dólares por ha. A ello se suma el costo de la energía aplicada para el bombeo del agua y la presurización del sistema. Hoy a pesar de las mejores producciones, del orden de 95 TCH como promedio, el costo es mayor que los otros sistemas de irrigación.
9. Alejandro Gallino (AG). Respecto a riego por pivot, ¿cuáles son los resultados?
10. (FDP). Ledesma cuenta con todas las tecnologías de riego, pivot goteo, aspersión etc. Particularmente el goteo es analizado año a año y los análisis de rentabilidad no son positivos. Lo mismo observamos en sistemas de riego pivot y avance frontal.
11. (AG) ¿Qué porcentaje de has están bajo riego en Ledesma?
12. (FDP) el 95% de las 42000 has con caña están bajo riego. El sector a secano, en un año de alto déficit como los 2 anteriores, el 30% se perdió y no se pudo cosechar. Respecto a la biotecnología, Ledesma entiende que se logrará un incremento de producción y si se liberan variedades resistentes a herbicidas habrá un fuerte impacto en la reducción de agroquímicos y una menor competencia de malezas que en la actualidad.  
Los análisis del resultado de cañas transgénicas muestran una mayor renta por menores costos que por aumento de producción. Esto ocurre con caña transformadas que pueden ser aplicadas con herbicidas sin verse afectadas.

#### Cosecha

13. (MU) Ledesma adopto a la cosecha mecanizada como único sistema de cosecha. ¿Cuál es el objetivo del % de cosecha en verde?
14. (FDP) El objetivo es el 100 %. Actualmente se queman algunos predios alejados del ingenio donde el costo del transporte es de alta incidencia. Todo se hace bajo estrictas normas de control y autorizaciones de la autoridad de aplicación.

#### RAC

15. (MU) ¿Qué porcentaje de las superficies totales con caña, el RAC es levantado y derivado a industria?
16. (FDP). De las 42000 has bajo cultivo, se estima que el 50% están disponibles para levantar el RAC.
17. Humberto Sola (HS): Por ha se levantan 5 toneladas de RAC. El total de toneladas que se desea procesar en el ciclo anualizado es alrededor de 100.000 toneladas.
18. (EL) ¿Con que humedad del RAC se procede con la recolección?
19. (HS). La humedad al momento de recolección ronda los 22 a 25%.
20. (MU) Que porcentaje del total se procesa en zafra y cuanto en interzafra.
21. (HS). Los 2 últimos años, el negocio Papel estuvo afectado por una menor demanda a causa de la pandemia, lo que generó que el sistema energético contara con un volumen de bagazo superior a años anteriores. Esto impidió procesar RAC durante zafra y solo se aportó en los meses de interzafra. Solo se procesaron 50.000 toneladas. En la campaña 22-23 se estima que 40.000 toneladas serán procesadas en zafra y el resto, una 60.000 en interzafra. La distancia promedio de donde se colecta el RAC es de aproximadamente 25 kilómetros.

El RAC que se estoquea, para ser procesado, debe ser tapado para evitar que lluvia lo humecte y reduzca la calidad del mismo. Al cubrirlo se mantiene un poder calorífico del orden de 2800 a 3000 kilos calorías por kilo.

Otro proceso importante es la depuración y separación de componentes inorgánicos al pasar el material combustible por un tamiz rotativo. El RAC procesado derivado a calderas tiene un promedio de 6 a 7% de cenizas.

En periodo de receso se quema 100% RAC sin bagazo adicional con muy buen comportamiento energético y sin afectación a los componentes de las calderas.

(MU) El proceso de incorporación de RAC a calderas. ¿Cuántas personas se incorporaron para la puesta en marcha?

(HS) El sector Industrial cuanta con 40 personas para el procesamiento del RAC. En interzafra se reduce un poco al cesar el proceso estoqueo y almacenamiento en campo.

Las personas involucradas en la recolección en campo, en 2 frentes operados como servicio contratado totalizarían 30 personas por frente, incluido los servicios de transporte.

Sumando la ocupación en el sector industrial y el del sector agrícola, 100 nuevos puestos de trabajo se generaron a partir de la producción de bioenergía de caña de azúcar. Concluida la recolección al finalizar la zafra, este total se reduce sensiblemente al no haber recolección ni estoqueo.

(MU) ¿Ledesma analizo y estudio distintos procesos de separación de RAC en campo o al ingreso a Fabrica?

(FDP) Se evaluaron distintas alternativas. Una de ellas es cosechar la caña en bruto sin accionar el sistema de limpieza u operando este a bajo régimen. A muy poca distancia de la cosecha, se instala un equipo especialmente diseñado para separar el RAC de la caña, la que una vez limpia es cargada directamente a camiones. El RAC separado es simultáneamente enfardado. La ventaja es que, al no ser recolectado desde el suelo, el contenido de componentes inorgánicos en bajo pero el tenor de humedad es alto al ser una recolección simultánea con la cosecha.

Estos fardos no pueden ser estoqueados por mucho tiempo a causa de la elevada humedad. La humedad del RAC disminuye con el avance de la zafra. Otra opción, que en Australia se implementó comercialmente, fue la de destinar el RAC como alimento para ganado.

Otra desventaja del proceso de separación en campo es que la energía necesaria es aportada por motores de combustión y no energía eléctrica de la propia Industria.

Las ventajas son un transporte con menor trash y menor costo final por tonelada de caña neta pero un plus costo por el uso de energía de origen fósil en el proceso. Este proceso no fue replicado ni extendido comercialmente a escalas mayores según se pudo evaluar.

Brasil, líder en la agroindustria, mantiene la típica recolección de RAC, recolectándolo después de un periodo de secado natural a campo, post cosecha.

(HS) Es importante destacar que para procesar los volúmenes y las toneladas de RAC, se requieren grandes instalaciones de gran volumen que ocupan un importante espacio en el predio Industrial.

(MU) Un análisis simplificado a partir de 3000 kilos/calorías por kilo y 5 toneladas por ha, se podría estimar que de dicha superficie se obtendría 15000 kilos/caloría potencial, que finalmente serian menos al aplicar las eficiencias de las calderas y reducción másica por la depuración, previo al ingreso a calderas.

### Energía renovable

(MU). ¿Qué porcentaje de energía proviene de fuentes renovable en la actualidad y cuales fue el escenario de consumo de gas en los últimos ejercicios, al crecer en el uso de energía de fuentes no fósiles?

(HS) El porcentaje de energía renovable de Ledesma ronda alrededor del 50%. Respecto al consumo de gas, tiempo atrás Ledesma consumía anualmente 160 millones de m<sup>3</sup> de gas. En la actualidad ese volumen se redujo a 130 millones de m<sup>3</sup>.

Estas reducciones se lograron, eficientizando el consumo de gas en calderas bagaceras, con casi nulo consumo a lo largo del año. La Caldera 6, de última generación, el consumo de gas fue 0.

Alejandro Gallino (AG) ¿Ledesma se presentó en la última cita de renovar?

(HS). Si. Ledesma evaluó presentarse con un proyecto de revamping de la caldera 6 pero el requerimiento era que todo el equipamiento fuera nuevo, lo que impidió avanzar con la convocatoria. El proyecto contemplaba adquirir un nuevo turbo generador llevando la caldera a pleno funcionamiento a 65 ata.

Recientemente se hizo una nueva convocatoria que invitaba a presentar proyectos de generación de energía renovable a la que Ledesma se presentará.

(EL) ¿Qué cantidad de kilos de vapor por tonelada de caña logra obtener Ledesma?

(HS) La relación es 34% de vapor por ciento caña. O sea 340 kilos de vapor por toneladas de caña. Al arranque puede ser algo mayor y al ingresar papel con el evaporador dúplex, la eficiencia crece significativamente. La información distribución por proceso será aportada en breve. También el consumo de energías eléctrica será informado en breve

### Vinaza

(MU) ¿Cuál es la producción de vinaza por litro de alcohol?

(HS) Actualmente la relación es de (8:1) lo que implica una significativa reducción de efluente respecto a años anteriores. El bioetanol es producido a partir de malezas, estimándose que 40.000 m<sup>3</sup> provienen de la destilación de este excedente. El resto, hasta alcanzar un volumen anual de 90.000 m<sup>3</sup> proviene de jugo directo.

La destilación de alcohol en interzafra es a partir de melaza, mixturando con mieles de retorno de refinería.

(MU) ¿Cómo se administra la vinaza en campo?

(FDP) Durante el periodo de zafra, la vinaza se deriva a campo, junto con la cachaza y agua clara del proceso industrial. Se distribuye a lo largo de una extensa red de canales del sector agrícola. También se aplica vinaza pura con equipos ROLAPI, típicamente llamado de carreteles, aplicando un volumen

de vinaza controlada con un milimetraje promedio de 15 mm por ha. Esto equivale a 150.000 m<sup>3</sup> de vinaza por ha. También, vía camiones, se aplican en sectores deficitarios de potasio.

Ledesma cuenta con piletones de evaporación de mínima profundidad, que permite que una vez evaporada la vinaza, se recoge el excedente sólido rico en potasio.

22. (HS) En 2019, desde la Secretaría de Ambiente de Nación se solicitó a las empresas productoras de alcohol que elaboraran un plan de gestión de vinaza que debía ser primeramente rubricado por Ministerio de Medio Ambiente de Jujuy y posteriormente ser elevado a Nación. Ledesma cumplió con todos los requisitos que incluía un plan de mejora, entre las que se encontraba la de reducir las has con lagunas de evaporación, plan que Ledesma lleva adelante según lo acordado.
23. (EL) Ante un aumento de la producción de bioetanol, cual son las posibles alternativas de tratamiento. ¿Biodigestión o combustión en caldera?
24. (HS) La biodigestión no resuelve el problema de manera integral, pero reduce significativamente la carga orgánica del efluente. El digestado saliente mantiene sus cualidades nutricionales. Ledesma estuvo a las puertas de presentar un proyecto de biodigestión, pero al no haber certidumbre en el marco legal y la continuidad del plan de bioetanol, no llegó a presentarlo.  
La otra alternativa es la combustión de vinaza en caldera, donde el balance energético positivo es mínimo, pero se administra la vinaza de manera integral. Para Ledesma se suma la dificultad por el aporte adicional de bagazo. Este aporte equivalente a un 30% del requerimiento energético de la caldera. El bagazo para Ledesma es equivalente a valor gas. Es un faltante importante al tener incorporado el proceso papelerero dentro del complejo. No se visualiza como una alternativa posible en el corto plazo.  
PRAJ, empresa de nivel mundial desarrollo tanto equipos de combustión como biodigestores.

#### Gestión de residuos

25. MU ¿Cómo es en Ledesma la gestión de residuos Líquidos y sólidos?
26. (HS) En Ledesma todos los excedentes se administran en un predio donde se clasifica todos los materiales, vendiéndose posteriormente a distintas empresas que los comercializan. Los elementos contaminados con hidrocarburo se derivan a una planta cementera generando energía para dicha empresa.
27. Sin duda un proceso de eficiencia y de economía circular que genera recursos para solventar toda la estructura. Esta está compuesta por aproximadamente 30 personas ocupadas de manera directa e indirecta, máquina y equipos de transporte, de enfardado y de trituración. También incluye el pago a empresa cementera por el tratamiento de los residuos contaminados. El balance final es positivo generando utilidades. Otro muy interesante ejemplo de economía circular fue el de disponer la cascara proveniente de la industria citrícola para ser enviada a un productor ganadero que la incorpora a la dieta de sus rodeos.

#### Temas varios

28. (MU) ¿Cuentan con información de composición de la vinaza a partir de melaza y de jugo como también de la cachaza?
29. (HS) Ledesma cuenta con dicha información y será aportada en próximos días.
30. (EL) ¿Cuál es la producción de TCH de Ledesma en última zafra?
31. (FDP) El valor de presupuesto es 78 TCH con 12,20% de pol en caña con rendimiento fabril de 10,00 a 10,20%.
32. (MU) ¿Cuál es el porcentaje de caña propia y cuál es el aporte de cañeros independientes?
33. (FDP) El 15% es aporte de caña de proveedores externos. El porcentaje varía según el nivel de producción de la caña propia de Ledesma año a año. La extensión de la producción a sector a secano genera una reducción de TCH promedio por el muy bajo nivel de producción de dichas áreas.
34. (MU) ¿Qué porcentaje de la caña se traslada por caminos internos y cuánta por rutas provinciales?
35. (FDP) Más del 90% de la caña se transporta por caminos internos, generando una importante ventaja competitiva. Esto sin dudas está sostenido por una inversión anual en mantenimiento de esos 600 kilómetros de rutas internas que también representan un elevado costo.
36. (MU) ¿Ledesma analiza la recuperación de CO<sub>2</sub> del proceso de fermentación de alcohol?
37. (FDP) Es un proyecto oportunamente analizado, pero en la actualidad no hay planes de avanzar en inversiones de recuperación de este gas excedente. Si hay avances en recuperar levaduras del proceso de alcohol para la producción de alimento animal.

## ANEXO F.4. Acta de la reunión del 04 de julio de 2022

### ACTA DE LA 2ª REUNION ADAYC- EEAOC

ENTIDADES: ADAYC  
EEAOC (Estación Experimental Obispo Colombres) Tucumán, Argentina

ASUNTO: Entrevista con entidades representativas. Instituciones de Investigación y desarrollo. (Project ref. 130090)

FECHA: 2022-07-04, 13:00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: Online

#### ASISTENCIAS:

##### EEAOC

Daniel Ploper, Director Técnico EEAOC  
Dora Paz. Departamento Ingeniería EEAOC.  
Marcelo Ruiz. Departamento de Ingeniería EEAOC  
Eugenio Quaia. Departamento Medio Ambiente EEAOC

##### ADAYC:

Alejandro Gallino (jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 13 Horas.
2. Eduardo León (EL). Abordando el tema de bioetanol, la consulta se refiere a la materia prima a partir de la cual se produce bioetanol, melaza y jugo directo. ¿Qué porcentaje de participación tiene cada una de ellas en el total producido y que perspectivas ven a futuro?
3. Marcelo Ruiz (MR) El bioetanol se produce a partir de melaza o mielaza. Esta última debe su nombre a que es una melaza no agotada más rica en azúcares. Algunos ingenios utilizan jugo directo. Las proporciones dependen de los compromisos de los Ingenios, de las instalaciones propias del Ingenio como de la misma destilería.  

No es bueno derivar jugo clarificado que ha sido tratado para obtener un blanco directo y derivarlo a destilería. Esto afecta a las levaduras. El Ingenio que más porcentaje de jugo utiliza es Florida, entre un 15 a un 20% de mezcla, pero siempre junto con melaza o mielaza. El problema es que el jugo directo tiene un brix bajo lo que equivale a un bajo grado alcohólico. Mezcla con melaza o mielaza levanta el grado alcohólico hasta el valor de 9 o 10, lo que permite que el proceso se desarrolle normalmente.
4. Miguel Ullivarri (MU) ¿Cuál es el % de melaza por tonelada de caña molida?
5. (MR) El porcentaje es entre 3,5 a 4,5% de melaza por tonelada molida. Esta variación depende del sistema de cocimiento con agotamiento en 3 templeas. Otros no les interesan tanto agotar porque deriva azúcares a destilería para producir bioetanol. Como promedio es correcto contabilizar un 4% a la producción de melaza por tonelada de caña.
6. (MU) ¿Cuál es la relación de bioetanol por tonelada de melaza?
7. (MR) Eso dependerá de los azúcares reductores contenidos en la melaza y por ende del grado alcohólico que se puede alcanzar. Esa relación puede ir de 260 a 320 litros de alcohol por tonelada de melaza. También depende si se tiene reductores de 50 o de 60. Las eficiencias de destilación y fermentación en Tucumán años atrás eran bajas. Comparadas con las logradas en Brasil, Tucumán se encontraba entre 8 a 9 puntos abajo. Se realizaron inversiones en fermentación principalmente, incorporando nuevas levaduras de tipo alcoholeras, originarias de Brasil en 3 fermentadores iniciales. Dejaron atrás el uso de levaduras panaderas. No hay recuperación de levaduras, las que se van con la vinaza. Estos cambios junto a otros permitieron alcanzar eficiencia del 87-88%. Otro ingenio, también con fermentación continua, recuperando levaduras, logra una eficiencia levemente inferior.



Sistemas de enfriamiento en las cubas, también fueron mejoras que contribuyeron al incremento de la eficiencia. Se suma el correcto control de la temperatura y la calidad del mosto, cuidando sobre todo agentes microbiológicos que no afecten el proceso.

Tucumán mayormente tiene procesos de fermentación batch o discontinua. Solo 3 ingenios han incorporado fermentación continua. Otras mejoras bajo análisis es la recuperación de dióxido de carbono generado en la fermentación, depurándolo con el fin de obtener un producto de calidad alimenticia. También se recupera alcoholes de los vapores de la flemaza. Estos son los factores que permiten alcanzar eficiencias del 87 a 88%.

Las altas temperaturas con que sale la vinaza se aprovecha a través de intercambiadores térmicos que permite que ese flujo energético sea reutilizado. Otro factor importante es la eficiencia en el uso de energía en proceso de producción de alcohol hidratado, el cual demanda menos calidad final, que lo que requerían los alcoholes buen gusto.

Esa menor demanda de calidad, junto con el uso del vacío y del reboiler en la vinaza, el vapor de escape va al concentrador de vinaza que, junto con vapor vegetal destinado al proceso de destilación, permitieron mejorar sensiblemente el balance energético en el proceso. El consumo actual es de 1,7 a 1,8 kilos de vapor por litro de alcohol cuando antes, con el sistema tradicional, el consumo era de 3,5 a 4 kilos por litro de alcohol producido.

El proceso de concentración de la vinaza es beneficioso además para cualquier gestión posterior, sea almacenamiento, disposición a campo o uso de la misma en un proceso de combustión de la misma.

8. (MU). ¿Con que grado brix, valor de DBO y DQO que desde la industria se entrega para ser aplicado en campo?
9. Eugenio Quaia (EQ) Los grados Brix dependen de la materia prima de origen. Si es a partir de jugo o mielaza los grados brix rondan los 7. Si provienen de melaza pura los grados brix crecen hasta el valor de 11 grados brix. Al concentrar gracias a los reboilers los grados brix crecen a nivel de 20 a 30 grados. Arriba de 30 grados la viscosidad crece exponencialmente por lo que, si se desea seguir concentrándola, se requieren equipos especiales y un elevado consumo de energía.

La vinaza concentrada junto con la cachaza y cenizas de caldera permiten elaborar compost que luego es derivado a sectores agrícolas. La vinaza derivada a campos sigue un control de disposición a partir de un protocolo de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente de la Provincia de Tucumán. El protocolo de disposición también se aplica a la cachaza y a las cenizas provenientes de lavado de gases de chimeneas.

La resolución 148 de la Secretaria de Ambiente obliga a documentar la trazabilidad de los efluentes desde el punto de generación hasta su disposición final, georreferenciado cada uno de estos puntos.

10. (EL) Con este sistema de distribución ¿Estaría resuelto el problema de disposición de vinaza?
11. (EQ) La superficie cañera de Tucumán permite que toda la vinaza sea aplicada. Según los caudales admitidos por ha, con solo el 7% del área total, toda la vinaza podría ser aplicada sin riesgo de afectar suelos.  
También se analizaron y compartieron experiencias de tratamiento de digestión de vinaza y de combustión como alternativas de disposición. La quema de la vinaza requiere de un combustible adicional como el bagazo. Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas para su implementación. Un común denominador de cualquiera de ellos es la elevada inversión necesaria para lograr valorizar su uso, cerrando un balance energético bajo el modelo de una economía circular.
12. (EL). Hubo un proyecto en Tucumán, además del de Crealab, para incinerar vinaza.
13. (MR) Florida presento el proyecto y fue aprobado. Las condiciones cambiaron y el proyecto no se llevó a cabo. La rentabilidad se fundaba en la obtención de sales de potasio con fines agrícolas. Requería la concentración de la vinaza al 65% y el agregado de otra fuente de energía, que en este caso sería el bagazo.
14. Vítor Ribeiro (VR). Como está clasificada la vinaza ¿Cómo un residuo peligroso o residuo normal?
15. (EQ) No está clasificada como residuo peligroso según la ley 24051, ley de residuo peligrosos.
16. (VR) ¿Cómo se controlan las calderas de incineración de biomasa en Argentina?

17. Dora Paz (DP) Los proyectos presentados por los referentes que ofrecen equipamientos, incorporan filtros y lavadores de gases como elementos de retención y control de emisiones dentro de las normas.
18. (VR) Señala que en Europa los controles de emisiones en equipos incineradores de biomasa requieren una serie de normas e instalaciones que hacen a los proyectos inviables desde el punto de vista económicos.
19. (MU). ¿Cómo ve la EEAOC al tratamiento de vinaza con biodigestores?
20. (EQ) La biodigestión, desde el punto de vista ambiental, permite la valorización de los productos saliente de la industria. Esta valorización se da en termino de energía que pueden obtenerse de ella. Por ello la biodigestión ofrece un balance energético positivo. El digestado, con sus sales de potasio es un valor adicional como fertilizantes. La misma energía que produce el biodigestor puede ser usado para la elaboración de la sal de potasio con valor agrícola. De esa manera se cerraría un circuito virtuoso por la generación de un producto con valor agregado.

## ANEXO F.5. Acta de la reunión del 18 de julio de 2022

### ACTA DE LA REUNION ADAYC-EMPRESA LOS BALCANES

ENTIDADES: ADAYC  
BALCANES SA

ASUNTO: Entrevista Jorge Rocchia Ferro. Presidente Empresa Los Balcanes  
Catalina Rocchia Ferro. Gerente General Empresa Los Balcanes

FECHA: 2022-07-18, 14.30 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

#### ASISTENCIAS:

LOS BALCANES SA. Jorge Rocchia Ferro. Presidente Directorio  
Catalina Rocchia Ferro: Gerente General

ADAYC: Alejandro Gallino (Jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 14,30 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para le elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar, puede ofrecer como proveedora de bioenergía.
3. Miguel Ullivarri (MU.) Frente a un escenario de mayor oferta de bioetanol. ¿Cuál cree que es la estrategia para el crecimiento? ¿Expansión o crecimiento vertical?
4. Jorge Rocchia Ferro (JRF) La expansión es el futuro acompañado con caña transgénicas. Balcanes está pagando la inserción en la variedad LCP 85-384, resistencia a diatraea y glifosato. Estamos además comprando al CONICET el HV1 que es resistente a heladas. La idea es que, en una misma caña, poder incorporar eventos transgénicos que brinden cobertura sanitaria y resistencia. Estos eventos permitirán un crecimiento entre 1 millón a 30 millones de has. Estas cifras parecen absurdas, pero hay un proyecto. Ya dialogamos con personas del entorno del Gobernador Gilgo Isfran de Formosa para compartir la posibilidad de desarrollar caña en esa provincia, respetando, por supuesto, los tiempos que demanda la obtención de eventos transgénicos. Ya el año próximo Balcanes avanzara en la fase comercial de implantación del evento HV4 y Glifosinato. Se ha dialogado con este Gobierno y tenemos el aval que acompañaran la liberación de los eventos transgénicos, siempre y cuando las comisiones técnicas así lo ameriten. También dialogamos con el Gobernador de Santiago del Estero, donde ya tenemos implantadas 3000 has. Hemos solicitado la factibilidad de acceder a 27.000 a 30.000 has para la instalación de un nuevo Ingenio.

Entendemos que el proyecto de la electro movilidad no tiene posibilidad de desarrollo como se pretende se lleve adelante principalmente porque va a haber un problema con las baterías de litio y además será más caro. El futuro es el auto con motorización Flex. El bioetanol tiene la posibilidad de una movilidad con Hidrógenos a partir de bioetanol. Hoy Argentina produce autos Flex pero estas unidades solo tienen destino de exportación. Esto entonces no sería una limitante para avanzar en ello.

En estos momentos Córdoba ya está trabajando con el Biodiesel porque es más fácil. Se está trabajando con Tucumán con un proyecto para vender alcohol con destino para autos con tecnología Flex. En Brasil ya hay el funcionamiento 600 autos en proceso de testeo y evaluación, accionados con hidrogeno producido a partir del bioetanol. También se está planificando instalar surtidores que expendan Hidrogeno, producido a partir de bioetanol.

Deseo informarles que entre el 3 y el 4 de agosto se llevará a cabo un evento donde se expondrán todos los desarrollos y los proyectos en marcha en relación a bioenergía con el bioetanol como eje.

Brasil es el país con un grado de desarrollo a seguir y emular. Todo el desarrollo implementado en Los Balcanes fue llevado adelante en conjunto con asesores de Brasil en cada uno de los procesos de nuestra industria.

5. (MU) Ante los proyectos de desarrollar eventos transgénicos. El comercio exterior del azúcar ¿podría sufrir restricciones que afecten a la Argentina?
6. (JRF) En el corto plazo estos cambios serán realidad. Brasil ya ha definido que su producción será transgénica y como son los más grandes, el mercado deberá alinearse tras ellos. Brasil ya tiene caña transgénica comercial. Además, la demanda mundial crece. India autorizó el incremento de alcohol del 5 al 10%, EEUU también autorizó un aumento al 15% de manera parcial a lo largo del año. Ecuador, Colombia van en la misma línea. La estrategia al futuro no es azúcar. El foco estará en cogeneración y producción de alcohol. Balcanes está invirtiendo 20 millones de dólares en una nueva destilería. De un promedio de 750.000 litros, crecerá a 1100 y cogenerará para una oferta de 22 megavatios. También están los proyectos de diversificación para recuperar el CO<sub>2</sub>, recuperando además el alcohol allí contenido.  
El proyecto de industrializar la producción de levaduras también se está estudiando.  
Balcanes se desarrolla siguiendo los desarrollos de la Industria brasileña e implementamos todas las mejoras sugeridas.
7. (MU) Al futuro, la industria petrolera de Argentina, ¿invertirá en la actividad azucarera como en Brasil.?
8. (JRF) No tengo dudas. Somos barril verde, ellos son barril negro. Nos necesitamos mutuamente. La guerra cambio todo y el precio del barril se encareció. A un precio de 80 dólares el barril, les conviene recibir el por ciento de corte en las naftas. Además, la actividad azucarera dinamiza una economía que involucra la actividad de mucha gente, tanto directamente como indirectamente. Hay 7000 cañeros ligados a esta actividad. En la producción de Maíz la realidad es menos compleja y con menos estructura social involucrada. De todos modos, que ambas actividades, maíz y azúcar sean oferentes al mercado de las naftas es valioso. Colabora a mantener las ofertas en momentos que una de las industrias se vea en dificultades, la otra colabora a cubrir el déficit. Hoy el maíz aporta el 54% y la caña el 46%.
9. (MU). El Proyecto de Cogeneración de Balcanes asociado con Geneia. ¿En qué estado de desarrollo se encuentra? ¿No faltara bagazo al tener que entregar parte para la combustión conjunta con la vinaza y esto podría derivar en falta de bagazo y demanda mayor de gas por parte de Balcanes?
10. (JRF) El proyecto era de 45 megavatios a un valor de \$US 92 el mega. Hicimos la caldera de 67 tuvimos que terminar en 24. Compramos 2 turbo de 24 a 12,5 por lo cual van a generar 25 mega. Vamos a usar 12 o 13 y vamos a generar con el excedente.  
No habrá ningún tipo de problema con el bagazo porque van a tener un proceso más eficiente con las nuevas calderas. Las Stirling, viejas calderas bagaceras de baja presión, quedaron fuera de servicio por su baja eficiencia. También estamos incorporando chips de madera al proceso con una mejor relación de aporte de energía por kilos por el poder calorífico de esta fuente por su baja humedad.
11. (MU) El ingreso del Chip al proceso energético de Balcanes ¿está pensado para aportar energía dentro del proyecto Geneia, reduciendo el volumen de bagazo estimado?
12. (JRF) El proyecto de combustión de vinaza con Geneia se cayó. Informaron que no estaban en condiciones económicas de afrontar el proyecto. Seguimos con el proyecto energético como he comentado y la vinaza seguirá trasladándose como hasta ahora con una concentración de 27 a 28 grados brix que implica una reducción de volumen del orden de 3 a 5 veces.  
El sector cañero del Este puede ser receptor de esta vinaza. El destino es el sector agrícola vía el compost que se prepara junto con cenizas, cachaza y restos de bagacillo del proceso industrial. Los campos donde se agrega este compost, no requieren el agregado de Urea (nitrógeno) los 2 años siguientes.
13. (MU.). Ante la baja producción de TCH de Tucumán. ¿Qué sugerencia aportaría para alcanzar mejores producciones?
14. (JRF) Balcanes tiene bajo manejo 1.600.000 surcos (equivalentes a un área netas de aproximadamente, 25000 has). Colaboramos con los productores apoyándolos con la entrega de fertilizantes y herbicidas. A muchos productores le administramos el campo, plantado, cultivando, cosechando y transportando su caña. Si es necesario también le renovamos el cañaveral. El productor recibe el saldo que resta de los gastos que se realizaron. Bajo este modelo reciben entre 22 y 25 kilos de azúcar por tonelada. A los cañeros chicos les estamos subsidiando la cosecha con un costo menor que el real.  
La mayoría de los cañeros ven en esta estrategia un negocio rentable. Algunos llegaron teniendo campos con 10.000 surcos y ahora han crecido a 100.000. Gran parte del este de Tucumán creció de esta manera.
15. (MU). ¿Cuál es el límite de lluvias para la caña transgénica resistente a sequía?
16. (JRF) 500 mm. es la isohieta limite. De todos modos, lo importante no es cuanto sino cuando la lluvia se presenta.

## ANEXO F.6. Acta de la reunión del 18 de julio de 2022.

### ACTA REUNION ADAYC-PRODUCTOR DE CAÑA Y DE SERVICIOS

ENTIDADES: ADAYC  
PRODUCTOR DE CAÑA Y CONTRATISTA DE SERVICIOS

ASUNTO: Entrevista productores de caña, contratista de servicio de transporte y servicio de recolección de RAC (Residuo Agrícola de Cosecha)  
(Project ref. 130090)

FECHA: 2022-07-18 11,30 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

#### ASISTENCIAS:

PRODUCTORES Sebastián Contreras.  
Juan María Contreras

ADAYC: Alejandro Gallino (jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 11,30 Horas.
2. Miguel Ullivarri (MU) Contreras además de ser productor de caña, también cuentan con máquinas integrales de cosecha para realizar su propia cosecha, brindando además servicios a terceros. ¿Qué tipo de cuidados tienen en cuenta para garantizar una buena calidad de cosecha y minimizar pérdidas por extractor? ¿Cuál es la tasa de cosecha o toneladas por hora que alcanzan como promedio?
3. Juan María Contreras (JMC). Para Garantizar una buena calidad de caña operamos las revoluciones por minuto (RPM) de los extractores a 1050 RPM en vacío que, al operar con carga, al momento de cosecha, estas se reducen a 950. La nueva máquina adquirida tiene un diseño de extractor distinto y con aspas de mayor tamaño. Operamos esta máquina con el extractor a menos RPM. 900 en vacío. La tasa de cosecha depende de 3 factores. Disponibilidad de transporte para retirar lo cosechado, del rendimiento del cañaveral a cosechar y del diseño de los campos. Aquellos con surcos de caña de longitudes no mayores a 100 metros, reduce la productividad. Surcos largos de 400 metros de longitud permiten una cosecha eficiente y con bajos improductivos. El objetivo es cosechar 1000 Toneladas por día. 500 toneladas por maquina
4. (MU). ¿Cuentan con información de cuanto combustible se consume por tonelada cosechada y a qué velocidad operan las maquinas al momento del corte?
5. (JMC). Las máquinas de última generación cuentan con dispositivos y controles direccionados al ahorro de combustible. Si la maquina permanece estática, ralentiza las RPM del motor para minimizar consumo. El consumo de la operación de cosecha es de 40 a 42 litros por hora. Para cosecha 500 toneladas como promedio operan 12 horas. Esto arroja una media horaria de 41 toneladas hora. El consumo resultante es 1 litro de gas oíl por tonelada cosechada, tomando en cuenta ambos parámetros. Esta relación solo contabiliza el consumo de la máquina.
6. Alejandro Gallino (AG). Consulta sobre cuál es la cantidad de mano de obra requerida para cortar caña manual y cuál es la estructura de su empresa para realizar la cosecha tanto en el periodo de zafra como posterior al fin de zafra
7. (JMC) No cuenta con información ya que nunca realizo contrataciones para cosecha manual. La estructura de personal es de 6 maquinistas, 3 mecánicos, 1 supervisor y un ayudante para operaciones varias. A ese total se suman 2 tractoristas por cosechadoras que operan carros de auto vuelco, que suman 6 personas más. En resumen 17 personas para un frente de cosecha con 2 máquinas y una entrega diaria de 1000 toneladas. Finalizada la zafra se realiza en trabajo de receso para alistar los equipos para la próxima zafra, extendiendo la contratación por 2 meses más.

8. (MU) En la Empresa Ledesma, la caña que se deriva a Ingenio, se traslada por 2 vías. Caminos internos y rutas nacionales o provinciales. ¿Con que información cuentan en termino de potencia de HP por camión, toneladas transportadas por viaje, consumo de HP por tonelada o por kilómetro?
9. Sebastián Contreras (SC). La caña que se transporta por caminos internos lo hacen con equipos de hasta 85 toneladas de caña neta como promedio. Los camiones son de una potencia de 410 HP o superiores. Estamos incursionando con equipos de doble diferencial, pero entendemos que no es necesario. Por ruta la carga se ajusta a la normativa límite de 28 toneladas por viaje. El consumo es de un litro por kilómetro para transporte con equipos de 85 toneladas y 1 cada 2 kilómetros en traslado por ruta provinciales o nacionales. El 80% o más se transporta por caminos internos.
10. (MU) El sistema de transporte de la caña propia de Ledesma que se traslada por caminos internos tiene 2 categoría. Los fletes llamados larga distancia que corresponde a sitios que están a más de 60 kilómetros y corta distancia que están en un radio de 30 kilómetros o menos. ¿Podrías brindar información respecto a la frecuencia de viajes para cada tipo?
11. (SC) Los viajes de la flota que opera en Larga distancia siempre la unidad tractora trabaja solidaria con el equipo. Salvo reparación o rotura, ese equipo no se cambia. La modalidad operativa al ingresar a descarga es que tiene asignado, de los 3 trapiches, uno solo para los camiones de larga distancia, con prioridad de descarga.  
Para el caso de la flota que opera en corta distancia, llamado pull, en la playa de descarga del Ingenio, al llegar al patio de operaciones, desprende el equipo y busca uno que se encuentre ya vacío. Esa unidad tractora no opera con un equipo de manera solidaria, sino que es cambiante. Para que sea posible esto, la relación de equipos con unidad tractoras en los frentes que trabajan en corta distancia es 3 equipos por cada Unidad tractora. Los equipos cargados, con un tractor del Ingenio y un equipo llamado Dolly, son enganchados y llevados al punto de descarga en trapiche. Esta operación es a cargo del Ingenio. Esto permite que la demora por operaciones de desenganche de un equipo cargado y enganche de uno vacío sea mínima.  
Otra mejora tecnológica que tiene la organización de la cosecha y el transporte es la información digitalizada vía GPS en tiempo real. Hay 2 informaciones importantes. La capacidad operativa del frente que brinda información de la capacidad de cosecha de toneladas por hora por un lado y la necesidad de equipos vacíos para evacuar el tonelaje que se va cosechando. Como cada equipo de transporte es seguido vía GPS, permite conocer si se está derivando los equipos requeridos. Esta información redundante en eficiencia del transporte y eficiencia de la cosecha. Para esta última, evita paradas por falta de vacío en el frente y para los transportistas, el beneficio es que no tengan largos improductivos en el frente de cosecha por falta de caña cosechada. La Empresa Ledesma, semanalmente comparte con los transportistas los resultados de cada frente de cosecha, horas improductivas y otros datos con el fin de que en conjunto aborden las mejoras posibles.  
La frecuencia de viaje de la larga distancia es de 3,5 viajes días y en la corta o pull es de 7 o más. En Larga distancias diariamente se transportan 240 a 300 toneladas por unidad tractora. En la corta distancia, 550 o más toneladas/día.
12. (MU) La empresa Contreras SA también es proveedora de levantamiento y enfardado de RAC. ¿Podrían brindar información de toneladas que tiene como objetivo levantar en 2022, como es el sistema operativo, eficiencias, consumo de combustible por fardo, humedad al momento de levantar el RAC y otras consideraciones?
13. (SC) El proceso del levantamiento del RAC comienza con el hilerado. Estimamos que se levantan el 50% del total que deja la cosecha. Para un cañaveral promedio de 80 TCH, el RAC estimado total son 14 toneladas que se deposita en campo. La calidad de este residuo de la cosecha, con fines energéticos, tiene 2 parámetros a controlar. Por un lado, los residuos inorgánicos o cenizas y por otro la humedad. La humedad es el que con más facilidad puede determinarse y define el momento de iniciar la recolección.  
Al inicio de zafra el tiempo de espera post cosecha es de aproximadamente 5 días. A medida que avanza la zafra este tiempo se reduce. Con respecto al contenido de cenizas, conjuntamente con Ledesma se está investigando alternativas como la incorporación de ventiladores que reduzcan el contenido en la maloja recolectada. El valor de humedad no supera el 20% y el contenido de cenizas es del 9% aproximadamente  
El programa de esta zafra es recolectar 90.000 toneladas totales de las cuales Contreras S.A. tiene asignada 45.000. Este total de cumple sin inconvenientes con 2 máquinas nuevas y cada una enfarda 125 fardos/día. La dimensión del fardo es la siguiente: 240 de largo, 1,20 de ancho y 0,90 de alto. Estas dimensiones dan un fardo de 2,6 m<sup>3</sup> y su peso promedio es 49 kilos. El desgaste de las maquinas en un año de trabajo es grande y no conviene trabajar con máquinas de más de 3 años. En esta campaña tienen inconveniente para adquirir la nueva máquina ya prevista, por restricciones a la importación.



La estructura de personal contratado en el frente está compuesta por los tractores que realizan la operación de hilerado, los que traccionan la maquina enfardadora, a lo que se suma un grupo eléctrico. El Gas oíl que estos equipos consumen lo relacionamos con los fardos que se procesan. La relación de gas oíl consumido por fardo elaborado y dejado en el campo es de 0.90 litros/fardo.

Aquellos campos que tienen bordo de surcos más altos o los que se riegan con cachaza corren riesgo de ingresar más cenizas junto con el RAC.

La estructura de personal es de 14 personas en el frente de manera directa. A esto se suman, 2 choferes para transporte de personal para cambio de turno y talleres de la zona para servicio de reparaciones como tornería, electricidad, etc. como eventual.

14. Alejandro Gallino (AG) ¿Han realizado servicios para otras actividades u otras empresas?
15. (SC) La firma Contreras SA no ha realizado trabajos para terceros, pero Ledesma si ha comercializado con otras empresas del Norte de Salta. La actividad ganadera demanda esta materia prima sobre todo en periodo de sequía como suplemento alimenticio.
16. (MU) Que trabajo se realiza después que el fardo es depositado en el campo.
17. (SC) El trabajo que sigue es el de retirar del campo los fardos y depositarlos en las perimetrías de estos. Allí se estoquea hasta una altura de 3 fardos uno sobre otro. Posteriormente esos fardos son retirados y transportados hacia 2 posibles destinos. Directamente a Ingenio para ser procesado e incinerado en calderas bagaceras junto con el bagazo que retorna de papel o directamente de molienda. El otro destino con mayor proporción es la playa de estoqueo en un predio cercano a Ingenio. Allí permanece bajo cobertura para luego ser derivado para ser combustionado en periodo de interzafra. En ese periodo solo se incinera RAC, sin el agregado de bagazo.

## **ANEXO F.7. Acta de la reunión de 19 de julio de 2022.**

### **ACTA REUNION ADAYC-NUEVA TUCUMÁN**

ENTIDADES:           ADAYC  
                          NUEVA TUCUMAN.

ASUNTO: Entrevista con entidades representativas. Institución de tratamiento y gestión de vinaza. (Project ref. 130090)

FECHA: 2022-07-19, 15:00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: Online

#### **ASISTENCIAS:**

NUEVA TUCUMAN    Mónica Cabariti  
                          Miguel Iribarne

ADAYC:               Alejandro Gallino (jefe de equipo)  
                          Vítor Ribeiro  
                          Eduardo León  
                          Miguel Fernández de Ullivarri

La reunión se inicia a las 15 Horas.

Vítor Ribeiro (VR). Conociendo la tecnología similar a la de calderas de recuperación de Papel. ¿Existe en alguna parte del mundo una experiencia similar a las que NUEVA TUCUMÁN plantea llevar adelante en Tucumán?

Mónica Cabariti (MC). El proyecto será el primero que se llevará adelante. NUEVA TUCUMAN desea que el primer proyecto sea realizado en Tucumán, a pesar de las dificultades que el proyecto tiene por delante. Todos los países productores de alcohol producen vinaza. Tucumán presenta dificultad de gestión de muchas destilerías en un radio muy chico, lo que le genera inconvenientes a ser resueltos. Lo que comúnmente se llama caldera de recuperación en realidad es un reactor químico por las interacciones y los procesos que se generan dentro del mismo. Los proveedores de tecnología más conocido son METSO y ANDRITZ. A favor de esta última es la posibilidad de generar una mayor cantidad de energía.

Ambas compañías fueron consultadas y evaluaron las alternativas de llevarlo adelante. METSO elevó un reporte haciendo una comparación entre licor negro producido a partir de la lignina ligante de las fibras celulósica y la vinaza. Señaló que procesar vinaza en una caldera de recuperación sería una operación más sencilla que con Licor negro.

Las compañías requieren disponer de las caracterizaciones de todas las vinazas que serían derivadas al punto de concentración. Se envió vinaza solo de 2 Ingenios. Debe hacerse el estudio de las restantes vinazas de los otros ingenios involucrados.

A partir de ello se determina un rango promedio de tipo de vinaza y ellos, con esta información garantizan los resultados. También, frente a una convocatoria del INVAP para presentar proyectos de base tecnológica con impacto Social y ambiental. El proyecto fue seleccionado. Viajé a Bariloche donde expuse los detalles y resultados a obtener.

Una de las dudas que se planteó en dicho encuentro era si el mismo requería previamente construir una planta piloto que permitiera validar los resultados. Las conclusiones fueron que, ante la evidencia aportada, podría directamente avanzarse a escala total, sin un paso previo a escala piloto.

(VR) ¿Qué garantías solicitaron o requieren a futuro, las compañías que se involucrarían en el proyecto?

(MC) Aun no hemos llegado a analizar estas instancias. Estamos en la etapa de aportar más información para el diseño ingenieril de la propuesta. Respecto al tema medio ambiente, informo que el Estudio Marval O'Farrell, experto en temas ambientales, forma parte de NUEVA TUCUMAN.

Miguel Ullivarri (MU) ¿Qué contactos y acuerdos han alcanzado con los Ingenios? ¿tienen un balance de energía requerida a partir que la realidad de cada ingenio para garantizar una entrega a una concentración de 25 ° brix? ¿Cuál será el requerimiento energético según distancia para transporta la vinaza de cada Ingenio? ¿Cuál el costo energético del proceso propiamente dicho?

Estas consultas las entendemos que son de gran importancia para evaluar resultados y el balance final que resultaría de todo el proceso a partir de la venta de energía que será en definitiva lo que garantizara la viabilidad del proyecto.

(MC) En los inicios, el proyecto se presentó en la EEAOC. Esta institución convocó a los Ingenios para compartir con ellos esta nueva propuesta. Eran tiempos en que la corte suprema se había involucrado en la problemática ambiental de Tucumán respecto a la contaminación del Río Salí. En ese contexto se presentó el proyecto que tuvo muy buena aceptación. Se les propuso que los ingenio vendieran la vinaza, se le pagaría por ella y como contrapartida eliminaría la contingencia ambiental y evitarían problemas legales. Otra opción ofrecida fue que operaran como proveedores y se asociaran al proyecto como socios. El proyecto contemplaba, por una cuestión de economía de escala, una sola planta que demanda un grado de integración de diversas empresas sin que todas tuvieran visión común e idénticas perspectivas.

También se interesó en el proyecto la Secretaria de Ambiente de Tucumán y de Nación. Se solicitó información de viabilidad técnica, lo que tuvo que realizarse conjuntamente con los proveedores de tecnología.

El paso siguiente fue firmar el contrato de suministro de vinaza a largo plazo poniendo la ecuación del valor de la vinaza. Se llegó a firmar en casa de Gobierno de Tucumán con 8 de las destilerías en funcionamiento. Esos contratos no tuvieron validez legal porque varios de los Ingenios funcionaban bajo la figura de arrendamiento y eso imposibilitaba acordar un contrato a largo plazo para la provisión de materia prima

Actualmente estamos trabajando para tener un nuevo marco de acuerdo con los ingenios. Reconozco que con las empresas azucareras existen dificultades para alcanzar acuerdos

También se dialogó con petroleras, buscando un marco de acuerdo. Se firmó con YPF un acuerdo en un marco de confidencialidad con el fin de que las petroleras se involucraran en la producción de energía a partir de la vinaza. Actualmente su oferta es que acompañaran los proyectos que se lleven adelante. YPF y Nación están interesados en el desarrollo del proyecto. Entendemos que desde la autoridad de aplicación se podría generar normas que lleven al buen tratamiento del efluente generado.

(VR) La inversión en todas sus etapas es de gran magnitud ¿tienen ya identificado al organismo o entidad inversora en el proyecto?

(MC) mencione a YPF, también TGN se mostró interesada. La empresa de Israel, HAIFA, experta en fertilizantes de especialidad estuvo muy interesada en las sales de potasio que se obtienen del proceso. Los resultados finales están más asociados al sulfato de potasio en una relación de aporte del 70% de los beneficios y el 30% restante se obtendría a partir de la energía.

(MU) ¿Cuentan con balance energético de todas las etapas de proceso, incluidas las de la planta de tratamiento y elaboración de sulfato de potasio?

(MC) ese balance está actualmente bajo estudio y análisis a partir de las nuevas condiciones en que operan las destilerías.

(MU) ¿Cómo se llega al valor del agua recuperada en el proceso de evaporación de la vinaza?

(MC) Es valor surge de tomar el valor del agua en la cotización en el mercado a futuro. Es importante valorizar el impacto social y ambiental del proyecto. Eso aún no está en la ecuación del proceso y es muy importante

Alejandro Gallino (AG) ¿Cuáles son las destilerías involucradas en el proyecto?

(MC) Está pensado para las 7 destilería del sur de la provincia. No incluya a Concepción e Ingenio Florida. Las 7 destilerías aportarían 3.000.000 de m<sup>3</sup> de vinaza. A la planta, ya concentrada, llegarían 1.300000 m<sup>3</sup> de vinaza. La energía que se vendería a la red anualmente sería 280.000 MGW y 70.000 toneladas de sulfato de potasio. Estos valores toman en cuenta toda la vinaza de Tucumán, que corresponde a 5.000.000 de m<sup>3</sup>.

(MU) ¿El proceso es continuo?

(MC) Si, son tecnologías que operan continuamente, con paradas programadas para mantenimiento. Operar tiempo completo con una industria que generar la materia prima en 6 meses requerirán cambios ya sea en estructura de almacenaje que garantice la provisión a la planta de manera continua y cambios en la operación de la destilería sin disponer del bagazo para generación de energía autogenerada. El almacenamiento podría ser en planta de tratamiento o en cada ingenio.

(VR) Analizando el proceso de acceso al recurso financiero, en definitiva, no son las empresas promotoras sino los bancos los que aportan el capital. Estos evalúan los riesgos, previamente a acompañas con financiamiento los que se ha solicitado. Observo dificultades en la propiedad de la vinaza. No es de quien construye la planta sino es de los Ingenios. ¿Cómo ven esta dificultad hacia el futuro? ¿Han hecho consultas con entidades financieras para evaluar esto?

Miguel Iribarne (MI). Hoy en Argentina, por la situación de inestabilidad el acceso al crédito está restringido. Entiendo que el mercado de capitales con oferta pública es una alternativa. Compañía de seguro de retiro o fondos comunes de inversión es un ejemplo de ello, aunque también se han retraído en los últimos tiempos.

MU 26 de julio 2022.

## **ANEXO F.8. Acta de la reunión de 22 de julio de 2022.**

### **ACTA REUNION ADAYC-CENTRO AZUCARERO ARGENTINO**

ENTIDADES: ADAYC  
JORGE FEIJOO. PRESIDENTE CENTRO AZUCARERO ARGENTINO (CAA)

ASUNTO: Entrevista con presidente Centro Azucarero Argentino

FECHA: 2022-07-22, 12.00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

CAA. Jorge Feijoo. Presidente  
ADAYC: Alejandro Gallino (Jefe de equipo)  
Vítor Ribeiro  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 12,00 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para le elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar, puede ofrecer como proveedora de bioenergía. Señala la importancia de compartir la visión institucional del Centro Azucarero, que actualmente preside.
3. Jorge Feijoo (JF) Desarrollaré de manera sucinta mis responsabilidades en los últimos años. Trabaje más de 10 años en Ingenio Concepción de Tucumán, posteriormente, 15 años como rector de la Universidad de Santiago del Estero, para luego cumplir función en el ámbito político como Secretario de Producción del Gobierno de Tucumán. Actualmente, como presidente desde hace 3 años del Centro Azucarero Argentino. Mi relación con la agroindustria tiene 2 vertientes, una desde el sector político y actualmente desde el sector Institucional de la Agroindustria del Azúcar.

Deseo mencionar el encabezado que ONUDI expone respecto a sus objetivos. "Trabajar en el desarrollo industrial para la reducción de la pobreza, la globalización inclusiva y la sostenibilidad del medio ambiente"

En una charla ante los industriales del Norte Argentino en Catamarca expuse la siguiente situación del NOA respecto a la brecha con respecto al resto del país. Si tomamos el indicador de cobertura de salud, el NOA tiene un promedio de 66%, la media nacional es superior a 75 y provincias como Santa Cruz alcanzan valores del 96%. El indicador de pobreza e indigencia, el NOA 56%, Patagonia 40%.

Respecto al Producto Bruto per Cápita. La Ciudad de Buenos Aires tiene un ingreso \$54000 pesos por habitante. El Norte aproximadamente \$10.000. El indicador referido a vivienda adecuada el norte muestra valores de 76%, Buenos Aires y Santa Cruz muestran valores de 98%. Misiones y Santiago del Estero muestran registros que son la mitad de Buenos Aires. Por lo expuesto, comparto el encabezado de los objetivos de ONUDI. El problema es que lejos de reducirse las diferencias regionales, estas se incrementan desfavorablemente. Un ejemplo es el costo del transporte urbano. En CABA el valor es de \$18, sin tener en cuenta este último aumento y en el NOA es de \$60.

También en la exposición ante Industriales señale que la actividad azucarera, sector agrícola e industrial, representa un ingreso bruto de 1200 millones de pesos.

Si analizamos el consumo de carnes, promedio País, tomando en cuenta todo tipo de carnes, el gasto por habitante era de \$48.000- El consumo dl NOA es el 75% en relación a la media Nacional y las estadísticas señalan que se importa el 80% de ese consumo. Para 1.600.000 habitantes que tiene Tucumán, representa, \$46.900. millones de pesos que migran a otras economías regionales, lo que representan U\$S447 millones de dólares. Si la extendemos a todo el norte el acumulado que se importa suma U\$S 2800 millones de dólares.

Tucumán es el principal exportador mundial de limones. Exporta el 95% de lo que produce. El valor de lo que se exporta representan US\$ 600 millones de dólares. La importación de carne es el 75% de lo que ingresa por la actividad citrícola. Sin dudas que el desafío es revertir esta balanza comercial regional, produciendo lo que se importa.

Otro problema son los subsidios. El proyecto de la ley de hidrocarburo que el año pasado ingreso al recinto de diputados implica un extraordinario aporte de subsidios para mantener la industria petrolera, principalmente vaca muerta. En contraposición y complementaria a la petrolera, está la enorme potencialidad que tienen las bioenergías de origen agrícola, comúnmente llamada vaca viva. La actividad azucarera se inscribe como un importante oferente a este tipo de energía. No se entiende y es de alguna manera incomprensible la manera que se asignan los recursos para la generación de energía de origen fósil sin una contrapartida equivalente a la generación de energía renovable.

Miguel Ullivarri: (MU) Que respuesta tiene el CAA a la crítica sobre la no tributación a las arcas públicas del 12% del bioetanol que se mezcla con las naftas

(JF) El sector petrolero analiza parcialmente esta cuenta fiscal. Por un lado, los subsidios y beneficios fiscales que el sector petrolero no lo convierte en un gran contribuyente, ya que el 50% que tributa, está impregnado por beneficios fiscales que no son gastos de la propia actividad sin que los recibe del estado. Dicho de manera sencilla. Recibe beneficios fiscales enormes, luego tributa montos en parte equivalente a esa tributación.

Si analizamos la exportación e importación de combustible, el tema aun es más desfavorable para las arcas del estado. Si esa importación de combustible fuera reemplazado por biocombustible, lo que es factible a todas luces, el estado evitaría transferencias de divisas a sectores externos.

El CAA lleva adelante estadísticas de exportaciones e importaciones de combustible con el fin de evaluar la capacidad de sustitución que el bioetanol podría alcanzar. El análisis de los últimos 5 años muestra lo siguiente:

### Exportación e importaciones de combustibles

Año	Naftas Grado 1, 2 y 3 (1)					
	Exportaciones		Importaciones		Balance CE	
	m3	u\$s ( miles)	m3	u\$s ( miles)	m3	u\$s ( miles)
2017	0	0	415.666	201.535	-415.666	-201.535
2018	1.492	1.044	617.719	343.271	-616.227	-342.227
2019	0	0	520.916	255.605	-520.916	-255.605
2020	160.201	27.608	161.506	76.693	-1.305	-49.085
2021	75.293	29.921	580.734	318.851	-505.441	-288.930
						<b>-1.137.382</b>

Analizando las exportaciones e importaciones, se observa que el monto erogado por el estado en 5 años, representan 1.137 millones de dólares.

Más curiosos aún es el año 2020 periodo con un balance casi idéntico entre exportado e importado pero el costo entre uno y otros es muy desfavorable para Argentina. Exportamos a 172 U\$S e importamos a U\$S 474.

Si analizamos la producción de bioetanol, tomando el precio equivalente que se importaron los combustibles en cada año, la cifra que ahorro el estado fue de 2422 millones de dólares. Lo observamos en la tabla siguiente.

Producción de bioetanol valorizado a precio según importaciones

Bioetanol entregado						
Año	Caña de azúcar		Maíz		Total	
	m3	u\$s ( miles)	m3	u\$s ( miles)	m3	u\$s ( miles)
2017	523.826	253.976	550.350	266.836	1.074.176	520.812
2018	501.389	278.626	563.240	312.997	1.064.629	591.622
2019	514.138	252.279	549.211	269.489	1.063.349	521.768
2020	373.318	183.181	395.800	194.213	769.118	365.225
2021	473.141	259.777	522.604	286.935	995.745	422.704
						<b>2.422.131</b>

Si analizamos la importación de nafta en 2021 fue de 580.734 miles de m<sup>3</sup>. Ya en lo que va del 2022, en los primeros 4 meses de este año ya se han importado 515.918 m<sup>3</sup> de naftas. No es una política acorde al déficit de divisas que tiene Argentina.

En la actualidad el precio establecido es de \$80 el litro de bioetanol de caña y 104 el de maíz. La actividad azucarera acordó con las empresas petroleras un adicional de \$15. El precio de lo que lleva a 95 pesos. Hoy, la paridad de importación de nafta, está en \$120. ¿Porque importar naftas libres de impuesto cuando hay 2 actividades que pueden ofrecerlo? Solo el 2% del maíz que se produce en Argentina es transformado en Bioetanol

Junto con Claudio Molina, a pedido de la liga de provincias productoras de biocombustible, elaboramos un proyecto de ley analizándolo conjuntamente con el sector petrolero. Existe un impuesto a la emisión a la emisión de CO<sub>2</sub> que lo paga el sector petrolero y también la porción del 12 % de biocombustible. Es inadmisibles que un combustible renovable pague este impuesto, que, además, al no actualizarse hoy tiene mínima incidencia.

También es destacable el crecimiento del área cañera. En Tucumán, entre el 2008 al 2019, creció el área cañera un 28% gracias a la ley que se dictó en el 2006 y desde el 2008 se elabora biocombustible. Hoy la caña de azúcar es la producción que ocupa el mayor territorio bajo cultivo en la Provincia de Tucumán. Tucumán necesita crecer una 15.000 has hacia futuro, mejorar el cultivo buscando renovaciones cada 7 años para mejorar los costos, mejorar el contenido de azúcar en caña.

En vista a un crecimiento en el corte de alcohol, el potencial es un escalamiento en el corte hasta un potencial de 27,5% de participación.

Córdoba avanza en un plan de afectación de todos los vehículos oficiales de la provincia para un uso intensivo de bioetanol. Autos, taxis, ómnibus etc. será afectados para un uso intensivo. Las pruebas fueron hechas en los talleres de Orestes Berta en Alta gracia. Para un proceso de escalamiento, las alternativas son: o se aumenta el nivel de corte o se aumenta el parque automotor. Cualquiera de estas alternativas generara una demanda de consumo creciente. Para abastecer una mayor demanda deberá crecer la producción y los rendimientos sacarinos, amén de un cierto crecimiento de la superficie. La caña transgénica también es una herramienta tecnológica a tener en cuenta hacia el futuro.

(MU) Hay diferencias productivas entre el norte y Tucumán. Que existan 2 puntos de rendimiento sacarino en caña es importante. ¿Cuál es la visión del CAA?

(JF). Lo primero a señalar es la estructura productiva de ambas regiones. Salta y Jujuy tiene una estructura concentrada en pocos cañeros grandes pero los Ingenios son los titulares del área cañera



en su gran mayoría. Tucumán está atomizado en muchos cañeros chicos, cuya productividad sin dudas es menor.

Un aspecto para destacar es la mejora de Tucumán en su eficiencia energética. El consumo de gas ha bajado gracias a ello y actualmente hay ya Ingenios con nulo uso de gas, salvo al inicio de zafra. Esto se logró con inversiones en el sector industrial.

El Etanol colabora a absorber los excedentes y es estratégico para toda la agroindustria. El mercado interno era de 1.700.000 toneladas de consumo doméstico. Se redujo a un consumo de 1,400.000. El mercado de fructuosa tomó parte de ese volumen en el segmento Industrial. Lo que sí es algo a ser analizado en la importación de edulcorantes sintéticos no calóricos, que también compite, a pesar de que algunos no son aceptados en países por los riesgos sobre la salud. Esta competencia afecta el mercado del azúcar.

Otro aspecto a tener en cuenta para el crecimiento de bioetanol es la capacidad instalada. Se llegó a producir a nivel nacional, solo de caña de azúcar, 542.000 m<sup>3</sup> de bioetanol. La capacidad instalada es de 600.000 m<sup>3</sup>. Allí también deberán hacerse inversiones para procesar mayores volúmenes. Algunas empresas lo están realizando.

Políticas públicas definen también el rumbo de la actividad. Ver a Brasil, su crecimiento está íntimamente ligado a este tipo de acciones que permiten tener un nivel de corte del 27,5 y además autos Flex. Lo paradójico es que Argentina produce autos Flex, pero estos son solo para el mercado brasileño. A nivel mundial todos los países están ampliando sus tasas de corte. EEUU, India, Ecuador, Paraguay etc. están creciendo en el uso de bioetanol.

El plan de electromovilidad no va en línea con una matriz energética alineada con la realidad del país. Europa, con otra realidad agrícola, de contaminación u recursos puede abordar una estrategia de este tipo. No lo veo en Argentina.

El 3 y 4 de agosto se llevarán adelante unas jornadas de análisis sobre el bioetanol junto a los presidentes de Toyota y WW. Allí se debatirán estrategias hacia el futuro. Están invitados.

## **ANEXO F.9. Acta de la reunión del 8 de agosto de 2022.**

### **ACTA REUNION ADAYC-SACTA**

ENTIDADES: ADAYC  
JUAN CARLOS MIRANDE (SATCA)

ASUNTO: Actividad Azucarera Nacional

FECHA: 2022-08-08, 13.00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

INTA.	Juan Carlos Mirande
ADAYC:	Alejandro Gallino (Jefe de equipo) Vítor Ribeiro Eduardo León Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 13,00 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para la elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar puede ofrecer como proveedora de bioenergía.
3. Juan Carlos Mirande (J.C.M.) En la actualidad desarrolla labores en la Gerencias de Medio ambiente y Producción Sustentable de la Empresa Los Balcanes. La misma administra 3 ingenios y es responsable de 20 % de la molienda de Tucumán. Respecto a la producción de alcohol, compite con la Empresa Seaboard de Salta en el volumen de alcohol producido anualmente. También desarrolla tareas dirigenciales, desempeñándose como consejero ante la Sociedad Internacional de Caña de Azúcar. Actualmente soy integrante del comité ejecutivo de la Sociedad

Internacional. Desempeñé la función de vicepresidente de comité organizador del congreso Internacional desarrollado en el año 2019 en la Ciudad de Tucumán. En dicho congreso se plantearon desde distintos ángulos de la actividad, la necesidad de mantener y e incrementar la oferta de la caña de azúcar a la matriz energética a partir del biocombustible como también la importancia del aporte a la cogeneración. Con motivo del tratamiento de la nueva ley de biocombustible, desde la SATCA hicimos presentaciones fijando posiciones de la importancia de adoptar políticas como la de Brasil que con tanto éxito llevan adelante el proyecto de bioetanol.

Alejandro Gallino (A.G) Como se visualiza la posibilidad de desarrollar un proyecto tipo Brasil con respecto a bioetanol

(J.C.M.) Brasil tiene más de 28 años de desarrollo de la actividad. Inició el plan proalcohol bajo una situación energética distinta. Los acuerdos de París le dieron una connotación distinta y un nuevo enfoque. Avanzaron hasta un corte del 27,5 %, incorporando la tecnología flex. Muchos motores son producidos en Argentina, pero aquí no hemos desarrollado una línea parecida. Se suma a ello el nuevo desarrollo de producción de hidrogeno a partir de bioetanol, como fuente energética de la movilidad automotriz. Buscando en un link bajo la abreviatura SOFC se accederá a documentación relacionada con este tema. Nissan y Toyota están desarrollando estas alternativas intensamente. Se visualiza la falta de política de estado que coordine la estrategia de largo plazo. Un segundo aspecto es la política de precio, donde el alcohol está sumamente retrasado en relación al precio del azúcar como producto alimenticio.

A modo de ejemplo hoy el precio de la bolsa de 50 kilos se paga \$6000. Esa misma bolsa convertida en alcohol, el retorno es de \$3000.

El problema de fondo, más allá de la coyuntura de un precio alto, está en que no se reconoce al bioetanol, la contribución a la mitigación de emisiones, sumado a que las petroleras compran un insumo barato y lo comercializan a valor nafta, con las diferencias a su favor que esto implica. A esto se suma que en la actualidad se importa combustible, exportando divisas en vez de promover un mayor % de corte de bioetanol.

Eduardo León (E.L.) Cual es la potencialidad que tiene argentina para ofrecer arriba del 12 % de mezcla. La capacidad de producción estaría cerca del límite.

(J.C.M.) Hay limitante agroecológica. Si el norte está en 75 a 80 TCH, Tucumán está muy por debajo de sus posibilidades. Mejoras por economía de escala colabora en la productividad. Cañas RR también sería un salto de calidad para incrementar su productividad. Tucumán en un lapso de 5 años debería estar en 75 TCH. La renovación debe ser más intensa. La zona salina se vio agravado por el dique de Rio Hondo y el ascenso de la napa freática. Las has que podrían ser incorporadas a la producción no serían más de 50 a 60 mil has.

(E.L.) Respecto a los desarrollos biotecnológicos, que opinión tendrías.

(J.C.M.) La Sociedad Internacional no ha fijado posiciones respecto a estos nuevos desarrollos. A nivel nacional, hay sectores de la actividad muy cautelosos que tienen miedo a la reacción de los consumidores respecto a futuros inconvenientes en la comercialización a nivel internacional. Un aspecto adicional a nivel país es la de concientizar al consumidor sobre los nulos riesgos que pudiera tener un producto transgénico. Brasil ya tiene aprobadas 3 líneas de variedades transgénicas que serán en breve tiempo cultivadas comercialmente.

La India es un país para analizar por su crecimiento. En las 3 últimas campañas, el azúcar derivada a bioetanol, creció 3 veces, sin resentir el consumo interno.

El precio actual de \$98,82 el litro de alcohol, respecto al precio de una bolsa de 50 kilos, hay una retribución económica muy favorable a la venta de azúcar y no de bioetanol.

(E.L.) Si se desea poner al alcohol en equivalencia a una bolsa de \$6000, implicaría un precio de \$197 el valor del bioetanol. Ese valor es muy superior a lo que se paga por la nafta en surtidor y sería imposible que se puede receptionar bioetanol para mezcla a ese precio.

(J.C.M.) Es correcto el análisis de la imposibilidad de un precio a ese monto. Entiendo que la ecuación de equivalencia debería ser analizada como cifra en relación con la sustitución de combustibles. Ese debería ser el valor de corte del precio del bioetanol.

(A.G.) Para mejorar tecnológicamente a los minifundistas o productores de pocas has. Como ves el modelo del armado de cooperativas que no solo sean con fines comerciales sino también de gestión productiva

(J.C.M.) Observo poca vocación cooperativa dentro de la actividad cañera. Hay ejemplos, pero fueron por la impronta de personas que llevaron el proyecto a buen puerto, pero son casos excepcionales.

(A.G. y M.U.) La cantidad de personas involucradas con el minifundio, aunque no sean grandes aportantes a la producción, son un número de productores que deberías preservarse por las implicancias de empleo y mantenimiento de productores ligados a sus predios. Es un aspecto más de tipo social que productivo. Tu opinión sobre esto.

(J.C.M.) Balcanes es la empresa que cuenta con una estructura de cosechadoras y equipos de transporte más importante de Argentina. El fin es captar la mayor cantidad de caña posible. La oferta de cosecha y flete colabora también a minimizar procesos de cosecha de caña con corte manual que conlleva a la quema previa. Crecer en cosecha en verde implica reducir emisiones, un tema sensible a ser tenido en cuenta. Tucumán en los últimos años ha hecho un esfuerzo enorme en temas ambientales

(A.G.) Que ocurrió con la gente que desplazó la cosecha mecanizada.

(J.C.M.) el crecimiento del Limón absorbió gran parte de esa mano de obra. En el periodo interzafra hay apoyo y sostenimiento por parte del estado y la producción para que, en esos meses, reciban ingresos.

La plantación mecánica también desplaza mano de obra. De todos modos, antes una demanda de personal, no se consigue fácilmente operarios, ya sea porque están en otra ocupación o porque están bajo un régimen de asistencias social y si toman un trabajo registrado, perderían la asistencia del estado.

(E.L.) Como ve el aprovechamiento del RAC con fines energéticos

(J.C.M.) En razón del costo de la energía, los ingenios tienden a maximizar eficiencias de sus sistemas energéticos a partir de bagazo. Aquellos ingenios que no cuentan con destilerías no presentan falta de bagazo. El problema es los que tienen destilería. A los que les sobra lo destinan a la producción de ladrillos, alimento para ganado etc.

(E.L.) Tengo información que, en Tucumán, el 20 % de la energía consumida proviene de gas Natural. No sobraría mucho bagazo o la eficiencia de uso es baja

(J.C.M.) Las eficiencias de uso están ligada al tipo de caldera. Algunas producen 1,6 toneladas de vapor por tonelada de bagazo y otras 2,4 toneladas de vapor por tonelada de bagazo.

(M.U.) Cual es el proyecto al futuro con proyección de crecimiento en la producción de alcohol.

(J.C.M.) Hoy contamos con un predio de 182 has para manejo de vinaza y compost.

Se suma a la concentración de vinaza, manejando el 50 % del volumen original gracias a la concentración. La disposición a campo es la alternativa de mayor porcentaje a de disposición. Otra alternativa es la combustión de la vinaza como una posibilidad futura.

## **ANEXO F.10. Acta de la reunión del 8 de agosto de 2022.**

### **ACTA DE LA REUNION ADAYC-INVESTIGADOR JOAQUIN ORTIZ**

ENTIDADES: ADAYC

Investigador Joaquín Ortiz (INTA)

ASUNTO: Sistemas de tratamiento vinaza

FECHA: 2022-08-11, 12.00 de Argentina

MEDIO DE REUNIÓN: *Online*

ASISTENCIAS:

INTA.	Joaquín Ortiz
ADAYC:	Alejandro Gallino (Jefe de equipo) Vítor Ribeiro Eduardo León Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 12,00 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para la elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar, puede ofrecer como proveedora de bioenergía. El objetivo de la entrevista tiene que ver con los distintos sistemas de tratamiento de vinaza que el Ing. Joaquín Ortiz analizó e investigó.
3. Miguel Ullivarri (M.U.) Respecto a la tecnología de incineración de vinaza junto con RAC ¿Habría información del proceso de tratamiento de las sales resultantes del proceso y que los productos utilizados para la obtención de sulfato de potasio como fertilizante?
4. Joaquín Ortiz (J.O.) Del Proceso de incineración se obtienen 2 tipos de cenizas. Una que proviene de la quema en grillas del bagazo, llamada Botton ash y la segunda que es la obtenida de la quema de la vinaza. Esta última denominada como Flay ash, rica en potasio y en fósforo como componente

secundario. Esta sal puede almacenarse, pero presenta 2 problemas. Es muy higroscópica y tiene dificultades para su peletización. Al no tener contenido orgánico que le permitiría tener un grado de aglutinación, la peletización bajo estas condiciones no era efectiva. Es lo que pude averiguar hasta el momento que presenté la tesis. Geneia no continuó con el proyecto por razones de macroeconomía, perdiendo la caución presentada al momento de incorporarse a los llamados de Renovar 2. Lo que, si tiene valor económico y Biotec lo comercializa, son residuos de vinaza secados, manteniendo el componente sólido con la materia orgánica contenida en el efluente, pero en fase sólida.

Miguel Ullivarri: (MU) INTA Famailla junto con la empresa Biotec, desarrolló un biodigestor de vinaza con el fin de obtener un digestado del tratamiento y evaluar qué impacto generaba ese digestado en los suelos cañeros.

(J.O.) En ese proyecto trabajaron la Ing. Portocarrero y el Ing. Vallejos. No tenía por objeto evaluar biogás producido, ya que el mismo se ventaba. Al Yo ingresar al INTA ese proyecto ya no funcionaba.

(M.U.) Que opinión tiene de la tasa de aplicación de vinaza entre 80 a 150 m<sup>3</sup> /ha como sugiere la EEAOC.

(J.O.) Creo que no están rotando la superficie como sería adecuado. Entiendo que la vinaza debería tener otro destino por el valor que tiene tanto nutricional como energético. Al aplicarla a campo, se pierde el valor que tiene como potencial energético de fertilizante. No observo cuidado en la energía y su uso. Se riegan caminos o se lavan camiones con agua con temperatura y se cogenera, pero con ineficiencias en su aprovechamiento. La concentración de vinaza solo hacerla para grandes volúmenes que deban transportarse por vinazoducto. Se pueden hacer biodigestores para escalas menores. Lo que observé es que lo de flujo horizontal son los más ineficientes.

Vítor Ribeiro. (V.R.) En Brasil están avanzando en biodigestores de vinaza, pero también están trabajando con Biodigestores de cachaza como fuente de tratamiento.

¿Conoces si en Brasil hay proyectos de concentración e incineración de vinaza?

(J.O.) No tengo referencias. Si sé que Raizen tiene biodigestores anaeróbicos. En la zona del Mato Grosso hacia donde se expandió la actividad azucarera, hay biodigestores que operan con maíz y caña durante todo el año. En la India, con la nueva ley, las destilerías tienen prohibido la generación efluentes, desarrollándose las tecnologías de incineración que no generan efluentes líquidos. Frente a la normativa desarrollaron tecnologías, superando inconvenientes hasta su puesta a punto. India hoy consume lo que produce por lo que su producción no impacta en el mercado internacional. Brasil tiene desarrollo en biodigestión y la India en concentración e incineración. Respecto a los proyectos Renovar, no sé si los proyectos pactados en precio dólar, si en la actualidad están percibiendo los valores acordados al momento de adjudicación. La industria azucarera nacional tiene periodos de crisis y no se hacen las inversiones necesarias. Los temas ambientales están en segundo orden y eso es un problema. El Ing. Leales realiza un prolijo manejo de compost, además patentó un modelo de cosecha donde el despunte es cosechado simultáneamente pero cargado en una autovuelco distinto al de la caña. En estos momentos estoy evaluando el valor energético, comparándolo con el RAC levantado del suelo como el caso de Ledesma.

(A.G.) Que porcentaje del RAC se recupera con ese método de carga diferencias. Posiblemente un 15 % del total del RAC. Estuvimos trabajando con el Ing. Jorge Hilbert del INTA sobre un proyecto con la Unión Europea analizando la potencialidad energética del RAC. Con recursos de ese proyecto se está analizando comparativamente el valor energético del despunte Vs RAC tradicional que se recoge días después del paso de la cosecha. Se hicieron evaluaciones de uso en biodigestores, como alimento de ganado o de uso en calderas como también la producción de pellets. Se está en proceso de publicación de estos resultados. Deseo señalar que los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> están su dimensionados. Un análisis más profundo muestra que las emisiones atribuibles a nitrógenos deberían mostrar un valor mayor que el que se declaró en el trabajo de tesis.

Las emisiones como los valores de mitigación, ambas están subdimensionadas.

## **ANEXO F.11. Acta de la reunión del 25 de agosto de 2022.**

### **ACTA DE LA REUNION ADAYC-GRUPO ALBANESI**

ENTIDADES: GRUPO ALBANESI  
ADAYC

**ASUNTO:** Entrevista con Grupo Albanesi, grupo empresario argentino de capitales privados. Que desarrolla su principal actividad en el mercado de energía, ofreciendo servicios de provisión y transporte de gas natural y suministro de energía eléctrica a sus clientes.

La capacidad de desarrollo y ejecución de nuevos proyecto de cogeneración permiten afianzar su presencia en el mercado de energía eléctrica, así como explorar nuevos negocios.

**FECHA:** 2022-08-25, 09:00 de Argentina

**MEDIO DE REUNIÓN:** *Online*

**ASISTENCIAS:**

**GRUPO ALBANESI:** Julián Pablo Sarti. Vicepresidente.  
**ADAYC:** Alejandro Gallino (Jefe de equipo)  
Vítor Ribeir  
Eduardo León  
Miguel Fernández de Ullivarri

1. La reunión se inicia a las 09 Horas.
2. Alejandro Gallino (A.G.) Desarrolla una introducción sobre los objetivos para le elaboración de una hoja de ruta que permita identificar la potencialidad, que la agroindustria del azúcar puede ofrecer como proveedora.
3. Se realizó una entrevista con el Ing. Julián Pablo Sarti, director de Albanesi, empresa que tiene instaladas y operando varias cogeneraciones industriales y otras en construcción. Albanesi es una empresa que se dedicaba principalmente al suministro de gas industrial para la industria y a la construcción de gasoductos a tal efecto.
4. Albanesi, también ha realizado y opera ciclos de cogeneración industrial como la instalación que complementa a la planta de elaboración de aceite vegetal de soja de Renova, ubicada en Timbúes, al norte de la ciudad de Rosario (unos 50 km), siendo esta fábrica la más grande del mundo en cuando a la elaboración de aceite de soja.  
Allí se instaló una turbina de gas de 180 MW, más una caldera de recuperación de alrededor de 500 ton/h de vapor en dos presiones (65 bar, 480°C y 6 bar saturado), para alimentar las necesidades fabriles.  
El vapor de alta presión se utiliza en Renova para alimentar dos turbinas de vapor de contrapresión, con destino a satisfacer sus propias necesidades de energía eléctrica.
5. El vapor generado Albanesi lo comercializa con Renova mientras que la energía eléctrica la vende a la red, dentro de la licitación efectuada de incremento de potencia, siendo CAMMESA quien provee el combustible para la turbina de gas (básicamente gas natural, aunque también puede funcionar con gas oil)
6. Albanesi posee otra cogeneración con turbinas de gas de 40 MW cada una y calderas de recuperación generando vapor de 45 bar 450°C (un total de 200 t/h).  
Está instalada en la central térmica de Luján de Cuyo (Mendoza) y alimenta de vapor a la destilería de YPF ubicada cerca, y venta de energía eléctrica a la red.
7. Entre otros proyectos, está en construcción otra cogeneración para la firma Louis Dreyfus y Cía, también una planta de elaboración de aceite de soja, ubicada unos 25 km al sur de Rosario, con dos turbinas de gas de 40 MW, una turbina de vapor de 25 MW y vapor de 12 bar para el proceso fabril.
8. En el sector eléctrico, Albanesi también opera otras centrales de generación con energía térmica, pudiendo mencionarse las de General Roca, Ezeiza y Maranzana, en todos los casos inicialmente con turbinas de gas en ciclo abierto y que se complementaron con turbinas de vapor, integrándose en ciclos combinados.
9. El Ing. Julián Sarti, Director de Albanesi en el área de generación de energía eléctrica, menciona que si bien su rubro principal en la cogeneración son instalaciones que utilicen gas natural como combustible (complementando además el rubro de suministro de gas natural), también evaluaron en su momento una cogeneración para la empresa Ledesma, en Libertador General San Martín.
10. En este caso también se evaluaron las alternativas de otros combustibles (como bagazo y RAC), Ledesma presenta una situación distinta y más favorable para los proyectos de cogeneración, debido a que tienen producen vapor durante todo el año, en especial por la demanda térmica de la fábrica de papel en el período fuera de zafra.
11. Vitor Ribeiro pregunta por los principales obstáculos para la cogeneración, en la visión de Albanesi



Julián Sarti manifiesta que para proyectos balanceados en sí mismo, es decir que generan vapor y energía eléctrica para autoconsumo no hay problemas y hay múltiples ejemplos de ello (en general con turbinas de vapor)

El problema es cuando sobre energía eléctrica respecto del autoconsumo (lo que se produce en especial cuando se instalan turbinas de gas), porque ese sobrante tendría que ser remunerado adecuadamente.

12. En la actualidad, la normativa impide comercializar esa energía eléctrica con terceros usuarios industriales, debiendo venderse a la red, a valores de energía spot, no reconociéndose el término de potencia.

La única posibilidad de intercambio con otros usuarios industriales es si los otros usuarios son del mismo dueño que el sitio donde opera la cogeneración.

13. Vitor Ribeiro comenta que en Europa valoran la energía térmica considerando un rendimiento de 90% para las calderas Industriales, Eduardo León informa que sucede lo mismo en Argentina para las calderas que utilizan gas natural como combustible.

14. Respecto de la energía eléctrica, Vito Ribeiro distingue dos alternativas:

- Que toda la energía eléctrica sea autoconsumo y sin intercambio con la red
- Vender toda la energía eléctrica a la red o a otro usuario

Vitor Ribeiro pregunta qué cambios habría que hacer a la normativa actual para promover la cogeneración

15. Julián Sarti explica que el mayor obstáculo es no poder comercializar la energía eléctrica a valores razonables. Eduardo León indica que sería suficiente que se incluyera a la cogeneración dentro de la normativa de energías renovables.

17. En estos momentos la red compra la energía al valor spot, a diferencia de Europa que establece un precio que tiene en cuenta los beneficios de esta tecnología.

18. En las licitaciones de incremento de potencia, se tuvo en cuenta remunerar también la potencia, lo que derivó en varios proyectos de cogeneración importantes (Renova, T6 y Dreyfus)

19. Se solicitó que hubiera una "ventanilla abierta" para poder incluir a futuro nuevas cogeneraciones a valores similares a los que se obtuvieron en las licitaciones de incremento de potencia, pero sin éxito.

20. Julián Sarti indica que nuevas licitaciones similares a las de incremento de potencia podrían lograr nuevas instalaciones de cogeneración, pero más simple y favorable sería adoptar los conceptos iniciales de cuando se desreguló y privatizó el mercado eléctrico, permitiendo la realización de contratos de suministro de energía eléctrica entre terceros (en especial para la cogeneración, por los beneficios generales para el país)

Indica que cada cogeneración tiene diferentes particularidades que deben tenerse en cuenta en los contratos, y su realización entre privados permite esa flexibilidad

Hacerlo todo por medio del Estado (CMMESA) es posible, aunque debido a que se requieren normas más rígidas habrá menores beneficios globales.

21. Respecto de las condiciones para hacer factible una cogeneración, Julián Sarti indica la necesidad de un balance entre las energías térmicas y eléctricas requeridas y generadas y un respaldo que abarque al menos el período del préstamo (entre 5 y 8 años), con la seguridad que la empresa seguirá funcionando.

22. Pregunta Vitor Ribeiro sobre las garantías financieras que se piden, poniendo como ejemplo un grupo papelerero en Francia que al cambiar de dueño decide cerrar algunas de sus plantas que tenían instalados sistemas de cogeneración.

Julián Sarti dice que en general se piden garantías de la casa matriz, por supuesto hay prenda sobre los equipos y se analizan los flujos del contrato.

Es importante analizar el tipo de empresa. En el caso de Renova es una industria fuertemente arraigada en el país, y que la plena seguridad que seguirá operativa por un lapso largo

Julián Sarti termina diciendo que la cogeneración es un esquema muy virtuoso, y que en el caso de Renova tanto Albanesi como el usuario final están muy conformes



## ANEXO G. BASE DE DATOS

### Cantidades/Flujos (Datos Generales)

<b>Caña molida</b>	Caña molida	T/año	23 369 649	(2)
	Hectareas utilizadas	ha	386 708	(1)
	Producción específica caña molida	T/ha	60,4	(3)
<b>Azúcre</b>	Producción azúcar (TMCV)	T/año	2 229 194	(4)
	Producción azúcar	T/año	1 781 328	(4)
	Producción específica azúcre	T/ha	5,76	(3)
	Producción específica azúcre	% T/T caña	9,54	(3)
<b>Melaza (teórico)</b>	Porcentaje melaza sobre caña mollida	%	4,00	(5)
	Producción	T/año	934 786	(3)
<b>Bagaso (teórico)</b>	Porcentaje cachaza sobre caña mollida	%	30	(8)
	Producción humeda	T/año	7 010 895	(3)
	Humedad	%	56,0	(5)
	Producción seca	T <sub>DS</sub> /año	3 084 794	(3)
	Ratio Caña mollinada/bagaso humedo	T/T	3,33	(3)
	PCS bs	Kcal/Kg	4 487	(3)
	PCI bh	Kcal/Kg	1 560	(5)
<b>Cachaza (teórica)</b>	Porcentaje cachaza sobre caña mollida	%	2,4	(8)
	Producción humeda	T/año	560 872	(3)
	Humedad	%	71,1	(5)
	Producción seca	T <sub>DS</sub> /año	162 092	(3)
<b>RAC</b>	Porcentaje RAC sobre caña mollida	%	10	(8)
	Producción humeda	T/año	2 336 965	(3)
	Humedad (antes secado natural)	%	44,3	(3)
	Producción seca	T <sub>DS</sub> /año	1 301 304	(3)
	Humedad (después secado natural, para almacenamiento)	%	25	(5)
	PCS bs	Kcal/Kg	4 300	(3)
	PCI bh	Kcal/Kg	1 960	(5)
	PCI bh (después secado natural, a 25% humedad)	Kcal/Kg	3 060	(5)
	Porcentaje Tops en RAC	%	67	(6)
	Producción Humeda Tops	T/año	1 565 766	(3)
	Humedad Tops	%	61,6	(6)
	Producción Tops	T <sub>DS</sub> /año	600 863	(3)
	Porcentaje hojas secas en RAC	%	33	(6)
	Producción hojas secas	T/año	771 198	(3)
	Humedad hojas secas	%	9,2	(6)
	Producción hojas secas	T <sub>DS</sub> /año	700 441	(3)
	Porcentaje RAC quedando en los campos	%	50	(7)
	Porcentaje RAC disponible para otras soluciones	%	50	(3)
	RAC quedando en los campos	T <sub>DS</sub> /año	650 652	(3)
	RAC disponible para bioenergía, incluyendo quema	T <sub>DS</sub> /año	650 652	(3)
	Porcentaje máximo RAC a futuros en calderas (en calor)	%	20	(9)
	RAC max. a futuros posible de utilización en calderas existentes	T <sub>DS</sub> /año	705 472	(3)
	<b>Etanol</b>	Producción etanol a partir de jugo	%	50
Producción etanol a partir de melaza		%	50	(5)
Producción etanol a partir de jugo		m <sup>3</sup> /año	270 899	(3)
Producción etanol a partir de melaza		m <sup>3</sup> /año	270 899	(3)
Producción		m <sup>3</sup> /año	541 797	(10)
<b>Vinaza</b>	Ratio Vinaza / Etanol (a partir de jugo)	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	10	(5)
	Ratio Vinaza / Etanol (a partir de melaza)	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	12	(5)
	Producción vinaza a partir de jugo	m <sup>3</sup> /año	2 708 985	(5)
	Producción vinaza a partir de melaza	m <sup>3</sup> /año	3 250 782	(5)
	Producción	m <sup>3</sup> /año	5 959 767	(3)
	Densidad	T/m <sup>3</sup>	1	
	Humedad	%	94,7	(5)
Producción seca	T <sub>DS</sub> /año	315 868	(3)	

(1) Tucumán: EEAOC registrado en publicación Avance Agroindustrial N° 36-1

Salta y Jujuy: Información aportada individualmente por cada empresa

(2) Tucumán: Estadísticas CAA (Centro Azucarero Argentino)

Salta y Jujuy: Información aportada individualmente por cada empresa

(3) Por cálculo basado en parámetros insumo de base

(4) Estadísticas CAA (Centro Azucarero Argentino), año 2020

**Fuente/  
Source:**

(5) Valores asumidos como promedios nacionales

(6) <https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJTFLrcfz9DL/?lang=en#>

(7) Valor asumido a un nivel nacional como límite de extracción

(8) INTA

(9) Valor asumido como de actual máxima utilización

(10) CAA, 2020: <https://centroazucarero.com.ar/produccion-de-alcohol-2020-2029/>

### DIVERSOS

Consumo específico electricidad con logística RAC	KWh/T <sub>RAC</sub>	2	(1)
Consumo específico diesel con logística RAC	Lt/T <sub>RAC</sub>	0,840	(2)
Eficiencia conversión térmica RAC en calderas de bagaso de baja presión	%	65	(3)
Eficiencia conversión térmica biogas en calderas bagaso de baja presión	%	80	(3)
Eficiencia conversión térmica GN en calderas de bagaso de baja presión	%	80	(3)
Eficiencia conversión eléctrica RAC, con nuevas calderas dedicadas de 64 bar	%	28,0	
Densidad GN	Kg/m <sup>3</sup>	0,760	(4)
PCI GN	KJ/m <sup>3</sup>	38 937	(4)
PCI biogas (con 60% metano)	KWh/m <sup>3</sup>	8,223	
PCI biogas (con 60% metano)	KJ/Kg	30 757	
PCI biogas (con 60% metano)	KWh/Kg	8,544	
PCI bh RAC (con 25% humedad)	KJ/Kg	12 812	(4)
PCI bh vinaza (con 60 <sup>o</sup> BRIX)			

<sup>(1)</sup> Fuente/Source:

<sup>(2)</sup> Fuente/Source: estimación interna basada en:

- Consumo diesel = 0,42 L/Km
- Distancia promedio por viaje = 60 Km
- Peso caña por viaje = 030 T/Camión
- Consumo diesel = 25,2 L/viaje

<sup>(3)</sup> Fuente/Source: rendimientos promedios asumidos para un nivel nacional

<sup>(4)</sup> Fuente/Source: datos promedios asumidos para un nivel nacional

Factores de emisión de GEI		
Parámetro	Unidad	Valor
Diesel	Kg CO <sub>2</sub> eq/Lt	2,77
Nafta	Kg CO <sub>2</sub> eq/Lt	2,37
Gas Natural	Kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	1,95
Madera	Kg CO <sub>2</sub> eq/Lt	1,63
Energía Eléctrica <sup>(1)</sup>	Kg CO <sub>2</sub> eq/KWh	0,4071
Bagaso <sup>(2)</sup>	Kg CO <sub>2</sub> eq/Kg <sub>db</sub>	0
RAC <sup>(2)</sup>	Kg CO <sub>2</sub> eq/Kg <sub>db</sub>	0
Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016) <sup>(3)</sup>		
	T <sub>CO2 eq</sub> /año	364 440 000
Objetivo NDC en 2030 <sup>(4)</sup>		
	T <sub>CO2 eq</sub> /año	349 000 000

Fuente/Source: Manual de Aplicación de la Huella de Carbono, 2018, Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático, Ministerio de Agroindustria, Provincia de Buenos Aires

[https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual\\_aplicacion\\_Huella\\_de\\_Carbono.pdf](https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf)

<sup>(1)</sup> Fuente/Source:

[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.energia.gob.ar%2FContenidos%2Farchivos%2FReorganizacion%2Finformacion\\_del\\_mercado%2Fpublicaciones%2Fmercado\\_electrico%2Ffactor\\_emision%2Ffactor\\_de\\_emision\\_cm\\_2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.energia.gob.ar%2FContenidos%2Farchivos%2FReorganizacion%2Finformacion_del_mercado%2Fpublicaciones%2Fmercado_electrico%2Ffactor_emision%2Ffactor_de_emision_cm_2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

<sup>(2)</sup> Fuente/Source: Para efectos de comparación con los demás combustibles, solo son consideradas emisiones de CO<sub>2</sub> eq asociadas a la combustión y no al ciclo de vida. Para la combustión, solo son consideradas las contribuciones de Carbono para la emisión de CO<sub>2</sub> eq (contribución nula ya que el C tiene un ciclo cerrado) y, por el contenido de Nitrógeno ser bajo (promedio de respectivamente 0,8% y 0,4% sobre materia seca para los RAC y el bagaso), se desprecia la contribución del NO<sub>2</sub> emitido, para la emisión de CO<sub>2</sub> eq (aunque el Nitrógeno tenga un ciclo abierto).

<sup>(3)</sup> Fuente/Source: <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/resultados>

<sup>(4)</sup> Fuente/Source: <https://ambitiontoaction.net/partner-countries-argentina/>

### Análisis elemental RAC / RAC elemental analysis

Parametro/Parameter	Unidad/Unit	RAC/T&T			
		Rango / Range	Máx.	Min.	Promedio / Average
pH	—	—	—	—	—
TS	% <sub>FM</sub>				55,7
VS	% <sub>TS</sub>	68 - 92	92	68	86,3
COD	g·L <sup>-1</sup>	—	—	—	—
TKN	g·kgRS <sup>-1</sup>	2,9 - 5,5	5,5	2,9	4,2
Cellulose	% <sub>TS</sub>	21 - 39	39	21	30
Lignin	% <sub>TS</sub>	13 - 19	19	13	16
Hemicellulose	% <sub>TS</sub>	21 - 24	24	21	22,5
NFC	% <sub>TS</sub>	6,7 - 15	15	6,7	10,85
Raw protein	% <sub>TS</sub>	1,8 - 5,5	5,5	1,8	3,65
Raw fat	% <sub>TS</sub>	0,7 - 1,0	1	0,7	0,85
Carbon (C)	% <sub>TS</sub>	37 - 51	51	37	44
Nitrogen (N)	% <sub>TS</sub>	0,5 - 1,1	1,1	0,5	0,8
Phosphorous (P)	% <sub>TS</sub>	0,3 - 0,1	0,3	0,1	0,2
Sulfur (S)	% <sub>TS</sub>	0,05 - 0,08	0,08	0,05	0,065
Silicon (Si)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	107 - 352	352	107	229,5
Calcium (Ca)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	2000 - 5000	5000	2000	3500
Sodium (Na)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.4 - 75	75	4	39,5
Potassium (K)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	2600 - 8300	8300	2600	5450
Magnesium (Mg)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	1200 - 2000	2000	1200	1600
Aluminum (Al)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	785 - 33300	33000	785	16892,5
Cobalt (Co)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,43 - 8	8	0,43	4,215
Iron (Fe)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	856 - 50000	50000	856	25428
Manganese (Mn)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	88 - 293	293	88	190,5
Molybdenum (Mo)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.0 - 1,0	1	0	0,5
Nickel (Ni)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	3,5 - 14,9	14,9	3,5	9,2
Tungsten (W)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.0 - 0,2	0,2	0	0,1
Methane yield	mL <sub>N</sub> ·g <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	79 - 234	234	79	156,5

**Fuente/Source:** "Beyond Sugar and Ethanol Production: Value Generation Opportunities Through Sugarcane Residues" Steffi Formann, Alena Hahn, Leandro Janke, Walter Stinner, Heike Sträuber, Washington Logroño and Marcell Nikolausz

Humedad	%				44,3
---------	---	--	--	--	------

**Fuente/Source:**

H Hojas secas: <a href="https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#">https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#</a>	9,2
H Tops: <a href="https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#">https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#</a>	61,6
% Hojas secas: <a href="https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#">https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#</a>	33
% Tops: <a href="https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#">https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jqnJJTLrcfz9DL/?lang=en#</a>	67

Hidrógeno	%				6
-----------	---	--	--	--	---

**Fuente/Source:** [1.3.2. Biomass | netl.doe.gov](#)

### Análisis elemental Bagaso / Bagasse elemental analysis

Parametro/Parameter	Unidad/Unit	Bagaso/Bagasse			
		Rango / Range	Máx.	Min.	Promedio / Average
pH	—	—	—	—	—
TS <sup>(1)</sup>	% <sub>FM</sub>				44
VS	% <sub>TS</sub>	92 - 97	97	92	94,5
COD	g·L <sup>-1</sup>	—	—	—	—
TKN	g·kgRS <sup>-1</sup>	2,5 - 3,3	3,3	2,5	2,9
Cellulose	% <sub>TS</sub>	28 - 45	45	28	36,5
Lignin	% <sub>TS</sub>	6,4 - 17	17	6,4	11,7
Hemicellulose	% <sub>TS</sub>	16 - 37	37	16	26,5
NFC	% <sub>TS</sub>	2,4 - 33	33	2,4	17,7
Raw protein	% <sub>TS</sub>	1,1 - 4,3	4,3	1,1	2,7
Raw fat	% <sub>TS</sub>	0,4 - 0,9	0,9	0,4	0,65
Carbon (C)	% <sub>TS</sub>	44 - 50	50	44	47
Nitrogen (N)	% <sub>TS</sub>	0,4 - 0,7	0,7	0,4	0,55
Phosphorous (P)	% <sub>TS</sub>	0,02 - 0,06	0,06	0,02	0,04
Sulfur (S)	% <sub>TS</sub>	0,02 - 0,07	0,07	0,02	0,045
Silicon (Si)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	270 - 400	400	270	335
Calcium (Ca)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	600 - 1700	1700	600	1150
Sodium (Na)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.4 - 44	44	4	24
Potassium (K)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	1300 - 5600	5600	1300	3450
Magnesium (Mg)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	400 - 1100	1100	400	750
Aluminum (Al)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	455 - 2570	2570	455	1512,5
Cobalt (Co)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,2 - 0,7	0,7	0,2	0,45
Iron (Fe)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	716 - 3700	3700	716	2208
Manganese (Mn)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	36 - 56	56	36	46
Molybdenum (Mo)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,3 - 1	1	0,3	0,65
Nickel (Ni)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,5 - 6,6	6,6	0,5	3,55
Tungsten (W)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.0 - 0,2	0,2	0	0,1
Methane yield	mL <sub>N</sub> ·g <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	226 - 326	326	226	276

**Fuente/Source:** "Beyond Sugar and Ethanol Production: Value Generation Opportunities Through Sugarcane Residues" \_Steffi Formann, Alena Hahn, Leandro Janke, Walter Stinner, Heike Sträuber, Washington Logroño and Marcell Nikolausz

<sup>(1)</sup> **Fuente/Source:** Valor asumido como promedio nacional

Hidrógeno	%				6
-----------	---	--	--	--	---

**Fuente/Source:** [1.3.2. Biomass | netl.doe.gov](#)

**Análisis elemental Cachaza / Filter Cake elemental analysis**

Parametro/Parameter	Unidad/Unit	Cachaza/Filter Cake			
		Rango / Range	Máx.	Min.	Promedio / Average
pH	—	—	—	—	—
TS	% <sub>FM</sub>				28,9
VS	% <sub>TS</sub>				74,2
COD	g·L <sup>-1</sup>	—	—	—	—
TKN	g·kgRS <sup>-1</sup>	17 - 22	22	17	19,5
Cellulose	% <sub>TS</sub>	.10 - 29	29	10	19,5
Lignin	% <sub>TS</sub>	8,5 - 13	13	8,5	10,75
Hemicellulose	% <sub>TS</sub>	14 - 30	30	14	22
NFC	% <sub>TS</sub>	1,4 - 27	27	1,4	14,2
Raw protein	% <sub>TS</sub>	.11 - 18	18	11	14,5
Raw fat	% <sub>TS</sub>	3,9 - 4,4	4,4	3,9	4,15
Carbon (C)	% <sub>TS</sub>	34 - 47	47	34	40,5
Nitrogen (N)	% <sub>TS</sub>	1,5 - 1,9	1,9	1,5	1,7
Phosphorous (P)	% <sub>TS</sub>	0,3 - 1,1	1,1	0,3	0,7
Sulfur (S)	% <sub>TS</sub>	0,16 - 0,19	0,19	0,16	0,175
Silicon (Si)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	315 - 1500	1500	315	907,5
Calcium (Ca)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	9000 - 17000	17000	9000	13000
Sodium (Na)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0 - 42	42	0	21
Potassium (K)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	1200 - 3300	3300	1200	2250
Magnesium (Mg)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	2600 - 4300	4300	2600	3450
Aluminum (Al)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	12600 - 55200	55200	12600	33900
Cobalt (Co)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	2,4 - 4,9	4,9	2,4	3,65
Iron (Fe)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	12800 - 55700	55700	12800	34250
Manganese (Mn)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	405 - 773	773	405	589
Molybdenum (Mo)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0 - 1,5	1,5	0	0,75
Nickel (Ni)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	9,5 - 20,8	20,8	9,5	15,15
Tungsten (W)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0 - 0,8	0,8	0	0,4
Methane yield	mL <sub>N</sub> ·g <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	160 - 281	281	160	220,5

**Fuente/Source:** "Beyond Sugar and Ethanol Production: Value Generation Opportunities Through Sugarcane Residues" \_Steffi Formann, Alena Hahn, Leandro Janke, Walter Stinner, Heike Sträuber, Washington Logroño and Marcell Nikolausz

Humedad	%	68 -78	68	78	73
---------	---	--------	----	----	----

**Fuente/Source:**

[https://www.researchgate.net/figure/Mass-balance-of-sugarcane-juice-extraction\\_fig2\\_37446360\\_e\\_último\\_artigo\\_técnico\\_enviado\\_por\\_Leandro\\_Janke:\\_\"Beyond\\_Sugar\\_and\\_Ethanol\\_Production\\_Value\\_Generation\\_Opportunities\\_Through\\_Sugarcane\\_Residues\"](https://www.researchgate.net/figure/Mass-balance-of-sugarcane-juice-extraction_fig2_37446360_e_último_artigo_técnico_enviado_por_Leandro_Janke:_\)

**Análisis elemental Vinaza / Vinasse elemental analysis**

Parametro/Parameter	Unidad/Unit	Vinaza/Vinasse			
		Rango / Range	Máx.	Min.	Promedio / Average
pH	—	3,8 - 5,1	5,1	3,8	4,45
TS <sup>(1)</sup>	% <sub>FM</sub>				5,3
VS	% <sub>TS</sub>	67 - 80	80	67	70,6
COD <sup>(1)</sup>	g·L <sup>-1</sup>				60
TKN	g·kgRS <sup>-1</sup>	21 - 72	72	21	46,5
Cellulose	% <sub>TS</sub>	2,6 - 7	7	2,6	4,8
Lignin	% <sub>TS</sub>	3,2 - 6,7	6,7	3,2	4,95
Hemicellulose	% <sub>TS</sub>	8,1 - 36	36	8,1	22,05
NFC	% <sub>TS</sub>	21 - 40	40	21	30,5
Raw protein	% <sub>TS</sub>	14 - 16	16	14	15
Raw fat	% <sub>TS</sub>	0,01 - 0,1	0,1	0,01	0,055
Carbon (C)	% <sub>TS</sub>	37 - 39	39	37	38
Nitrogen (N)	% <sub>TS</sub>	1,8 - 3,2	3,2	1,8	2,5
Phosphorous (P)	% <sub>TS</sub>	0,3 - 0,8	0,8	0,3	0,55
Sulfur (S)	% <sub>TS</sub>	0,5 - 2,1	2,1	0,5	1,3
Silicon (Si)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	400 - 3800	3800	400	2100
Calcium (Ca)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	4000 - 21000	21000	4000	12500
Sodium (Na)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	200 - 900	900	200	550
Potassium (K)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	18000 - 152000	152000	18000	85000
Magnesium (Mg)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	2800 - 24000	24000	2800	13400
Aluminum (Al)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	105 - 587	587	105	346
Cobalt (Co)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,2 - 1,2	1,2	0,2	0,7
Iron (Fe)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	117 - 690	690	117	403,5
Manganese (Mn)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	55 - 275	275	55	165
Molybdenum (Mo)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,5 - 1,1	1,1	0,5	0,8
Nickel (Ni)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	0,4 - 3,7	3,7	0,4	2,05
Tungsten (W)	mg·kgTS <sup>-1</sup>	.0 - 0,1	0,1	0	0,05
Methane yield	mL <sub>N</sub> ·g <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	223 - 302	302	223	262,5

**Fuente/Source:** "Beyond Sugar and Ethanol Production: Value Generation Opportunities Through Sugarcane Residues" \_Steffi Formann, Alena Hahn, Leandro Janke, Walter Stinner, Heike Sträuber, Washington Logroño and Marcell Nikolausz

<sup>(1)</sup> **Fuente/Source:** Valor asumido como promedio nacional

Hidrógeno	%				5
-----------	---	--	--	--	---

**Fuente/Source:** Valor asumido como promedio



**Comparación de los componentes de las cenizas de RAC analizadas en un estudio de la Universidad Tecnológica Nacional / Facultad Regional Tucumán, en relación a los componentes encontrados globalmente**

ÓXIDOS	Estudio UTN / FRT			Valores globales		
	Promedio	Rango	D. Est.	Promedio	Rango	D. Est.
SiO <sub>2</sub> (%)	55,09	36,23 a 67,79	9,81	51,07	36,50 a 67,12	9,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0,85	0,77 a 1,08	0,10	6,97	2,05 a 15,89	4,75
TiO <sub>2</sub> (%)	0,18	0,14 a 0,24	0,04	0,63	0,17 a 1,17	0,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0,58	0,42 a 0,81	0,13	3,82	1,83 a 7,49	1,72
CaO (%)	7,46	4,78 a 9,79	1,59	10,42	0,71 a 21,15	6,58
MgO (%)	2,47	1,30 a 3,63	0,85	3,72	0,81 a 7,30	1,83
Na <sub>2</sub> O (%)	0,77	0,42 a 1,15	0,22	1,12	0,12 a 4,90	1,56
K <sub>2</sub> O (%)	14,34	7,02 a 22,06	4,74	7,90	1,08 a 14,66	3,51
SO <sub>3</sub> (%)	0,2	0,15 a 0,29	0,05	3,43	1,37 a 4,96	1,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,81	0,59 a 1,15	0,18	2,37	0,80 a 5,52	1,58
<b>TOTAL (%)</b>	82,76	56,13 a 92,27		77,78	7,50 a 99,56	
<b>ind. (%)</b>	17,24	7,73 a 43,87		22,22	0,44 a 92,50	
<b>Fuente /Source:</b>	<a href="https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/6079/Tesis%20de%20Mae%20str%20c3%20ada%20Golato%202021%20versi%20c3%20b3n%20final-final.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/6079/Tesis%20de%20Mae%20str%20c3%20ada%20Golato%202021%20versi%20c3%20b3n%20final-final.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>					

**POTENCIAL BIOGÁS**

Parametro	Unidad	RAC	Cachaza	Vinasa
<b>Sólidos totales usados (ST)</b>	%	55,7	28,9	5,3
<b>Sólidos volátiles usados (SV)</b>	% (de ST)	86,3	74,2	70,6
<b>Potencial metano (rango)</b>	L/kg SV	199 -252	245 - 281	246 -302
<b>Potencial metano usado</b>	L/kg SV	234	263	274
<b>Porcentaje metano</b>	%	60	60	60
<b>Potencial biogás</b>	L/kg SV	390	438	457

**Fuente/Source:** "Biogas Production from Sugarcane Waste: Assessment on Kinetic Challenges for Process Designing" Leandro Janke, Athaydes Leite, Marcell Nikolausz, Thomas Schmidt, Jan Liebetrau, Michael Nelles and Walter Stinner

### PRECIOS DE REFERENCIA

Precio del GN (para grandes consumidores industriales) <sup>(4)</sup>	USD/MBTU	5,757
Precio del GN (para grandes consumidores industriales) <sup>(4)</sup>	USD/Gcal <sub>PCS</sub>	22,8
Precio del GN (para grandes consumidores industriales) <sup>(4)</sup>	USD/Gcal <sub>PCI</sub>	25,3
Precio del GN (para grandes consumidores industriales) <sup>(4)</sup>	USD/GJ <sub>PCI</sub>	6,0
Precio del RAC, en el parque de almacenamiento de la CHP (25% humedad) <sup>(7)</sup>	USD/T	28,4
Precio del RAC, transporte hasta la caldera (25% humedad)	USD/T	10
Precio del RAC, total de entrega en la caldera (25% humedad)	USD/T	38,4
Precio de compra RAC en mercado <sup>(8)</sup>	USD/T	0
Precio actual de venta de electricidad verde a la red <sup>(4)</sup>	USD/MWh	50
Precio mínimo asumido futuro de venta de electricidad "verde a la red	USD/MWh	90
Precio de compra de electricidad a la red <sup>(4)</sup>	USD/MWh	100
Precio compra fertilizante (Nitrógeno) <sup>(1)</sup>	USD/Kg N	2,0
Precio compra fertilizante (Fósforo) <sup>(2)</sup>	USD/Kg P	8,250
Precio compra fertilizante (Potásio) <sup>(3)</sup>	USD/Kg K	2,659
Precio Ton CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> emitida <sup>(6)</sup> [Referencia Europea de 2022/09/08]	USD/T CO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>	65,90

<sup>(1)</sup> **Fuente/Source:** EEAOC, basado en 940 USD/ton urea, con concentración de 46% de nitrógeno

<sup>(2)</sup> **Fuente/Source:** EEAOC basado en 1.650 USD/ ton superfosfato triple con 20 % fosforo

<sup>(3)</sup> **Fuente/Source:** EEAOC basado en 1.340 USD/ ton cloruro de potasio, con 61% de K<sub>2</sub>O

<sup>(4)</sup> **Fuente/Source:** Departamento Energia Ledesma SAAI

<sup>(5)</sup> **Fuente/Source:** asumido como valor promedio nacional

<sup>(6)</sup> **Fuente/Source:** <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>

<sup>(7)</sup> **Fuente/Source:** EEAOC, reporte de 2015

<sup>(8)</sup> **Fuente/Source:** Valido solamente cuando los campos pertenecen a los ingenios

## ANEXO H. MEMORIAS DE CÁLCULO COMPLEMENTARIAS

Nota introductoria: el desarrollo de los cálculos asociados exclusivamente a un concepto simplificado de "costos simples de sustitución", y no a un concepto más amplio de análisis de la viabilidad económica de las diversas soluciones técnicas, se ha internamente considerado como el concepto posible y adecuado a ejecutar, teniendo sobre todo en cuenta las limitaciones de tiempo disponible para la ejecución de esta HdR, y inherentemente las limitaciones impuestas por su presupuesto. En otras circunstancias más avanzadas, y con objeto de mejor sostener futuras decisiones, se recomienda que este concepto de análisis simplificado, pueda evolucionar para un concepto más amplio de análisis de viabilidad, integrando para cada posible solución técnica planteada, los parametros estandar para este tipo de estudios: CAPEX, OPEX, TIR, etc.

<b>CASO #1: Disponibilidad máxima de RAC para soluciones de bioenergía</b>		
Producción anual bagaso (56% humedad)	T/año	7 010 895
PCI bh bagaso (56% humedad)	Gcal/T	1,560
Total calor útil bagaso	Gcal/año	10 935 894
20% del calor del bagaso util	Gcal/año	2 187 179
PCI bh RAC (25% humedad)	Gcal/T	3,060
RAC maximo aceptable en las calderas (25% humedad)	T/año	714 707
RAC maximo aceptable en las calderas (44,3% humedad)	T/año	1 266 932
RAC maximo aceptable en las calderas (0% humedad)	T <sub>DS</sub> /año	536 030
Producción anual RAC	T/año	2 336 965
Porcentaje RAC max aceptable sobre RAC total (44,3% humedad)	%	54
RAC disponible para soluciones de bioenergía	%	50
RAC disponible para soluciones de bioenergía	T/año	1 168 482
RAC no posible de aceptar en las calderas actuales (44,3% humedad)	T/año	-98 449
Humedad RAC (antes secado natural)	%	44,3
Humedad RAC (antes después natural)	%	25,0
RAC no posible de aceptar en las calderas actuales	T <sub>DS</sub> /año	-54 820

<b>CASO #2: Potencial máximo (teórico) de sustitución de GN por RAC en calderas de bajo rendimiento (misma generación de vapor)</b>		
PCI GN	KJ/m <sup>3</sup>	38 937
Densidad GN	Kg/m <sup>3</sup>	0,76
PCI GN	KJ/Kg	51 233
PCI bh RAC (25% humedad)	KJ/Kg	12 812
Eficiencia conversión térmica RAC en calderas de bagaso	%	65
Eficiencia conversión térmica GN en calderas de bagaso	%	80
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (44,3% humedad)	T <sub>RAC</sub> /año	1 266 932
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (25,0% humedad)	T <sub>RAC</sub> /año	714 707
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (0% humedad)	T <sub>DS</sub> /año	536 030
Calor total generado por el RAC	GJ/año	9 156 542
Generación de vapor por el RAC	GJ/año	5 951 752
Calor total generado evitado del GN	GJ/año	7 439 690
Cantidad equivalente de GN	T <sub>GN</sub> /año	145 212
Cantidad equivalente de GN	m <sup>3</sup> /año	191 068 759
Coste RAC utilizado (recopilación, transp. ext. y int., almacenamiento)	USD/año	27 473 324
Precio compra RAC en mercado <sup>(2)</sup>	USD/año	0
Coste total RAC	USD/año	27 473 324
Coste GN evitado	USD/año	44 946 221
Ahorro simples (sin credits carbono)	USD/año	17 472 896
Ahorro simples (sin credits carbono)	USD/TRAC (44,3%)	14
Factor emisión GN	Kg CO <sub>2 eq</sub> /m <sup>3</sup>	1,95
Factor emisión diesel	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Lt	2,77
Factor emisión RAC	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Kg db	0,00
Factor emisión energía eléctrica	Kg CO <sub>2 eq</sub> /KWh	0,4071
Consumo específico diesel con la logística del RAC	Lt/T <sub>RAC</sub>	0,840
Consumo diesel con la logística del RAC (25% humedad)	Lt/año	600 354
Consumo específico electricidad con la logística del RAC	KWh/T <sub>RAC</sub>	2,00
Consumo electricidad con la logística del RAC	KWh/año	1 429 413
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logística del RAC (diesel)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	1 663
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logística del RAC (electricidad)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	582
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la quema del RAC	T <sub>CO2 eq</sub> /año	0
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> evitadas con la sustitución del GN	T <sub>CO2 eq</sub> /año	372 584
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> totais evitadas	T <sub>CO2 eq</sub> /año	-370 339
Coste de mercado de ton CO <sub>2 eq</sub>	USD/T CO <sub>2 eq</sub>	65,90
Valor de mercado por ahorro emisión de CO <sub>2 eq</sub>	USD/año	24 405 352
Ahorro simples (con credits carbono)	USD/año	41 878 249
Ahorro simples (con credits carbono)	USD/TRAC (44,3%)	33
Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	364 440 000
Objetivo NDC en 2030	T <sub>CO2 eq</sub> /año	349 000 000
Reducción en los NDC nacionales (contribución solo en calor)	%	0,106

<b>CASO #3: Necesidades de RAC para sustitución total de GN</b>		
Producción anual bagaso (56% humedad)	T/año	7 010 895
PCI bh bagaso (56% humedad)	Gcal/T	1,560
Total calor útil bagaso	Gcal/año	10 935 894
15% del calor del bagaso util	Gcal/año	1 334 729
PCI bh RAC (25% humedad)	Gcal/T	3,060
RAC necesario en las calderas (25% humedad)	T/año	436 151
RAC necesario en las calderas (44,3% humedad)	T/año	773 147
RAC necesario en las calderas (0% humedad)	T <sub>DS</sub> /año	327 113
Producción anual RAC	T/año	2 336 965
Porcentaje RAC necesario sobre RAC total (44,3% humedad)	%	33
RAC disponible para soluciones de bioenergía	%	50
RAC disponible para soluciones de bioenergía	T/año	50
RAC no posible de aceptar en las calderas actuales (44,3% humedad)	T/año	395 335
Humedad RAC (antes secado natural)	%	44,3
Humedad RAC (después secado natural)	%	25,0
RAC no posible de aceptar en las calderas actuales	T <sub>DS</sub> /año	220 137

<b>CASO #4: Necesidades de RAC para sustitución total de GN en calderas de bajo rendimiento (misma generación de vapor)</b>		
PCI GN	KJ/m <sup>3</sup>	38 937
Densidad GN	Kg/m <sup>3</sup>	0,76
PCI GN	KJ/Kg	51 233
PCI bh RAC (25% humedad)	KJ/Kg	12 812
Eficiencia conversión térmica RAC en calderas de bagaso	%	65
Eficiencia conversión térmica GN en calderas de bagaso	%	80
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (44,3% humedad)	T <sub>RAC</sub> /año	773 147
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (25,0% humedad)	T <sub>RAC</sub> /año	436 151
Cantidad de RAC a utilizar en calderas de bajo rend. (0% humedad)	T <sub>DS</sub> /año	327 113
Calor total generado por el RAC	GJ/año	5 587 794
Generación de vapor por el RAC	GJ/año	3 632 066
Calor total generado evitado del GN	GJ/año	4 540 082
Cantidad equivalente de GN	T <sub>GN</sub> /año	88 616
Cantidad equivalente de GN	m <sup>3</sup> /año	116 600 006
Coste RAC utilizado (recopilación, transp. ext. y int., almacenamiento)	USD/año	16 765 639
Precio compra RAC en mercado <sup>(2)</sup>	USD/año	0
Coste total RAC	USD/año	16 765 639
Coste GN evitado	USD/año	27 428 501
Ahorro simples (sin creditos carbono)	USD/año	10 662 862
Ahorro simples (sin creditos carbono)	USD/TRAC (44,3%)	14
Factor emisión GN	Kg CO <sub>2 eq</sub> /m <sup>3</sup>	1,95
Factor emisión diesel	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Lt	2,77
Factor emisión RAC	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Kg db	0,00
Factor emisión energía eléctrica	Kg CO <sub>2 eq</sub> /KWh	0,4071
Consumo específico diesel con la logistica del RAC	Lt/T <sub>RAC</sub>	0,840
Consumo diesel con la logistica del RAC (25% humedad)	Lt/año	366 367
Consumo específico electricidad con la logistica del RAC	KWh/T <sub>RAC</sub>	2,00
Consumo electricidad con la logistica del RAC	KWh/año	872 302
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logistica del RAC (diesel)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	1 015
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logistica del RAC (electricidad)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	355
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la quema del RAC	T <sub>CO2 eq</sub> /año	0
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> evitadas con la sustitución del GN	T <sub>CO2 eq</sub> /año	227 370
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> totales evitadas	T <sub>CO2 eq</sub> /año	-226 000
Coste de mercado de ton CO <sub>2 eq</sub>	USD/T CO <sub>2 eq</sub>	65,90
Valor de mercado por ahorro emisión de CO <sub>2 eq</sub>	USD/año	14 893 404
Ahorro simples (con creditos carbono)	USD/año	25 556 266
Ahorro simples (con creditos carbono)	USD/TRAC (44,3%)	33
Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	364 440 000
Objetivo NDC en 2030	T <sub>CO2 eq</sub> /año	349 000 000
Reducción en los NDC nacionales (contribución solo en calor)	%	0,065



<b>CASO #5: Uso adicional de RAC para generación de energía eléctrica en nuevas calderas con presión nominal de al menos 64 bar y 480 °C</b>		
RAC disponible (restando la utilización debida al caso #4) (44,3% humedad)	$T_{RAC}/año$	395 335
RAC disponible (restando la utilización debida al caso #4) (0% humedad)	$T_{DS}/año$	220 137
RAC disponible (restando la utilización debida al caso #4) (25,0% humedad)	$T_{RAC}/año$	293 515
PCI bh RAC (25% humedad)	KJ/Kg	12 812
Eficiencia conversión eléctrica RAC, con nuevas calderas dedicadas de 64 bar	%	28,0
Calor total generado por el RAC	GJ/año	3 760 404
Producción neta de energía eléctrica	GJ/año	1 052 913
Producción neta de energía eléctrica	MWh/año	292 476
Valor asumido de tarifa de venta de energía eléctrica	USD/MWh	90
Ingresos por venta de energía eléctrica a la red	USD/año	26 322 826
Coste RAC utilizado (recopilación, transp. ext. y int., almacenamiento)	USD/año	11 282 730
Precio compra RAC en mercado <sup>(2)</sup>	USD/año	0
Coste total RAC	USD/año	11 282 730
Ahorro simples (sin credits carbono)	USD/año	15 040 096
Ahorro simples (sin credits carbono)	USD/TRAC (44,3%)	68
Factor emisión diesel	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Lt	2,77
Factor emisión RAC	Kg CO <sub>2 eq</sub> /Kg db	0,00
Factor emisión energía eléctrica	Kg CO <sub>2 eq</sub> /KWh	0,4071
Consumo específico diesel con la logistica del RAC	Lt/T <sub>RAC</sub>	0,840
Consumo diesel con la logistica del RAC (25% humedad)	Lt/año	246 553
Consumo específico electricidad con la logistica del RAC	KWh/T <sub>RAC</sub>	2,00
Consumo electricidad con la logistica del RAC	KWh/año	587 031
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logistica del RAC (diesel)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	683
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la logistica del RAC (electricidad)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	239
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> emitidas con la quema del RAC	T <sub>CO2 eq</sub> /año	0
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> evitadas con la producción neta electricidad	T <sub>CO2 eq</sub> /año	119 067
Toneladas CO <sub>2 eq</sub> totais evitadas	T <sub>CO2 eq</sub> /año	118 145
Coste de mercado de ton CO <sub>2 eq</sub>	USD/T CO <sub>2 eq</sub>	65,90
Valor de mercado por ahorro emisión de CO <sub>2 eq</sub>	USD/año	7 785 754
Ahorro simples (con credits carbono)	USD/año	22 825 850
Ahorro simples (con credits carbono)	USD/TRAC (44,3%)	58
Nivel actual de emisiones GEI en Argentina (2016)	T <sub>CO2 eq</sub> /año	364 440 000
Objetivo NDC en 2030	T <sub>CO2 eq</sub> /año	349 000 000
Reducción en los NDC nacionales (contribución solo en calor)	%	0,034

## ANEXO I. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

### Listado de Tablas (TB)

Nº	PAG.	DESCRIPCIÓN
1	18	Resumen Gases de Efecto de Invernadero (T <sub>CO2 eq</sub> /año)
2	18	Resumen Gases de Efecto de Invernadero, solo reemplazo nafta por bioetanol en diferentes escenarios (T <sub>CO2 eq</sub> /año)
3	21	La influencia de la labranza en la materia orgánica del suelo
4	27	Generación global de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones
5	27	Generación de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones, 2018, por continente
6	36	Resumen de precios mínimos de venta de biojet para diferentes tecnologías
7	38	Emisiones del ciclo de vida por defecto de la OACI para los combustibles elegibles para CORSIA
8	40	Escenarios basados en la disponibilidad, costo y asignación de materia prima
9	45	Producción de toneladas de caña, rendimiento y azúcar total producida
10	46	Superficie con caña de azúcar e incremento entre 2004 y 2018
11	48	Área granera sustituida por caña de azúcar
12	50	Áreas bajo cultivo y productividad en la serie de años
13	54	Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Tucumán
14	55	Proyección de incremento en TCH y en Az. /Ha. Salta y Jujuy
15	56	Hectáreas de expansión (en miles de has) por Provincia
16	58	Análisis por Provincia de incremento de has y de productividad de caña de azúcar
17	61	Recursos asignados para plantación
18	63	Corte de semilla y carguío mecánico
19	65	Análisis de recursos asignado a plantación mecánica
20	65	Balance de los 3 modelos de plantación
21	66	Modelo de análisis comparativo
22	66	Método de plantación manual y carga mecánica
23	66	Método corte y carga mecánica y plantación manual
24	67	Método de plantación mecánica
25	67	Producción de semilla a nivel nacional
26	69	Cultivos plantados en distintas localidades cañeras de Australia
27	69	Ventajas de un cultivo intercalar
28	72	Caballos de vapor y Consumo de combustible sistema convencional
29	72	Caballos de vapor y Consumo de combustible sistema en franja
30	74	Perdidas y cambios en caña quema y verde
31	76	Rendimiento, HP y consumo de combustible labranza en caña quemada. Fertilización simple
32	77	Rendimiento HP y consumo de combustible labranza caña quemada con fertilización combinada
33	78	Rendimiento, HP y consumo de combustible en labranza caña verde
34	78	Balance de emisión y captura de carbono y macronutrientes
35	79	Producción áreas con y sin rotación con leguminosa
36	80	Número común de lombrices por m <sup>2</sup> para muestras tomadas de hileras de caña con relación al tratamiento de trash sobre tres cultivos de socas
37	81	Temperatura de suelo en superficie, con y sin cobertura
38	82	Temperatura de suelo a 5 cm. de profundidad, con y sin cobertura
39	83	Balance inicial y final de RAC en un modelo de cosecha en verde
40	84	Aporte de carbono y nutrientes en un ciclo de 6 zafras
41	84	Incidencia de pérdida por tipo de componente de trash
42	85	Parámetros de calidad control de una cosecha mecanizada
43	92	Resultados de determinaciones caña verde Vs caña quemada
44	93	Perdidas de azúcar en campo
45	94	Valores porcentuales de pérdidas
46	95	PoI en células abiertas (POC)
47	96	Peso bolo húmedo
48	96	Fibra (%)
49	96	Rendimiento azúcar (%)
50	99	Balance de trash potencial molienda nacional

51	100	Análisis del trash y del bagazo. Capacidad calórica de ambos
52	102	Cosechadora de caña entera sin proceso de quema previo
53	104	Nivel de incidencia del daño
54	105	Datos de calidad y afectación en la calidad de la caña de azúcar
55	113	Obtención de RAC con fines energéticos. Parámetros productivos operativos y económicos
56	113	Obtención de RAC con fines energéticos. Determinación de costos
57	115	Consumo de gas en la serie de años 2004 -2014
58	116	Resumen de identificación y valoración de barreras
59	117	Situación actual y oportunidades de cogeneración en sectores clave
60	119	Empresas Productoras de Bioetanol
61	119	Producción y participación de bioetanol por Provincia y fuente
62	120	Producción de Bioetanol zafra 2020
63	120	Ingenios que no producen bioetanol
64	123	Gastos tributarios. Exención a Biocombustibles
65	123	Recaudación de IVA por venta de azúcar con mejor precio
66	123	Recaudación de IVA por venta de Bioetanol a Empresas Petroleras
67	124	Recaudación por Ingresos Brutos (IIBB) e Impuesto al Cheque
68	124	Información de importación y exportación de nafta
69	125	Producción y precio de bioetanol
70	125	Importaciones en los 4 primeros meses de 2022
71	128	Productividad promedio de bioetanol por tonelada y por área para diferentes cultivos
72	128	Balance energético y emisiones GEI evitadas para diferentes cultivos. (BNDES.2008. Cap. 3 y datos propios)
73	129	Rendimientos culturales zonas azucareras del mundo
74	130	Contenido promedio por constituyente de la caña
75	131	Energía producible y consumida en la producción de bioetanol
76	132	Balance energético de caña de azúcar (Macedo et al 2008)
77	133	Balance energético de caña de azúcar (Boddey et al. 2008)
78	135	[Corresponde a la tabla 13]
79	135	[Corresponde a la tabla 14]
80	135	Cálculo de producción de alcohol a partir de la melaza
81	136	Cálculo de producción de alcohol por tonelada de melaza
82	136	Cálculo de producción de alcohol a partir de jugo directo
83	150	Composición elemental de la vinaza
84	151	Compuesto orgánicos Vinaza concentrada. Compuestos orgánicos no volátiles. Concentración en vinazas concentradas al 60%
85	152	Balance hídrico y tasa de evaporación por ha
86	156	Producción y resultados de áreas de riego con y sin efluentes
87	158	Requerimiento de superficie según volumen de aplicación por ha
88	162	Producción de materia seca de Grama Rhode
89	172	Fortaleza del sistema de tratamiento de biodigestor
90	172	Debilidades del sistema de tratamiento de biodigestores
91	173	Fortalezas del sistema de tratamiento de Incineradores
92	173	Debilidades del sistema de tratamiento de Incineradores
93	193	Resumen de propuestas de recomendaciones de estándares y programas específicos
94	199	Proyección de la población argentina
95	200	Azúcar (Producción, consumo, exportaciones, importaciones y consumo per capita en argentina)
96	201	Cálculo de la demanda de azúcar en Argentina, a corto, mediano y largo plazo
97	207	Cálculos de producción de azúcar, en corto, mediano y largo plazo
98	209	Consumo histórico motonaftas y bioetanol
99	210	Demanda de bioetanol para un corte inicial de 12%, y de 20% en el corto, mediano y largo plazo
100	210	Producción de vehículos de combustible flexible de etanol en Brasil
101	211	Incorporación de la modalidad flexi
102	211	Incremento de consumo de bioetanol por la incorporación de movilidad flexi
103	211	Producción de bioetanol para satisfacer la demanda del corte máximo del 20% más la que origina la introducción de la movilidad flexi
104	214	Proyecciones evolución flota electrificada
105	214	Demanda de bioetanol sobre la base de proyecciones de evolución flota electrificada

106	216	Parámetros condicionantes para los 6 escenarios planteados
107	216	Resumen de los 6 escenarios planteados
108	217	Escenario A1: Consumo azúcar tendencial. Corte máximo sin cambio tecnológico
109	218	Escenario A2 (Consumo azúcar tendencial más incremento exportación. Corte máximo sin cambio tecnológico)
110	219	Escenario B1 (Consumo azúcar tendencial. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi)
111	220	Escenario B2 (Consumo azúcar tendencial más incremento de exportación. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi)
112	221	Escenario C1 (Consumo azúcar tendencial. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi y eléctrica)
113	222	Escenario C2 (Consumo azúcar tendencial más incremento de exportación. Corte máximo con cambio tecnológico con movilidad flexi y eléctrica)
114	222	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario A1
115	223	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario A2
116	223	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario B1
117	224	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario B2
118	225	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario C1
119	225	Resumen de los resultados obtenidos para el escenario C2
120	229	Referentes ( <i>Stakeholders</i> )
121	261	Resultados zafra 2010-2015 y 2020. Producción caña y azúcar
122	261	Resultados zafra 2018-2019 y 2020. Producción caña y azúcar
123	262	Resultados de zafra 2004 y 2018. Producción ton de caña, ha, Kilos Azúcar Ha
124	268	Distribución de variedades de caña
125	269	Cantidad inicial, final y porcentaje de descomposición del RAC de caña de azúcar en dos ensayos diferentes. Tucumán
126	276	Cálculos para el caso de ingenios de buen rendimiento
127	277	Cálculos para el caso de ingenios de bajo rendimiento
128	283	Producción de azúcar. CCA, 2020
129	283	Producción de alcohol. CCA, 2020
130	284	Valores recomendados de límites de nutrientes para la tecnología de Digestión Anaeróbica
131	285	Contenido de nutrientes en los RAC de 8 variedades brasileñas de caña
132	286	Características promedio de rechazos de la industria de la caña
133	286	Relaciones entre nutrientes para sustratos individuales
134	287	Relaciones entre nutrientes para una mezcla general de 3 sustratos individuales
135	288	Potencial general de la biodigestión
136	291	Niveles de calidad de efluentes industriales de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán
137	296	Valores de MTBE agregados regularmente a las naftas
138	303	Características generales del bioetanol
139	309	Especificaciones de calidad del bioetanol

## Listado de Figuras (FG)

Nº	PAG.	DESCRIPCIÓN
1	19	Reducción de GEI por reemplazo nafta por bioetanol (Ton CO <sub>2</sub> eq/año)
2	22	Proyecciones de % de área mecanizada
3	23	Evolución de la cantidad de cosechadoras en San Pablo -Brasil- (2007–2013)
4	24	Esquema del método de inserción físico
5	28	Generación de electricidad a partir de biomasa en cogeneraciones, 2018, por continente
6	28	Evolución de la producción de Bioetanol mundial
7	29	Distribución porcentual de producción de bioetanol (año 2019)
8	29	Distribución porcentual del consumo de bioetanol en el mundo (año 2019)
9	31	Materia prima para la producción de bioetanol
10	35	Opciones de producción de biojet (informe IRENA)
11	39	Comparación costo reducción carbono por tecnologías
12	42	Puntos de disposición y clasificación en origen
13	42	Predio de chatarra
14	42	Tanque recolector de aceite y tanque de almacenamiento de aceite usado
15	43	Cuadro de análisis de origen de material metálico para chatarra
16	43	Descripción de los porcentajes por tipo de residuos
17	47	Áreas bajo producción en Salta, Jujuy y Tucumán
18	47	Área tradicional de soja. Reemplazo por caña de azúcar
19	48	Incremento de superficie con caña de azúcar entre 2005 y 2011
20	49	Mapa de Isohietas de la Provincia de Tucumán
21	49	Incremento porcentual de áreas con caña según departamento. Prov. Tucumán
21	51	Clasificación de producción para zafra 2006. Fuente: SRySIG - EEAOC
23	51	Clasificación de producción para zafra 2013. Fuente: SRySIG – EEAOC
24	51	Clasificación de producción para zafra 2018. Fuente: SRySIG – EEAOC
25	52	Superficie producción de caña
26	52	TCH y rto. azúcar % caña
27	56	Superficie de expansión territorial potencial para Caña de Azúcar
28	57	Evolución del consumo de azúcar per cápita en Argentina
29	58	Producción de toneladas de caña por ha en distintos países
30	59	Áreas de potencial crecimiento de caña de azúcar es noreste de Argentina
31	60	Niveles de producción, factores limitantes de la producción y prácticas. Paul Moore, 2005. Investigación en Caña de Azúcar a Nivel Mundial. Sugar Journal (USA). November 2010. pp. 6-18
32	71	Equipo de labranza en franja
33	73	Equipo canterizador y cama de siembra
34	73	Control de tráfico a través de piloto automático
35	74	Espaciamiento 1,80 y sucos separados 0,40 cm
36	75	Cañaveral sin cobertura y con malezas
37	77	Campo con cobertura de RAC por cosecha sin quema
38	79	Producción con y sin rotación con leguminosa
39	81	Tallo de caña de azúcar posterior a la quema precosecha
40	81	Variación de temperatura de suelo, con y sin cobertura a 1 y 5 cm
41	82	Humedad en suelo. Profundidad 20 cm. Variedad LCP 85-384
42	83	Cultivo con y sin cobertura
43	85	Tipos de pérdida en cosecha mecanizada en verde
44	86	Presión de corte y calidad de brotación
45	87	Determinación de pérdida de TCH según RPM extractor primario
46	87	Pérdida de TCH según revoluciones. Ensayos en Ledesma 2002-2003
47	88	Rango de pérdidas de TCH según variedad y RPM extractor primario
48	88	Reducción de trash a RPM variable
49	89	% Materia extraña según condición del cañaveral y RPM extractor
50	89	Materia extraña según tasa de cosecha y RPM de extractor primario
51	90	Muestreos para determinación de calidad de caña
52	90	Área cosecha caña verde
53	90	Área Cosecha caña quemada
54	91	Caña quemada con evidencia de exudados
55	91	Muestreos para determinación de calidad de caña en mesa de descarga en ingenio

56	91	Toma de muestra en mesa de descarga
57	92	Muestreos para determinación de calidad de caña en etapa industrial
58	92	Punto de ultimo muestreo de caña verde y quemada
59	98	Instalaciones de equipo de limpieza en seco - Empresa Ledesma SAAI
60	98	Descarga de sistema de limpieza en seco
61	98	Ensayos de evaluación de impacto en fábrica. Cambios en calidad jugo primera presión. Pureza, Pol % caña y rendimiento azúcar
62	98	Ensayos de evaluación de impacto en fábrica. Cambios en calidad jugo primera presión. Cenizas, color, almidón
63	100	Utilización del trash en Ingenio
64	100	Volumen másico del trash
65	100	Volumen del trash y destino
66	100	Separación del trash. Necesidades
67	100	Diseño y sistema de separación
68	100	Instalación en Ingenio XPAVE
69	103	Has de quema por año, sector meses
70	103	Meses de ocurrencias de quemas y sitios
71	104	Trozos de caña sanos
72	104	Trozos de caña afectados
73	108	Impacto de la temperatura y daño ocasionado. Verde con cobertura
74	108	Impacto de la temperatura y daño ocasionado. Cosechada con quema (izq.) y verde (der.)
75	112	Importación y exportación de gas natural
76	114	Experiencias iniciales de recolección de RAC
77	114	Ensayos de alternativas de depuración y limpieza. Zaranda vibratoria
78	114	Ensayos de alternativas de depuración y limpieza. Tamiz rotativo
79	114	Instalaciones de procesamiento y depuración del RAC
80	115	Proceso de recolección de RAC. Hilerado
81	115	Proceso de recolección de RAC. Enfardado y recolección
82	115	Proceso de recolección de RAC. Estoqueo
83	115	Proceso de recolección de RAC. Transporte
84	115	Proceso de recolección de RAC. Trituración
85	118	Evolución de la producción de bioetanol de caña y maíz
86	130	Balance Energético de la producción de Biocombustibles
87	134	Participación del transporte en las emisiones totales de gases efecto invernadero
88	140	Participación en emisiones GEI por tipo de transporte y su real incidencia
89	141	Costo de transporte según sistema. Fuente CEU – UIA en base a datos propios
90	141	Composición de la estructura de costos según medio de transporte. Fuente CEU – UIA en base a datos propios
91	141	Aporte de emisiones GEI del sector transporte. Fuente. Secretaria de cambio climático Ministerio de Ambiente
92	142	Compromiso del sector transporte en la reducción de emisiones
93	142	PBG por Provincias y promedio país
94	145	Ejemplo de recipientes diferenciados por tipo de residuo
95	145	Disponibilidad de espacios para recolección de residuos
96	146	Predio de concentración y clasificación de residuos
97	146	Ejemplos de residuos metálicos
98	147	Ejemplos de residuos plásticos
99	147	Ejemplos de residuos celulósicos
100	148	Ejemplos de residuos peligrosos
101	148	Valoración térmica de residuos peligrosos en precalcinador de cementera
102	149	Resultados de 3 años de predio de concentración y clasificación de residuos de Ledesma
103	153	Laguna de evaporación y vinaza concentrada
104	154	Pila de compostaje y maquina mezcladora de compost
105	155	Mapa de dominio de riego y puntos de concentración de potasio en suelo agrícola
106	155	Zona con incorporación de riego en 2003
107	155	Equipo de bombeo para ampliar el sector de riego con efluente
108	156	Caños aspersión aplicador de vinaza en Ledesma SAAI
109	160	Cabina de control y emisión de datos



110	160	Sensor de caudal
111	160	Sensor de pH y cond.
112	161	Control impreso de evaluación de caudal
113	161	Punto de control
114	161	Equipo de registro y transmisión
115	162	Aforador de control de caudal
116	162	Sensores de control
117	163	Gramma Rhode en suelos- salinos no apto para caña. Ledesma
118	163	Gramma Rhode en suelos salinos - sódicos Ledesma
119	163	Mata de Gramma Rhode colonizando suelo salino- sódico. Ledesma
120	164	Gramma Rhode En suelo salino- sódico Finca Ingas Tucumán
121	167	Balance diario de producción de metano
122	168	Producción de metano y de energía
123	170	Diagrama de incinerador de vinaza y bagazo
124	183	Diagrama unifilar general de medición
125	184	Diagrama unifilar general de medición para proyectos <i>greenfield</i>
126	185	Diagrama unifilar general de medición para proyectos <i>brownfield</i>
127	185	Fórmula de cálculo de eficiencia global de una cogeneración
128	201	Evolución del consumo interno de azúcar en argentina
129	202	Proyección de producción de caña de azúcar para 2030, principales países
130	203	Proyección del consumo de azúcar por regiones del mundo para 2030
131	204	Proyección de exportación de azúcar para 2030, principales países
132	204	Proyección de importación de azúcar para 2030, principales países
133	205	Evolución de las exportaciones argentinas de azúcar refinada 2010-2020
134	205	Evolución de las exportaciones argentinas de azúcar no refinada 2010-2020
135	208	Producción anual de bioetanol a partir de caña de azúcar y de maíz en la Argentina
136	209	Consumo de Motonaftas
137	209	Cálculo de incremento anual de la demanda de Motonaftas
138	215	Proceso agroindustrial y sus productos energéticos, objeto de LA HOJA DE RUTA
139	230	Cuadro orientativo de los plazos que demandarían los escenarios planteados
140	231	Beneficios esperados
141	234	Diagrama de la generación de vapor por caldera bagacera
142	237	Evolución de la producción de etanol de caña de azúcar y de la vinaza generada
143	246	Esquema funcional de una planta de concentración de vinaza de múltiple efecto
144	247	Evolución de las importaciones argentinas de cloruro de potasio, 2017-2021 (en tn)
145	247	Evolución de las importaciones argentinas de cloruro de potasio, 2017-2021 (en USD)
146	248	Evolución del uso agrícola del cloruro de potasio en Argentina, 2009-2019
147	253	Evolución de la superficie mundial implantada con caña de azúcar (en ha)
148	253	Evolución de la producción mundial de caña de azúcar (tn)
149	254	Evolución del rendimiento mundial de caña de azúcar (en tn/ha)
150	265	Distribución según productividad
151	265	Niveles de producción de caña de azúcar en Tucumán, zafra 2020 y 2021
152	267	Distribución y participación porcentual de cada índice de productividad
153	269	Incidencia del raquitismo en la caña
154	271	Mapa de rendimiento
155	272	Costo y margen caña de azúcar considerando distintos rendimientos culturales: Campaña 2021/2022, zafra 2022
156	273	Sustitución de diesel por alternativa fotovoltaica para electrificación pozos
157	289	Zonas de concentración de la producción de azúcar
158	289	Mapa de clasificación climática Köppen-Geiger en Argentina (1980 – 2016)
159	289	Climatología de San Miguel de Tucumán y San Salvador de Jujuy
160	291	Alternativa de configuración general de digestión anaeróbica con los 3 principales sustratos
161	292	Almacenamiento maloja en Ledesma
162	293	Perfil de potencial nacional de producción de calor y electricidad con digestión anaeróbica
163	294	Vista general de la digestión anaeróbica de Raízen Geo Biogás
164	294	Vista general de la digestión anaeróbica de Geo Eléctrica Tamboara
165	294	Vista general de la digestión anaeróbica de Cocal Energía
166	296	Mejoradores octánicos utilizados en la formulación de naftas

167	298	Estructura química de la sacarosa
168	299	Procesos básicos para la obtención de bioetanol partir de caña de azúcar
169	299	Esquema Proceso industrial de extracción de jugo de caña
170	302	Eficiencia de conversión del bioetanol
171	303	Higroscopía del etanol anhidro
172	305	Curva de destilación de una gasolina y los efectos de bioetanol
173	306	Variación del equivalente de presión de vapor seco

## ANEXO J. DOCUMENTACIÓN RECOPIADA

### Relativo a los Apartados 1, 2, 3, 4 y 5

<sup>i</sup> BSES (Bureau of Sugar Experiment Stations) Manual of Cane Growing, Chapter 8. Soil Helth

<sup>ii</sup> BSES, Manual of Cane Growing. Chapter 7. The sugar cane cropping system

<sup>iii</sup> Manual of Cane Growing. Chapter Harvesting and Transport BSES (Bureau of Sugar Experiment Station). Página 353

<sup>iv</sup> Manual of Cane Growing. Chapter Harvesting and Transport BSES (Bureau of Sugar Experiment Station). Página 354

<sup>v</sup> Fuente: Elaborada con base en EIA (2020), EUROSTAT (2020), USDA (2020 ), RFA (2019) y bases de datos nacionales. Información documentada por Agustín Torroba

<sup>vi</sup> De cada 1000 kg de maíz procesados para la producción de bioetanol, se obtienen aproximadamente las siguientes cantidades de coproductos: 900 kg de burlanda húmeda o 320 kg de burlanda seca, 0,3 toneladas de vinaza (agua incluida y 300 kg de CO<sub>2</sub>).

<sup>vii</sup> Fuente Portal caña Julio 2017

<sup>viii</sup> *Renowablel Fuel Standard. (Estándar de combustible renovable)*

<sup>ix</sup> *EPA. Environmental Protección Agency. Agencia de Protección Ambiental*

<sup>x</sup> *Fuente: Diario La Gaceta de Tucumán. Presentación en Congreso mundial de ISSCT. Tucumán*

<sup>xi</sup> Fuente: [https://www.elconfidencial.com/medioambiente/energia/2022-04-20/aviacion-combustibles-emisiones-repsol-bra\\_3410812/#:~:text=El%20biojet%2C%20un%20biocombustible%20que.esencial%20para%20la%20econom%C3%ADa%20mundial.](https://www.elconfidencial.com/medioambiente/energia/2022-04-20/aviacion-combustibles-emisiones-repsol-bra_3410812/#:~:text=El%20biojet%2C%20un%20biocombustible%20que.esencial%20para%20la%20econom%C3%ADa%20mundial.)

<sup>xii</sup> Fuente: <https://petronor.eus/es/2021/11/el-biojet-con-residuos-fabricado-en-petronor-se-utiliza-por-primera-vez-en-un-vuelo-en-espana/>

<sup>xiii</sup> Fuente: <https://www.bioeconomia.info/2021/12/09/8-aerolineas-de-la-alianza-one-world-utilizaran-biojet-en-los-vuelos-que-despeguen-en-el-aeropuerto-internacional-de-san-francisco-california/>

<sup>xiv</sup> Sugar Journal 2008 octubre del 2008

<sup>xv</sup> Reporte INTA 1966. Situación Industria Azucarera. Autores R. Fernández de Ullivarri, Guillermo Kenning

<sup>xvi</sup> Información censo agrícola ganadera nacional año 2004 y 2018.

<sup>xvii</sup> Información de área SIG (Sistema de Información Geográfica) de la Fundación Proyungas.

<sup>xviii</sup> Publicación Avance Agroindustrial 32-4-2. Expansión del cultivo de la caña de azúcar en el área granera de Tucumán. Página 23

<sup>xix</sup> Publicación Avance Agroindustrial 32-4-2. Expansión del cultivo de la caña de azúcar en el área granera de Tucumán. Página 24

<sup>xx</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Oficina de Riesgo Agropecuario. (ORA) Área Clima. Mapa de Isohietas Provincia de Tucumán

<sup>xxi</sup> *EEAOC Reporte Agroindustrial Boletín N° 83*

<sup>xxii</sup> Ing. Franco Fogliata. Ex Director Técnico de la EEAOC. Investigador y docente de la UNT

<sup>xxiii</sup> EEAOC. Publicación Avance Agroindustrial. Estimación producción zafra 2006

<sup>xxiv</sup> EEAOC. Publicación Avance Agroindustrial. Estimación producción zafra 2006

<sup>xxv</sup> EEAOC. Publicación Avance Agroindustrial. Estimación producción zafra 2013

<sup>xxvi</sup> EEAOC Avance Agroindustrial 34-4-4- “La caña de azúcar y la disponibilidad Hídrica”. Autores Patricia Digonzelli y Eduardo Romero

<sup>xxvii</sup> EEAOC Avance Agroindustrial 34-4-4- “La caña de azúcar y la disponibilidad Hídrica”. Autores Patricia Digonzelli y Eduardo Romero

<sup>xxviii</sup> Evaluación del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El caso de la caña de azúcar y el bioetanol.

- <sup>xxix</sup> Ing. Anschau, Renée Alicia y Carballo, Stella Maris. Ambas pertenecientes al INTA, Instituto de Clima y Agua
- <sup>xxx</sup> Flores Marco, Noelia y Hilbert, Jorge. Ambos pertenecientes al INTA, Instituto de Ingeniería Rural.
- <sup>xxxi</sup> El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). Editor Mario Melgar et al. Página 25
- <sup>xxxii</sup> Sector donde se han plantado cañas previamente seleccionada, libre de enfermedades y plagas. Una ha de caña semilla permite plantar 10 has de caña. Si una ha de semilla tiene 62,5 surcos de 100 metros, se podrán plantar 625 surco a partir de una ha.
- <sup>xxxiii</sup> Línea de caña de azúcar de 100 metros
- <sup>xxxiv</sup> Para la determinación de la tasa de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente se tomó en cuenta el valor consignado en el Manual de aplicación de huella de carbono, de La Dirección de Sustentabilidad y Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura de la Provincia de Buenos Aires,
- <sup>xxxv</sup> CENICAÑA. Modelo de Producción de Plántulas para Semilla. Autores: Clímaco Cassalet Dávila, Jorge Victoria y Carlos Arturo Viveros Valens. Fitopatólogos y mejoradores.
- <sup>xxxvi</sup> Publicación Agrositio .
- <sup>xxxvii</sup> Manual Of Cane Growing Sistema del cultivo dela caña de azúcar. Capítulo 7 Autores:Trevor Willcox, Alan Garside y Mike Braúnack
- <sup>xxxviii</sup> Resultados iniciales de un ensayo de manejo del cultivo de la caña de azúcar. Autores Tesouro M.O. 1 ; Roba M.A. 1 ; Fernández de Ullivarri E. 2 ; Venturelli L. 1 ; Neiman O.E. 1 ; Romito A. 1
- <sup>xxxix</sup> Avances en el desarrollo de una alternativa tecnológica para la implantación de la caña de azúcar. INTA EEA Famailla. Omar Tesouro et Al
- <sup>xl</sup> EEAOC Manual del cañero, Practicas para el cultivo de la caña de azúcar. Capítulo 6
- <sup>xli</sup> EEAOC. Manual del Cañero Capitulo 6 Practicas para el cultivo de la caña de azúcar
- <sup>xlii</sup> Tesis doctoral. Potencialidad del secuestro de carbono en un modelo sin quema. Dinailson Correa do Campo. Escola Superior de Agricultura. Piracicaba Brasil
- <sup>xliiii</sup> Descomposición del residuo agrícola de cosecha en un sistema de cultivo sustentable, en el cultivo de la caña en Tucumán. Revista Agroindustrial y Agrícola de Tucumán Tomo 99-1
- <sup>xliv</sup> Mecanización del cultivo de la caña de azúcar. Informes técnicos del Proyecto PRECOP II - INTA EEA Famaillá. Vicini, Luis Ernesto el al
- <sup>xlv</sup> Relevamiento en 5 Ingenios de Salta y Jujuy.
- <sup>xlvi</sup> Descomposición Residuos agrícola de Tucumán. Atina Criado et al Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. (RIAT) 99-(1)
- <sup>xlvii</sup> Efecto del residuo de la cosecha en verde de la caña de azúcar sobre la humedad del suelo en el este de Tucumán, R. Argentina. Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivarri, Sección Caña de Azúcar, EEAOC. Revista Avance Agroindustrial.33-2
- <sup>xlviii</sup> Equipo Caña verde. Resultados e impactos modelo se cosecha en verde
- <sup>xliv</sup> Looses in Burnt and Green cane Harvesting in Argentina Gómez, J. et al. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 28: 2006
- <sup>l</sup> Descomposición del residuo agrícola de cosecha en un sistema de cultivo sustentable, en el cultivo de la caña en Tucumán. Revista Agroindustrial y Agrícola de Tucumán Tomo 99-1
- <sup>li</sup> Control de calidad de cosecha en caña de azúcar. Revista agroindustrial N° 38-1
- <sup>lii</sup> Harbest Best Practice Manual (HBP) BSES (Bureau Sugar Experiment Station)
- <sup>liiii</sup> Ensayos realizados por Ledesma SAAI. Departamento Técnico
- <sup>liv</sup> Trash y condición de cosecha Manual of Harbest Best Practice (HBP). Edited by BSES (Bureau of Sugar Experiment Stations)
- <sup>lv</sup> Área cañera quemada en la Provincia de Tucumán. Revista avance 39-1 Marzo 2018
- <sup>lvi</sup> Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, Colombia
- <sup>lvii</sup> Efecto del residuo de la cosecha en verde de la caña de azúcar sobre la humedad del suelo en el este de Tucumán. Juan Fernández de Ullivarri et al. Avance Agroindustrial 32(2)
- <sup>lviii</sup> Estudio preliminar del aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha de caña de Azúcar como combustible adicional para calderas bagacera de Tucumán. Marcos Golato. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. Diciembre 2017
- <sup>lix</sup> Factibilidad Técnica-económica de la recolección de la recolección y enfardado del residuo agrícola de cosecha de la caña de azúcar (RAC) para su utilización con fines energéticos en Tucumán. Zafra 2015. Publicación Especial Autores Daniel Pérez el al. Sección Economía EEAOC. Octubre 2016
- <sup>lx</sup> Nota al Ing. Manual Ron. Presidente de Bioetanol Rio Cuarto
- <sup>lxi</sup> Fuente: Secretaría de Gobierno de Energía. Estadística Nacional por fuente y Empresa Dirección de Bioenergía. Secretaría de Alimentos y Bioeconomía.

IPAAT. Instituto de Promoción de Azúcar y Alcohol de Tucumán

lxii *Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles.*

lxiii *Fija las bases del régimen de promoción del bioetanol.*

lxiv *Resolución. Establece en la formula los componentes que la integran como la fuente y la forma que de determinan y actualizan.*

lxv CE- UIA Centro de estudios de la Unión Industrial Argentina aporó información fuentes de: Ministerio de Hacienda.CAA. Estadísticas Provinciales de Ministerio de hacienda. Información de empresa del rubro

lxvi *Fuente: CEU-UIA en base a Cámara Argentina de Alcoholes y Ministerio de Energía y Minería*

lxvii *Fuente: CEU-UIA en base a Cámara Argentina de Alcoholes y Ministerio de Energía y Minería*

lxviii *Fuente FARN Fundación Ambiente y Recursos Naturales .Subsidio a combustible fósil. 2018-2019.*

lxix Información estadística brindada por el CAA . Centro Azucarero Argentino

lxx CE- UIA. Centro de estudios Unión Industrial Argentina

lxxi Las estadísticas de OEDE están disponibles al 3° trimestre de 2016. Se tomó el promedio del 1° al 3° Trimestre del año.

lxxii Informes de Cadenas de Valor. Año 1 N°3 Julio 2016

lxxiii Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Salta. Mayo 2017

lxxiv Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Jujuy. Mayo 2019.

lxxv Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Tucumán. Julio 2018.

lxxvi *E. R. Romero; G. Cárdenas; J. Scandaliaris y S. Casen\* . Revista Avance Agroindustrial Sept 2010. EEAOC*

lxxvii BNDES. Banco de Desarrollo. Brasil2008. Cap. 3).

lxxviii RUE . Eficiencia en el uso de la radiación solar

lxxix (BNDES, 2008. Cap. 8)

lxxx Cardenas, G. EEAOC

lxxxi Carlos Ariel Ramírez Triana: Es economista y Magíster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia.

lxxxii Macedo, I.C., J.E.A. Seabra, and J.E.A.R. Silva, *Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020.* Biomass and Bioenergy, 2008. **32**(7): p. 582-595.

lxxxiii Notas del autor

lxxxiv Boddey, R., et al., *Bio-Ethanol Production in Brazil in Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems Benefits and Risks* D. Pimentel, Editor. 2008, Springer Netherlands. p. 321-356.

lxxxv Ley de Promoción de Biocombustibles Artículo 4 , Inciso a)

lxxxvi Ernesto Garberoglio. Fuente: Patagonia Ambiental: Publicado *Ámbito* 09 Octubre 2019

lxxxvii Decreto 679. Ministerio de transporte

lxxxviii PBG: Producto Bruto Geográfico: Valores de unidades institucionales residentes dedicadas a la producción

lxxxix Reposte de sustentabilidad Seaboard. Año 17/18 página 19

xc Registros de Información meteorológica de 64 años e información de ensayos con lisímetro, dispositivo para determinar valores de evapotranspiración. Departamento Investigación y Ensayos Ledesma SAAI.

xc

xcii Lagunas de evaporación y vinaza concentrada. Empresa Ledesma SAAI. Idénticas a laguna de evaporación en Empresa Seaboard.

xciii Bioabono. Compost o abono orgánico de excelentes cualidades agrícolas como mejorador de estructura y materia orgánica de los suelos que son utilizados en nuestros campos. Información extraída de reporte de sustentabilidad 17-18

xciv Equipo de mezcla para la producción de bioabono Empresa Seaboard. Imagen registrada en reporte de sustentabilidad 17-18

xcv El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. CENGICAÑA Capitulo Fuentes alternativas de vinaza. Página 170

xcvi Grama Rhodes, una alternativa productiva para los sistemas ganaderos del norte de Santa Fe. Autores Ings. Agrs. Germán Oprandi, Facundo Colombo y María I.Parodi AER INTA Tostado Colaboración: Ing. Agr. Cristina Ugarte EEA INTA Reconquista

xcvii Publicación EEAOC. Reporte Agroindustrial N° 242. Zafra 2022. Estimación de rendimiento de Indiferencia. Página 7

## **Relativo a los Anexos A, B, C, D y E**

### **Energía para el proceso de caña de azúcar**

- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Información estadística
  - a. Datos zafra 2007
  - b. Consumos Energía Eléctrica 2006 - Ingenios
  - c. Gas Natural consumido Industria Azucarera. 2003-2007
  - d. Gas Natural Ingenios. 2007
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. "Manejo de los residuos agrícolas de la cosecha de caña de azúcar: disponibilidad potencial y alternativas de enfiado", de Casen, Sergio; Romero, Eduardo; Leggio, Fernanda; Torres Bugeau, Adolfo; Pérez, Daniela; Paredes, Virginia y Feijoo, Enrique; de Proyecto Cultivos Energéticos.
- Centro Azucarero Argentino. Estadística de producción de azúcar, etanol anhidro y etanol hidratado. Estadísticas de rendimiento sacarino. Estadísticas consumo de gas natural.
- GasNor sobre consumos de gas natural en industrias azucareras

### **Cambio Climático en relación a biomasa**

- Glasgow-Declaration-on-Sustainable-Bioenergy.pdf. Sustainable Bioenergy at the Heart of Global Net Zero
- Wood Bioenergy Essential for Net Zero: Industry Launches Sustainability Principles to Set Global Standard for Threefold Growth.
- Proyecto Mercado Global del Carbono de GIZ. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Chile, diciembre 2021. Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturales y Seguridad Nuclear de Alemania.
- Technical analysis of the third biennial update report of Argentina submitted on 27 November 2019. FCCC/SBI/ICA/2020/TASR.3/ARG. Naciones Unidas. Framework Convention on Climate Change.
- Understanding Land Use in the UNFCCC. Peter Iversen Donna Lee Marcelo Rocha. May 2014.
- SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).
- MAYDS. 2021. Cuarto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

### **Economía Circular y Bioeconomía**

- Repsol. ¿Qué es la economía circular? <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economicircular/index.cshtml>
- Grupo la Caña <https://www.grupolacana.com/bioeconomia-circular-un-cambio-de-paradigma/>
- Fundación economía circular <https://economicircular.org/la-bioeconomia-circular/>  
Julio Berbel y María del Mar Borrego-Marín  
Universidad de Córdoba y Grupo WEARE (Córdoba, [berbel@uco.es](mailto:berbel@uco.es)).  
Universidad de Sevilla y Grupo WEARE (Sevilla, [mbmarin@us.es](mailto:mbmarin@us.es)).
- Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio Carbon footprint in the sugar industry. Case study. MSc. Mirtha Reinoso-Valladares, Ing. Janet Canciano-Fernández, Dr. Anel Hernández-Garcés, Ing. Yan Carlos Ordoñez-Sánchez, MSc. Irays Figueroa – Beltrán.
- Perfil ambiental de la industria azucarera de la provincia de Tucumán obtenido a partir de la técnica del Análisis del Ciclo de Vida. Andrea L. Nishihara Hun, Fernando D. Mele y Gonzalo A. Pérez.
- Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Microeconómica. Ministerio de Hacienda. Presidencia de la Nación Argentina. Informes de cadenas de valor. Junio 2018
- United States Department of Agriculture. Summary Report of Stakeholder Responses to USDA's Regional Biofuel Roadmap. May 9, 2012
- Sugarcane Roadmap 2020. "A Medium-Term Plan for the Philippine Sugarcane Industry" Released by



- the Sugar Regulatory Administration (SRA) on September 2015 through the Support and Guidance of the Department of Agriculture (DA) and the Department of Trade and Industry (DTI).
- FAO. Aspirational principles and criteria for a sustainable bioeconomy.
  - EEAOC. Riego por goteo en caña de azúcar. <https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=riego-por-goteo-encana-de-azucar>
  - Caña semilla de alta calidad para pequeños productores (PROICSA)

### **Bagazo y residuos de industria azucarera**

- Future energy transitions for bagasse cogeneration: Lessons from multi-level T and policy innovations in Mauritius. Long Seng Toa, Vikram Seebaluckc, Matthew Leachd.
- Biogas Production from Sugarcane Waste: Assessment on Kinetic Challenges for Process Designing. Leandro Janke, Athaydes Leite, Marcell Nikolausz, Thomas Schmidt, Jan Liebetrau, Michael Nelles and Walter Stinner.
- Brasil Aprueba La Sexta Variedad De Caña De Azúcar Modificada Genéticamente – BioEconomía.
- Brasil. Científicos de EMBRAPA crean las primeras variedades de caña de azúcar del mundo utilizando edición genómica.
- Brasil. La Caña De Azúcar Modificada Genéticamente Reduce Los Costos Y Aumenta Los Rindes – BioEconomía.
- Nueva Tecnología De Plantación Impulsa La Industria Australiana De Caña De Azúcar – BioEconomía.
- Process for the recovery of water and energy from the processing of sugar cane in sugar and ethanol. Production Mill. Paulo E. Mantelatto.
- Subproductos De La Caña De Azúcar. El Futuro De La Nutrición Ganadera – BioEconomía.
- AMYRIS. Brazilian Sugarcane. February 2013. Joel Velasco.
- Los Residuos de la Industria Sucro-Alcoholera Argentina. Alejandro Valeiro, Rocío Portocarrero, Enrique Ullivarri y Juan Vallejo INTA - EEA Famailá.
- Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. Henrique Coutinho Junqueira Franco, Maria Teresa Borges Pimenta, João Luís Nunes Carvalho, Paulo Sérgio Graziano Magalhães. Carlos Eduardo Vaz Rossell, Oscar Antonio Braunbeck, André Cesar Vitti, Oriel Tiago Kölln, João Rossi Neto.
- The response of sugarcane to trash retention and nitrogen in the brazilian coastal tablelands: a simulation study. Ana Paula Pessim de Oliveira et all.
- Effect of variety and cane yield on sugarcane potential trash. Eduardo R. Romero, Jorge Scandaliaris, et all.
- Biogas production from sugarcane filter cake: Start-up strategies, co-digestion with bagasse and plant design. Leandro Janke, Athaydes Leite, Marcell Nikolausz, Walter Stinner
- Biogas Production from Sugarcane Waste: Assessment on Kinetic Challenges for Process Designing, Leandro Janke, Athaydes Leite, Marcell Nikolausz, Thomas Schmidt, Jan Liebetrau, Michael Nelles and Walter Stinner.
- Sugarcane trash shredding, Jorge L.M. Neves, Kelen Cypriani, Natália de C.T. Calori, Reinaldo C.M. Pimenta, Thales H.Y. Noleto

### **Uso de la Tierra**

- USAID. Role of Agriculture, Forestry and Other Land Use Mitigation in INDCs and National Policy in Asia. Prepared by: Alemayehu Zeleke Winrock International et ad.
- Fondo de Preparación del FCPF: Reporte de Avance Anual de Participantes de Países REDD+. Marco de Monitoreo y Evaluación del FCPF. 2018.
- Documentos estratégicos REDD+ \_ REDD+ Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Gobernanza forestal y REDD+. Desafíos para las políticas y mercados en América Latina Editores. Elena Petkova Anne Larson Pablo Pacheco.
- Negociaciones multilaterales de cambio climático: las posiciones de Argentina, Bolivia y Brasil frente al programa REDD+ entre 2007 y 2016. Joel Hernán González. María del Pilar Bueno.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Perfil del Azúcar. Luis A. De Bernardi

### **Sostenibilidad e Impacto Ambiental y Social**



- Documentos del IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.
- FAO. Guidance note on monitoring the sustainability of the bioeconomy at a country or macro-regional level food and agriculture organization of the United Nations and European commission, joint research centre. Rome, 2021.
- Estudio de Impacto Ambiental. Ampliación de la capacidad de molienda de 2,500 TCD a 4,500 TCD en el Ingenio Montelimar. Febrero, 2013.
- Estimación del impacto ambiental del cultivo de caña de azúcar utilizando la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV). Juan Felipe Saavedra D. Olga Rocío Vargas V.
- La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental. José J. Dancé Caballero Domingo F. Sáenz Yaya Dirección de Investigación FCCEF – USMP.
- Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. Balance del carbono. J. A. Cabrera y R. Zuaznabar.
- El impacto socioambiental de la caña de azúcar y los biocombustibles. Hipólito Rodríguez Herrero.
- Una línea de base para reducir la huella de carbono en la caña de azúcar  
<https://concienciaambiental.org/2018/09/18/una-linea-de-base-para-reducir-la-huella-de-carbono-en-la-cana-de-azucar/>
- La quema: el mayor enemigo de los cañaverales y de la comunidad tucumana  
<https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=la-quema-el-mayor-enemigo-de-los-canaverales-y-de-lacomunidad-tucumana>
- Madurativos Químicos en Caña de Azúcar  
<https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=madurativos-quimicos-en-cana-de-azucar>
- EEAOC. Relevamiento del área cañera quemada en la provincia de Tucumán. Zafra 2019 y comparación con Zafra 2018.

### **Aspectos Macroeconómicos y Regionales**

- Informe de Coyuntura Económica Regional. IV Trimestre 2019. Noroeste Argentino (NOA) Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero, Tucumán. Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Regional y Sectorial Dirección Nacional de Estudios Regionales y de Cadenas de Valor Sectoriales.
- Informes productivos provinciales. Salta. año 2, n° 12. marzo de 2017. Secretaria de Política Económica. Subsecretaria de Programación Microeconómica Dirección Nacional de Planificación Sectorial Dirección Nacional de Planificación Regional.
- Tucumán. julio 2018 Informes productivos provinciales. Secretaría de Política Económica Subsecretaría de Programación Microeconómica (SSPMicro).
- Informe de Coyuntura Económica Regional. IV Trimestre 2020 Noroeste Argentino (NOA) Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero, Tucumán
- EEAOC. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2019 en Tucumán.
- Situación actual del complejo productivo azucarero. Mariana Correas González Año 2013

### **Bioetanol**

- Ley 26.093 – Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles. Sujetos beneficiarios del Régimen Promocional. Infracciones y sanciones. Esta fue la primera ley sobre el tema en la República Argentina. Sancionada el 19 de abril de 2006.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/116299/norma.htm>
- Ley 26.334 – Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol. Sancionada el 4 de diciembre de 2007.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136339/norma.htm>
- Ley 27.640 – Marco Regulatorio de Biocombustibles. Sancionada el 15 de julio de 2021. Tanto la ley 26.093 como la 26.334 tenían una vigencia de 15 años a partir de su sanción. Como consecuencia fue necesario el dictado de una nueva normativa que aunara las dos actividades: bioetanol y biodiesel, a diferencia de las leyes anteriores.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/350000-354999/352587/norma.htm>
- Decreto 109/2007 – Actividades alcanzadas por los términos de la Ley 26.093. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Régimen promocional. A diferencia de la Ley 26.093 donde estos puntos son enunciados, en el presente

- Decreto se desarrolla toda la normativa al respecto.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/125000-129999/125179/norma.htm>
- Resolución 404/94 – Registro de Profesionales Independientes y Empresas Auditoras de Seguridad. Sanciones. Inhabilitaciones. Vigencia. Disposiciones Generales.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/30325/texact.htm>
  - Resolución 1283/2006 de la Secretaría de Energía – Establécense las especificaciones que deberán cumplir los combustibles que se comercialicen para consumo en el Territorio Nacional. Se trata de una ley marco para todos los combustibles de la República Argentina, incluyendo al bioetanol.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/119840/norma.htm>
  - Resolución 1295/2008 – Secretaría de Energía – Determinase las especificaciones de calidad que deberán cumplir el bioetanol, de conformidad con el Artículo 3º, Inciso c) del Decreto Nº 109/07.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/147291/norma.htm>
  - Resolución 1296/2008 – Secretaría de Energía – Establécense las condiciones mínimas que deben cumplir las Plantas de Elaboración, Almacenamiento y Mezcla de Biocombustibles en relación a la seguridad en caso de incendio.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/147292/norma.htm>
  - Decreto 543/2016 – Secretaría de Energía Porcentaje obligatorio de Bioetanol. Se trata de la normativa que eleva el porcentaje de agregado de bioetanol a las naftas desde el 10% al 12% que rigen en la actualidad.  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/255000-259999/259942/norma.htm>
  - Bioetanol de Caña de Azúcar – Energía para el Desarrollo Sostenible: Libro editado en Brasil y coordinado por el BNDES –Banco Nacional de Desenvolvimiento Económico y Social- y CGEE –Centro de Gestión y Estudios Estratégicos-, con la colaboración institucional de CEPAL y FAO. 1ª Edición – Río de Janeiro – Noviembre 2008.  
<https://www.worldcat.org/title/bioetanol-de-caa-de-azcar-energia-para-el-desarrollosostenible/oclc/1045652017>
  - NREL – The National Renewable Energy Laboratory en los EEUU con sus áreas de Investigación en los múltiples tópicos de las energías renovables y su departamento de publicaciones, resulta una fuente de consulta permanente sobre el tema motivo de este trabajo.[www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)
  - Effects of Heat of Vaporization and Octane Sensitivity on Knock-Limited Spark Ignition Engine Performance by Matthew A. Ratcliff et al. SAE Technical Papers, doi: 10.4271/2018-01-0218  
<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70443.pdf>
  - Heat of Vaporization Measurements for Ethanol Blends Up to 50Volumen Percent in Several Hydrocarbon Blendstocks and Implications for Knock in SI Engines by Gina M. Chupka et al. NationalRenewable Energy Laboratory. <https://saemobilus.sae.org/content/2015-01-0763/>
  - Impact of etanol blending into gasolina on aromatic compound evaporation and particle emission from gasoline direct injection engine. Matthew A. Ratcliff et al. Elsevier. Applied Energy. Vol 250, 15 deseptiembre 2019, Páginas 1618-1631  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919308839?via%3Dihub>
  - E12 X E15: Consumo de Combustible y Emisión de Contaminantes. Ing. Alfred Szwarc. ADS Tecnología y Desarrollo Sustentable. Trabajo preparado para el Centro Azucarero Argentino y la Cámara de Etanol de Maíz. Septiembre de 2017.
  - Normas ASTM – American Society for Testing and Materials- varias fueron consultas para la realización de este trabajo de consultoría. Se trata de un organismo que opera a nivel global con más de 12.500 Normas Técnicas editadas, del que participan más de 140 países, con más de 30.000 miembros y 120 años de existencia.
  - ASTM D 6422 – Standard Test Method for Water Tolerance (Phase Separation) of Gasoline-Alcohol Blends. Este método analiza la habilidad de una mezcla gasolina-alcohol para retener agua en solución suspensión estable a la menor temperatura. Resulta de utilidad para testear la temperatura a la cual la mezcla se separa en dos fases. Aplicable a mezclas de gasolina-alcohol para ser usadas en motores de combustión interna que contengan alcoholes saturados C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub> pero no para mezclas con alcohol como primer componente con un E85.
  - Microchannel Reactor for Ethanol to n-Butene Conversión. Dr. Brian Paul (PI) Oregon State University et al from PNNL and LanzaTech.
  - FY 20 Year in Review – Co-Optimization of Fuels & Engines. U.S. Department of ENERGY – Office of Energy Efficiency & Renewable Energy.

- Dehydration of Ethanol to Ethylene. Supporting Information. Minhua Zhang et al . University Research and Development Center for Petrochemical Technology. Tianjin. República popular de China.
- Ethanol as a renewable building block for fuels and chemicals. Robert A. Dagle et al. Institute for Integrated Catalysis, PNNL, Richland, WA 99352 USA.
- Ethanol-to-jet fuel process set for scale up at PNNL. A patented process for converting alcohol sourced from renewable or industrial waste gases into jet o diesel fuel is being scaled en the US.
- Ethylene Formation by Catalytic Dehydration of Ethanol with Industrial Considerations. Denise Fan, Department of Chemical and Biomolecular Engineering of California Los Angeles, Los Angeles, CA 90095, USA et al.
- Single-Step Catalytic Conversion of Ethanol to n-Butene-Rich Olefins and 1,3-Butadiene Chemical Coproduct. webinar de ChemCatBio (Chemical Catalysis for Bioenergy) by Robert Dagle, Vanessa Dagle and Zhenglong Li.
- Synthesis of jet fuel through the oligomerization of butenes on zeolite catalysts. Hyeona Kim, Daaye Kim, Young-Kwon Park & Jong-Ki Jeon. Research on Chemical Intermediates 44,3823-3833 (2018).
- Single-step conversión of etanol to n-butene over Ag-ZrO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> catalysts. Vannesa Lebarbier Dagle et al . Pacific Northwest National Laboratory, P.O. Box 999, Ricchland, WA 99352, USA, Voiland School of Chemical Engineering and Bioengineering, Washintong State University, Pullman, WA 99164, USA, Environmental Molecular Sciencies Laboratory, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA99352, USA, National Bioenergy Center, National Renewable Energy laboratory, 15013 Denver West Pkwy, Golden, CO 80401, USA and material Sciencies Division, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, USA.
- World Economic Forum: Joint Policy Proposal to Accelerate the Development of Sustainable Aviation Fuels in Europe. A Clean Skies for Tomorrow. Publication. White Paper october 2020.
- U.S. Department of ENERGY. Eney Efficiency & Renewable Energy. Co-Optimization of Fuels & Engines. Top Ten Blendstocks for Turbocharged Gasoline Engines. Bio-blendstocks with the Potencial to Driver the Highest Engine Efficiency. September 2019.
- U.S. Department of ENERGY. Energy Efficiency & Renewable Energy. Co-Optimization of Fuels & Engines. A Transportation Future with Science in the Driver ´s Seat. Mapping a Viable Route Forward for Affordable, Efficient and Clean Fuels and Engines. March 2020.
- U.S. Department of ENERGY. Energy Efficiency & Renewable Energy. Co-Optimization of Fuels & Engines. Integrated Strategies to Enable Lower-Cost Biofuels.
- WorldWide Fuel Charter. Sixth Edition. Gasoline and Diesel Fuel. Octubre 2019.
- Fuel Trends Report: Gasoline 2006-2016. EPA-420-R-17-005 October 2017. Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency.
- Where are European Biofuels heading? Agriculture special report. February 17, 2020. S&P Global Platts Analytics. [www.spglobal.com/platts](http://www.spglobal.com/platts).
- Norma IRAM 6627. Calidad de combustibles. Combustibles líquidos para uso en automotores. Bioetanol (E-100) Requisitos.
- Norma ASTM D 381 – Standard Test Method for Gum content in Fuels by Jet Evaporation.
- Norma ASTM D 1125 – Standard Test Method for Electrical Conductivity and Resistivity of Water.
- Norma ASTM D 1688 – Standard Test Method for Copper in Water.
- Norma ASTM D 2622 – Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry.
- Norma ASTM D 3120 – Standard Test Method for Trace Quantities of Sulfur in Light Liquid Petroleum Hydrocarons by Oxidative Microcoulometry.
- Norma ASTM D 4176 – Standard Test Method for Free Water and Particulate Contamination in Distillate Fuels (Visual Inspection Procedures).
- Norma ASTM D 5453 – Standard Test Method for Determination of Totl Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence.
- Norma ASTM D 5501 – Standard Test Method for Determination of Ethanol and Methanol Content in Fuels Containing Greater tan 20% Ethanol by Gas Chromatography.
- Norma ASTM D 7318 – Standard Test Method for Existent Inorganic Sulfate in Ethanol by Potentiometric Titration.
- Norma EN 15484 – Ethanol as a blending component for petrol – Determination of inorganic chloride Potentiometric method.
- Norma EN 15491 – Ethanol as a blending component for petrol – Determination of total acidity. Color indicator titration method.
- Norma EN 15492 – Ethanol as a blending component for petrol – Determination of inorganic chloride

and sulfate content. Ion chromatographic method.

- Norma ASTM D 2699 – Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel.
- Norma ASTM D 86 – Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure.
- Norma ASTM D 525 – Oxidation Stability of Gasoline (Induction Period Method).
- Norma ASTM D 130 – Detection of Copper Corrosion from Petroleum Products by the Copper Strip Tarnish Test.
- Norma ASTM D 4815 – Determination of MTBE, EBE, TAME; DIPE, tertiary-Amyl Alcohol, and C<sub>1</sub> to C<sub>4</sub> Alcohols in Gasoline by Gas Chromatography.
- Motor Gasolines Technical Review (FTR-1). Chevron. Written, edited and designed by employees and contractors of Chevron Corporation: Lew Gibbs et al. 2009.

### **Temas diversos**

- Aitken, K. (2022). "History and development of molecular markers for sugarcane breeding", in **Sugar Tech**, nº 24, p. 341-353.
- Castagnaro, A. et al. (2011). "Biotecnología para el desarrollo y sostenibilidad agroindustrial del Noroeste argentino", en **Journal of Basic and Applied Genetics**, 22:1, p. 1-5.
- D'Hont, A. et al. (2008). "Sugarcane: a major source of sweetness, alcohol and bio-energy", in P. Moore and R. Ming (ed.). **Genomics of tropical crop plants**, New York, Springer, p. 483-513.
- Dessoky, E. et al. (2020). "Improvement of sugarcane for borer resistance using Agrobacterium mediated transformation of cry1Ac gene", in **GM Crops & Food**, vol. 12, p. 47-56.
- Endres, Hans (2017). "Bioplastics", *Advances in biochemical engineering/biotechnology*, nº 166, p. 54-78.
- Fontana, José et al (2018). "Sugar versatility", in A. Bosco de Oliveira (ed.). **Sugarcane: technology and research**, London, IntechOpen, p. 241-260.
- Ghulam, Mustafa et al. (2018). "Biotechnological interventions for the improvement of sugarcane crop and sugar production", in A. Bosco de Oliveira (ed.). **Sugarcane: technology and research**, London, IntechOpen, p. 113-138.
- Gómez-Merino, F. et al. (2014). **Innovaciones biotecnológicas en caña de azúcar para potenciar su uso como biofábrica**, México, Colegio de México.
- Mariotti, Jorge (s/f). **Reflexiones sobre el mejoramiento genético de la caña de azúcar**, Buenos Aires, s.p.i.
- Mokhena, Teboho et al. (2018). "Sugarcane bagasse and cellulose polymer composites", in A. Bosco de Oliveira (ed.). **Sugarcane: technology and research**, London, IntechOpen, p. 225-240.
- Molina Monterroso, Luis (2016). **Desarrollo y aplicación de técnicas biotecnológicas para la caracterización, selección y mejoramiento genético de la caña de azúcar**, Valencia, Universitat Politècnica de Valencia.
- Nerkar, G. et al. (2018). "Genetic transformation of sugarcane and field performance of transgenic sugarcane", in **Biotechnologies of crop improvement**, vol. 2, p. 207-226.
- Ostengo, Santiago et al. (2015). **Distribución de variedades comerciales de caña de azúcar en la provincia de Tucumán**, San Miguel, EEAOC.
- Perera, M. et al. (2016). "Use of molecular markers to improve the agro-industrial productivity in the North West of Argentina", in **Molecular Biology**, 5:1, p. 1-7.
- Ramasamy, M. et al. (2018). "A biolistic-based genetic transformation system applicable to a broad-range of sugarcane and energycane varieties", in **GM Crops & Food**, vol. 9, p. 211-217.
- Ramkirshna, K. et al. (2018). "Potentials, challenges, and genetic and genomic resources for sugarcane biomass improvement", in **Frontiers**, nº 151, p. 1-14.
- Senties-Herrera, H. y F. Gómez-Merino (2015). **Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar**, México, Colegio de México.
- Shabbir, R. et al. (2021). "Modern biotechnologies: innovative and sustainable approaches for the improvement of sugarcane tolerance to environmental stresses", in **Agronomy**, vol. 11, 1-20.
- Singh, Priyanka et al. (2019). "Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects", in **3 Biotech**, nº 48, p. 38-54.
- Sopena, Roberto (2008). "Mejoramiento genético en caña de azúcar", en **IDIA XXI**, VIII:10, p. 23-26.
- Sopena, Roberto et al. **Nuevas variedades de caña de azúcar**, Famaillá, INTA, 2015.



- Sugiharto, Bambang (2018). "Biotechnology of drought-tolerant sugarcane", in A. Bosco de Oliveira (ed.). **Sugarcane: technology and research**, London, IntechOpen, p.139-165.
- Xu, Shiqiang et al. (2018). "Transcriptomic characterization and potencial marker development of contrasting sugarcane cultivars", in **Scientific Reports**, vol. 8, p. 1-11.
- A.A. (2018). "El Residuo Agrícola de la cosecha de Caña (RAC) tiene potencial agronómico y energético", en **Ruralnet**, junio.
- Casen, S. et al. (2015). "Manejo de los residuos orgánicos de la cosecha de caña de azúcar", en **Avance Agroindustrial**, Nº 36, p. 20-26.
- FAO (2016). **Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa**, Buenos Aires, FAO-MAGyP.
- Flores, M. et al. (2008). "Uso de biomasa para la generación de energía eléctrica en la provincia de Tucumán", en **Avances en energías renovables y medio ambiente**, 12:06, p. 27-31.
- Golato, M. et al. (2017). "Estudio preliminar del aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha de la caña de azúcar como combustible adicional para calderas bagaceras", en **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, 94:2, p. 21-31.
- Hilbert, Jorge (2013). **La producción de biomasa, residuos agrícolas vegetales y animales**, Buenos Aires, INTA.
- Pulido, G. et al. (s/f). **Peletizado de residuo agrícola de cosecha de caña de azúcar en Argentina**, Buenos Aires, INTI.
- Razo, C. et al. (2007). **Producción de biomasa para biocombustibles líquidos**, Santiago de Chile, CEPAL.
- Solórzano, María (2018). **El pellet energético**, San Miguel de Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional.
- Tonatto, J. et al. (2020). "Hacia una agroindustria sustentable", en **Avance Agroindustrial**, Nº 41, p. 1-13.
- Trigo, E. et al. (2017). **Bioeconomía argentina**, Buenos Aires, Ministerio de Agroindustria.
- Ullivarri, E. y J. Vallejo (2011). **Briquetas de carbón con residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar**, Famaillá, INTA.
- Valeiro, A. et al. (2017). **Los residuos de la industria sucro-alcoholera argentina**, Famaillá, INTA.
- Acreche, M. y A. Valeiro (2011). **Balance energético y emisiones de gases de efecto invernadero en la agroindustria sucro-alcoholera**, Famaillá, INTA.
- AFCP (2016). **Sobre la fabricación de papel**, Buenos Aires, Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel.
- Area, María (s/f). **Industria de celulosa y papel en Argentina**, Posadas, UNM-Conicet.
- BNDES-CGEE (2008). **Energía para el desarrollo sostenible**, Río de Janeiro, FAO-CEPAL.
- Carpio, C. y M. Coviello (2013). **Eficiencia energética en América Latina y el Caribe**, Santiago de Chile, CEPAL.
- Cruz, C. et al. (2013). "Mejora en la eficiencia de calderas bagaceras de alta presión en la Argentina", en **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, 90:2, p. 7-16.
- Franck, F. et al. (2011). "Rendimiento térmico de calderas bagaceras modernas en Tucumán", en **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, 88:2, p. 41-49.
- Golato, M. et al. (2017). "Estudio preliminar del aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha de la caña de azúcar como combustible adicional para calderas bagaceras", en **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, 94:2, p. 21-31.
- Guerrero, Sergio (2020). **Ceniza de bagazo de cañá en el concreto**, Piura, Universidad de Piura.
- Iñíguez, K. et al. (2019). **Eficiencia energética en Argentina. Diagnóstico sector azucarero**, Buenos Aires, GFA-Fundación Bariloche-CEDDET.
- Izquierdo, J. et al. (2019). "Uso de la ceniza de bagazo de caña como reemplazo parcial del cemento", en **61º Congresso Brasileiro do Concreto**, Sao Paulo, IBRACON.
- Machado, Cristina (2010). **Situación de los biocombustibles de 2da y 3era generación en América Latina y Caribe**, Sao Paulo, OLADE-IICA.
- SAGARPA (2016). **Reducción del consumo de petróleo y generación de energía eléctrica en los ingenios**, México.
- Solier, Yamil (2021). **Obtención y caracterización de hemicelulosas de bagazo de caña de azúcar para su uso en materiales biobasados**, Santa Fe, UNL.
- Valeiro, A. et al. (2017). **Los residuos de la industria sucro-alcoholera argentina**, Famaillá, INTA.

- A.A. (2018). "Camino de la biomasa", en **Avance agroindustrial**, 39:3, p. 1-9.
- Aguayo, A. et al. (2018). "Aprovechamiento de vinaza para obtención de biofertilizantes", en **DELOS**, Nº 33, p. 1-9.
- Albarracín, P. et al. (2020). "Reducción de la carga contaminante de la vinaza por producción de proteína unicelular", en **ICIDCA**, 54:1, p. 1-5.
- Arias-Cedeño, Q. et al. (2021). "Potencial fertilizante de cenizas de bagazo de caña de azúcar de industrias azucareras", en **Revista Cubana de Química**, 33:3, p. 452-466.
- Basanta, R. et al. (2009). "Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera", en **Ciencia y Tecnología de los Alimentos**, 5:4, p. 293-305.
- Cajo, L. et al. (2011). "Efecto de la concentración del inóculo y la melaza como suplemento de la vinaza de destilería para la producción de biomasa de *Candida utilis* nativa", en **Scientia Agropecuaria**, Nº 2, p. 65-72.
- Calvo, A. et al. (2019). "Evaluación de producción de biogás y reducción de carga orgánica de vinazas mediante digestión anaeróbica", en **Revista Colombiana de Biotecnología**, 21:2, p. 118-130.
- Calzada, J. y G. D'Angelo (2021). "Fertilizantes: panorama y oportunidades para la Argentina", en **BCR. Informativo Semanal**, Nº 2007, p. 34-44.
- Casas, R. y G. Cruzate (2021). "Agricultura con reposición de nutrientes o minería de suelos", en **Revista de Investigaciones Científicas**, 4:8, p. 35-49.
- Chacón, Alejandro (2004). "Perspectivas actuales de la proteína unicelular (scp) en la agricultura y la industria", en **Agronomía Mesoamericana**, 15:1, p. 93-106.
- CONACyT (2017). "Residuos de caña de azúcar y bacterias, materias primas para elaborar fertilizante", en **iResiduo**, marzo, p. 2/4.
- CONADESUCA (2016). **Vinazas: alternativas de uso**, México, SAGARPA.
- Conil, Philippe (s/f). **Manejo de vinazas: metanización y compostaje**, s.p.i.
- Cruzate, G. y Casas, R. (2009). "Extracción de nutrientes en la agricultura argentina", en **Informaciones Agronómicas del Cono Sur**, Nº 44, p. 21-26.
- Díaz, M. et al. (2003). "Producción de proteína unicelular a partir de desechos de vinaza", en **Revista de la Facultad de Farmacia**, 45:2, p. 23-26.
- Esquivel, María. **Compostaje de residuos sucroalcoholeros**, San Miguel de Tucumán, UTN, 2018.
- Estrada, D. et al. (2016). "Alternativas tecnológicas para reducir el volumen de las vinazas de la industria alcoholera y su tratamiento", en **Revista Centro Azúcar**, Nº 43, p. 70-79.
- FAO (2019). **Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores**, Buenos Aires, FAO.
- FAO (2020 a). **Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina**, Buenos Aires, FAO.
- FAO (2020 b). **Valorización de externalidades de proyectos de biomasa seca y biogás**, Buenos Aires, FAO.
- FAO (s/f). **Biodigestores: transformar la biomasa en biogás**, Buenos Aires, FAO-MAGyP.
- Fertilizar (2021). **Evolución del mercado de fertilizantes argentino 2020**, Buenos Aires, Fertilizar.
- Franck, F. et al. "Combustión de vinaza con materiales celulósicos en calderas bagaceras de ingenios de la provincia de Tucumán", en **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, 93:1, p. 9-18.:2
- García, Fernando (2011). **Mercado y uso de fertilizantes en Argentina**, Buenos Aires, IPNI.
- González, S. et al. (2020). "Aprovechamiento de la potencialidad de la vinaza para la producción de biogás como energía renovable", en **Tecnología Química**, 40:2, p. 269-287.
- Gordillo, F. et al. (2011). "Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum*", en **RIA**, 37:2, p. 140-149.
- Grasso, A. y M. González (2018). "Fertilizantes en Argentina", en **Horizonte A**, p. 1-6.
- Guinea Díaz, Saúl (2013). **Efecto de la adición de vinaza a la cachaza para la elaboración de compost**, Escuintla, Universidad Rafael Landívar.
- Gutierrez, C. et al. (2009). "Ultrafiltración de vinazas provenientes de destilerías de etanol", en **Ciencia e Ingeniería**, 30:2, p. 121-126.
- Ibarra-Camacho, R. y L. León (2018). "Caracterización químico-física de vinazas de destilerías", en **Ciencia**, 1:2, p. 1-13.
- Inga Sotelo, Miguel (2020). **Estudio de compostaje del efluente vinaza de la actividad azucarera**, Huacho, Universidad Nacional J.F. Sánchez Carrión.



- INTA (2019). **Mapa de necesidades nutricionales de los suelos pampeanos**, Balcarce, EEA Balcarce.
- INTI (2016). **Relevamiento de plantas de biogás en Argentina**, Buenos Aires, INTI.
- KPMG-CADER (2021). **Energías renovables en Argentina**, Buenos Aires, KPMG.
- López, Miguel (s/f). **Producción de biogás a partir de la biodegradación anaeróbica de la vinaza**, s.p.i.
- López, U. y J. Aguilar (2016). **Producción de fertilizante sólido a partir de vinazas de destilación de alcohol etílico**, Trujillo, Universidad Nacional de Trujillo.
- Melgar, R. y L. Castro (s/f). "Potasio", en H. Nielson y R. Sarudiansky (ed.). **Minerales para la agricultura de América Latina**, Buenos Aires, UNSAM.
- Molina, C. y W. Quiñónez (2012). **Biodegradación anaeróbica de vinaza**, Guayaquil, Universidad Politécnica Salesiana.
- Mornadini, M. y E. Quaia (2013). "Alternativas para el aprovechamiento de la vinaza", en **Avance agroindustrial**, 34:2, dossier.
- Obregón, Joaquín (2017). "Concentración de vinazas para usos mitigantes del impacto ambiental", en **Márgenes**, 5:4, p. 83-94.
- Obregón, Joaquín (2018). "Producción de compost con vinazas", en **Márgenes**, 6:2, p. 60-73.
- Ortiz, Joaquín (2018). **Producción de energía a partir de vinaza en Tucumán: análisis de las diferentes alternativas**, Buenos Aires, ITBA.
- Perera, Jorge (2009). **Concentración y combustión de vinazas**, San Miguel de Tucumán, mimeo.
- Pineda, Sebastián (2019). **Producción de biofertilizante a partir de la fermentación de vinazas azucareras**, Manizales, Universidad Nacional de Colombia.
- Quiroz, I. y A. Pérez (2013). "Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar", en **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, N° 5, 1069-1075.
- Rajzman, N. et al. (2019). **Informe Potasio**, Buenos Aires, Dirección Nacional de Promoción de la Minería.
- Rodríguez, M. y M. Torres (2018). **Caracterización de los fertilizantes y su calidad agronómica**, Buenos Aires, s.p.i.
- Ruiz, S. et al. (2013). "Propuesta metodológica para la gestión de residuos en la industria azucarera", en **Magazín Empresarial**, 9:21, p. 59-65.
- Sotomayor, C. et al. (2019). "Manejo sustentable de residuos de la caña de azúcar", en **Avance Agroindustrial**, 40:4, p. 14-18.
- Valeiro, A. et al. (2017). **Los residuos de la industria sucro-alcoholera argentina**, Famaillá, INTA.
- Valeiro, A. y R. Portocarrero (2017). **Gestión de las vinazas sucro-alcoholeras en Brasil**, Famaillá, INTA.
- Vergara, Augusto (s/f). **Producción de biofertilizantes con base en los subproductos de la industria azucarera**, s.p.i.
- Zamora, G. et al. (2016). "Caracterización energética de vinazas de caña de azúcar como posible biocombustible para calderas de vapor bagaceras", en **ASADE**, 4:6, p. 11-17.
- Albarracín, L. et al. (2004). "Caña de azúcar ensilada: una alternativa de alimentación para ganado bovino en confinamiento", en **Agrosavia**, 4:1, Bogotá, p. 54-60.
  
- Alvarado Ugalde, Eladio (2011). **Beneficios del uso de levaduras en rumiantes, mito o realidad?**, Heredia, s.p.i.
- Alves da Costa, D. et al. (2015). "By-products of sugar cane industry in ruminant nutrition", in **International Journal of Advance Agricultural Research**, N° 3, p. 1-9.
- APROBAL (s/f). **La caña de azúcar como alimento para el ganado vacuno**, s.p.i.
- Bekatorou, A. et al. (2006). "Food grade yeasts", in **Food Technology**, 44:3, p. 407-415.
- Borrás-Sandoval, L. y G. Torres-Vidales (2016). "Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido", en **Orinoquia**, 20:2, p. 47-54.
- Cabello, A. et al. (2008). "The economical viability of animal production based on sugarcane co-products under the present prices of commodities", in **Sugar Tech**, N° 10, p. 25-28.
- Chavez, M. (2008). "Uso de la caña de azúcar como forraje", en **Ventana Lechera**, 10:3, p. 45-51.
- Fajardo, E. y S. Sarmiento (2007). **Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae**, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.

- Guevara Rodríguez, C. et al. (s/f). **Uso de subproductos y derivados de la caña de azúcar en un sistema integrado para la producción de alimento animal y soluciones ambientales**, La Habana, ICIDCA.
- Lagos-Burbano, E. and E. Castro-Rincón (2019). "Sugar cane and by-products of the sugar agro-industry in ruminant feeding: a review", in **Agronomía Mesoamericana**, 30:3, San José de Costa Rica, p. 917-934.
- Ley de Coss, A. et al. (2018). "Fermentación en estado sólido de *Saccharum* spp. como suplemento para rumiantes", en **Agroproductividad**, 11:6, p. 143-148.
- Ma, J. et al (2021). "Active dry yeast supplementation improves the growth performance, rumen fermentation, and immune response of weaned beef calves", in **Animal Nutrition**, Nº 7, p. 1352-1359.
- Mathier, D. et al. (2013). **La caña de azúcar como cultivo energético**, INTA, s.p.i.
- Mesén, M. et al. (2011). **La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su uso en la ganadería**, San José de Costa Rica, INTA-LAICA-MAG.
- Otero, M. y A. Cabello. "Procesamiento de levadura para la obtención de derivados", en **ICIDCA**, nº 1, p. 2-11.
- Palma García, José (2015). **Residuos de la agroindustria azucarera en la producción de carne vacuna**, Guadalajara, Universidad de Colima.
- Pate, F. et al. (2002). "Sugarcane as a cattle feed: production and utilization", in **Bulletin of the Department of Animal Sciences-University of Florida**, Nº 844, p. 1-21.
- Pereira Faleiro, C. et al. (s/f). **Implementación de un sistema de procesamiento de levadura residual para producir alimentos para animales**, s.p.i.
- Shurson, G. (2018). "Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods", in **Animal Feed Science and Technology**, nº 235, p. 60-76.
- Suárez-Machín, C. et al. (2016). "Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol", en **ICIDCA**, 50:1, p. 20-28.
- Suárez-Machín, C. et al. (2017). "Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes", en **ICDA**, 51:2, p. 21-30.
- Tapia, Romel (2021). **Producción de levadura seca como fuente de proteína para elaboración de balanceados para alimentación animal**, Cali, Universidad ICESI.
- Torres, José (s/f). **Alternativas para alimentación de bovinos con base en caña de azúcar**, San José de Costa Rica, s.p.i.
- Tuárez Párraga, M. et al. (2020). "Evaluación de levaduras en la producción de etanol a partir de melaza de caña de azúcar", en **EspamCiencia**, 11:2, p. 115-119.
- Valeiro, A. et al. (2017). **Los residuos de la industria sucro-alcoholera argentina**, Famaillá, INTA.
- Ward, Joseph (2017). **Yeast in the animal feed industry**, Des Moines, American Dairymen.
- "Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil", Henrique Coutinho Junqueira Franco, Maria Teresa Borges Pimenta, João Luís Nunes Carvalho, Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Carlos Eduardo Vaz Rossell, Oscar Antonio Braunbeck, André Cesar Vitti, Oriel Tiago Kölln, João Rossi Neto <https://www.scielo.br/j/sa/a/cxYbv35jgnJJFLrcfz9DL/?lang=en#>
- <https://centrozucarero.com.ar/produccion-de-azucar-2020-2029/>
- EEAOC, información directa en reunión con fecha de 27 de junio 2022.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.). *Guide to Biogas—From Production to Use*, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Gülzow, Brazil, 2010; p. 24.
- Mccarty, P.L. Anaerobic Waste Treatment Fundamentals. *Public Work* 1964, 95, 107–112.
- Kayhanian, M.; Rich, D. Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements. *Biomass Bioenergy* 1995, 8, 433–444.
- Oechsner, H.-W.; Lemmer, A.; Hamhold, D.; Mathies, E.; Mayrhuber, E.; Preißler, D. Method for Producing Biogas in Controlled Concentrations of Trace Elements. Patent US20100304457 A1, 2 December 2008.
- "Biogas Production from Sugarcane Waste: Assessment on Kinetic Challenges for Process Designing", Leandro Janke, Athaydes Leite, Marcell Nikolausz, Thomas Schmidt, Jan Liebetrau, Michael Nelles and Walter Stinner
- Al Seadi, T.; Rutz, D.; Prassl, H.; Köttner, M.; Finsterwalder, T. *Biogas Handbook*; University of Southern Denmark: Funen, Denmark, 2008.

- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.). *Guide to Biogas—From Production to Use*; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Gülzow, Brazil, 2010; p. 24.
- Mccarty, P.L. Anaerobic Waste Treatment Fundamentals. *Public Work* **1964**, *95*, 107–112.
- Lv, Z.; Hu, M.; Harms, H.; Richnow, H.H.; Liebetrau, J.; Nikolausz, M. Stable isotope composition of biogas allows early warning of complete process failure as a result of ammonia inhibition in anaerobic digesters. *Bioresour. Technol.* **2014**, *167*, 251–259.
- Sugarcane potential trash estimation: variety and cane yield effect, [https://www.researchgate.net/publication/263149706\\_Sugarcane\\_potential\\_trash\\_estimation\\_Variety\\_and\\_cane\\_yield\\_effect](https://www.researchgate.net/publication/263149706_Sugarcane_potential_trash_estimation_Variety_and_cane_yield_effect)
- <https://www.eeaoc.gob.ar/?noticia=jornada-presencial-de-actualizacion-tecnica-en-cana-de-azucar>
- EEAOC, información directa en reunión con fecha de 04 de julio 2022.
- “Los Residuos de la Industria Sucro-Alcoholera Argentina”, Alejandro Valeiro, Rocío Portocarrero, Enrique Ullivarri y Juan Vallejo INTA - EEA Famaillá, [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_residuos\\_sucro\\_alcoholera\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_residuos_sucro_alcoholera_argentina.pdf)
- [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.energia.gob.ar%2Fcontenidos%2Farchivos%2FREorganizacion%2Finformacion\\_del\\_mercado%2Fpublicaciones%2Fmercado\\_electrico%2Ffactor\\_emision%2Ffactor\\_de\\_emision\\_cm\\_2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.energia.gob.ar%2Fcontenidos%2Farchivos%2FREorganizacion%2Finformacion_del_mercado%2Fpublicaciones%2Fmercado_electrico%2Ffactor_emision%2Ffactor_de_emision_cm_2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)
- <https://ambitiontoaction.net/partner-countries-argentina/>
- Beyond Sugar and Ethanol Production: Value Generation Opportunities Through Sugarcane Residues, Steffi Formann, Alena Hahn, Leandro Janke, Walter Stinner, Heike Sträuber, Washington Logroño and Marcell Nikolausz
- Pierossi, M. A., and Bertolani, F. C. (2018). “Chapter 2—sugarcane trash as feedstock for biorefineries: agricultural and logistics issues,” in *Advances in sugarcane biorefinery*. Editors A. K. Chandel and M. H. L. Silveira (Amsterdam, Netherlands: Elsevier).
- Sugarcane energy: potential electricity production from vinasse produced by the ethanol industry, Joaquín Mario Ortiz and Luis Erazzú, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina;