

**PROVINCIAS DE TUCUMÁN SALTA Y  
JUJUY  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES  
“CADENA DE VALOR SECTOR PRODUCTIVO DE  
BIOETANOL”  
INFORME FINAL  
Diciembre 2019**

**Ing. Miguel Fernández de Ullivarri**

## INDICE

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                                                   | <b>5</b>  |
| <b>2. OBJETIVOS</b>                                                                      | <b>6</b>  |
| 2.1 Objetivo General                                                                     | 6         |
| 2.2. Objetivo principal                                                                  | 6         |
| <b>3. REFLEXIONES</b>                                                                    | <b>7</b>  |
| <b>4. ESCENARIO MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE ENERGÍA</b>                        | <b>7</b>  |
| 4.1. Desarrollo y Cambio Climático                                                       | 8         |
| 4.2. Acuerdo de Paris 2015                                                               | 10        |
| 4.3 Incrementos de emisiones de CO <sub>2</sub>                                          | 10        |
| <b>5. LA BIOECONOMÍA: UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO</b>                              | <b>12</b> |
| 5.1. Una opción estratégica para la Argentina                                            | 13        |
| 5.2. Transición, visión geopolítica y estrategias productivas                            | 13        |
| <b>6. MERCADO MUNDIAL DE BIOETANOL</b>                                                   | <b>14</b> |
| <b>6.1. Producción de bioetanol en Estados Unidos</b>                                    | <b>15</b> |
| <u>6.1.1. Estructura productiva de EEUU</u>                                              | 16        |
| <b>6.2. Chile. Política Impositiva como factor de cambio</b>                             | <b>17</b> |
| <b>6.3. Producción de Bioetanol en Brasil</b>                                            | <b>18</b> |
| <u>6.3.1. Financiamiento para el desarrollo</u>                                          | 18        |
| <u>6.3.2. Bioetanol de Segunda Generación</u>                                            | 19        |
| <u>6.3.3. Incorporación del maíz como proveedor de biocombustible</u>                    | 19        |
| <u>6.3.4. RenovaBio. Una estrategia de mitigación de emisiones</u>                       | 20        |
| <u>6.3.5. Certificación de emisiones por empresas</u>                                    | 21        |
| <b>7. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN ARGENTINA</b>                                           | <b>21</b> |
| 7.1. Referencias Históricas                                                              | 21        |
| 7.2. Carburante Nacional                                                                 | 23        |
| 7.3. Plan alconafta                                                                      | 23        |
| <u>7.3.1. Ecuación económica del Plan Alconafta</u>                                      | 25        |
| <b>8. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL</b>                                 | <b>27</b> |
| 8.1 Empresas productoras de bioetanol en Argentina                                       | 28        |
| <b>9. EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO POR AMPLIACIÓN DE LA TASA DE CORTE O MAYOR DEMANDA</b> | <b>31</b> |
| 9.1. Expansión a nuevas áreas bajo cultivo                                               | 33        |
| 9.2. Crecer en mejoras de productividad en las áreas actuales bajo cultivo               | 35        |
| <u>9.2.1. Evaluación por producción</u>                                                  | 36        |
| <b>10. PROMOCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES</b>                                                  | <b>39</b> |
| 10.1. Promoción para la Producción de Biocombustibles                                    | 39        |
| 10.2. Marco normativo. Cambios e impactos en la actividad                                | 41        |
| 10.3. Subsidios a los biocombustibles                                                    | 43        |
| 10.4. Impacto en los precio del azúcar según stock                                       | 45        |
| 10.5. Atraso en el precio del bioetanol                                                  | 46        |
| 10.6. Subsidios para combustibles fósiles                                                | 47        |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>11. EVALUAR CONTRIBUCIÓN DEL BIOETANOL A LA ACTIVIDAD ECONOMICA DE LAS 3 PROVINCIAS</b>         | <b>48</b> |
| 11.1. Incidencia económica e impacto en la generación de empleo                                    | 48        |
| 11.2. Impacto de Ledesma en la provincia de Jujuy                                                  | 49        |
| 11.3 Producción de bioetanol en la provincia de Jujuy                                              | 51        |
| 11.4. Impacto de Seaboard Energía Renovable y Alimentos (Ex Tabacal) en la Provincia de Salta      | 54        |
| 11.5. Impacto en la provincia de Tucumán                                                           | 55        |
| <b>12. IMPACTO AMBIENTAL POR EL REEMPLAZO DE COMBUSTIBLE DE ORIGEN FÓSIL POR RENOVABLES</b>        | <b>56</b> |
| <b>13. TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b>                                                                | <b>56</b> |
| 13.1. Tratamiento de efluentes en Salta y Jujuy                                                    | 57        |
| 13.2. Tratamiento de efluentes en Tucumán                                                          | 59        |
| <b>14. PUESTOS DE TRABAJO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL</b>                             | <b>60</b> |
| 14.1. Generación de empleo a nivel mundial por energías renovables                                 | 60        |
| 14.2. Empleos en el sector de Biocombustibles líquidos a nivel mundial                             | 62        |
| 14.3. Empleos generados por la industria Sucroalcoholera en Argentina                              | 63        |
| <u>14.3.1. Informes Productivos de las Provincias</u>                                              | 65        |
| 14.4. Remuneraciones en la cadena del bioetanol                                                    | 67        |
| 14.5. Empleo en la Producción de Maíz en Argentina                                                 | 68        |
| 14.6. Incidencia en la actividad económica de NOA                                                  | 71        |
| 14.7. Conclusiones                                                                                 | 71        |
| <b>15. COMPETITIVIDAD DEL BIOETANOL DE CAÑA VS MAÍZ</b>                                            | <b>72</b> |
| <b>15.1. Los desafíos logísticos de la agricultura frente al nuevo paradigma de la bioeconomía</b> | <b>72</b> |
| <u>15.1.1. Importancia del transporte en la demanda de energía</u>                                 | 72        |
| <u>15.1.2. Biocombustibles de primera generación. Fuentes y Desafíos</u>                           | 75        |
| <u>15.1.3. Biocombustibles de Segunda Generación</u>                                               | 75        |
| <b>15.2. Bioetanol de maíz</b>                                                                     | <b>76</b> |
| <u>15.2.1. Cadena de valor del maíz.</u>                                                           | 76        |
| <u>15.2.2. Subproductos de la producción de bioetanol de maíz</u>                                  | 77        |
| <u>15.2.3. Desarrollo de la industria del bioetanol de maíz</u>                                    | 78        |
| <u>15.2.4. Eficiencia energética del bioetanol a partir de maíz.</u>                               | 79        |
| <b>15.3. Bioetanol de caña de azúcar</b>                                                           | <b>81</b> |
| <u>15.3.1. Características de la caña de azúcar como productora de bioetanol</u>                   | 83        |
| <u>15.3.2. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar (EEAOC)</u>                                  | 84        |
| <u>15.3.3. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar (Evaluación Brasil)</u>                      | 87        |
| <b>15.4. Conclusiones</b>                                                                          | <b>91</b> |
| <b>16. BIOETANOL A PARTIR DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DE SALTA</b>                                     | <b>92</b> |
| 16.1. El maíz dentro de una estrategia de rotación                                                 | 92        |
| 16.2. Identificación de Marco General                                                              | 93        |
| 16.3. Proyecto de producción de etanol en la Provincia de Salta. (Indagro)                         | 93        |
| <u>16.3.1. Inicio del proyecto</u>                                                                 | 93        |

|                                                                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <u>16.3.2. Razones que motivaron la búsqueda de alternativas</u>                                               | 94         |
| <b>16.4. Proyecto de producción de etanol en la Provincia de Salta. (Seaboard Energía Renovable. Alimento)</b> | <b>95</b>  |
| <b>16.5. Nuevos proyecto de ampliación para la producción de carne</b>                                         | <b>96</b>  |
| <b>16.6. Subproductos de la producción de bioetanol</b>                                                        | <b>97</b>  |
| <b>16.7. Crecimiento del Stock ganadero de Salta</b>                                                           | <b>98</b>  |
| <b>16.8. Contribución impositiva del bioetanol de maíz</b>                                                     | <b>99</b>  |
| <b>16.9. Crecimiento de la producción de maíz en el noroeste argentino (NOA)</b>                               | <b>101</b> |
| <b>16.10. La importancia del maíz en la rotación</b>                                                           | <b>101</b> |
| <b>16.11. Cultivo de maíz en el NOA. Diagnóstico para Salta</b>                                                | <b>102</b> |
| <b>16.12. Perspectivas de los actores del sector</b>                                                           | <b>104</b> |
| <b>16.13. Desarrollo Industrial e impacto social</b>                                                           | <b>105</b> |
| <b>16.14 Conclusiones</b>                                                                                      | <b>106</b> |
| <b>17. MODELOS DE GESTIÓN DE EFLUENTE</b>                                                                      | <b>107</b> |
| <b>17.1. Gestión de efluentes de la producción de bioetanol de maíz</b>                                        | <b>108</b> |
| <b>17.2. Gestión de efluentes de la producción de bioetanol de Caña de Azúcar</b>                              | <b>109</b> |
| <u>17.2.1. Gestión de la vinaza en Salta y Jujuy</u>                                                           | 109        |
| <u>17.2.2. Gestión de la vinaza en Tucumán</u>                                                                 | 117        |
| <u>17.2.3. Otras opciones de gestión de efluentes</u>                                                          | 122        |
| <b>17.3. Tratamiento de efluentes</b>                                                                          | <b>123</b> |
| <u>17.3.1. Biogás</u>                                                                                          | 125        |
| <u>17.3.2. Reactor anaeróbico de alta tasa UASB</u>                                                            | 131        |
| <u>17.3.3. Biodigestores. Efluentes salientes y su tratamiento posterior</u>                                   | 135        |
| <u>17.3.4. Incineración de vinaza concentrada. "Vinaza 0"</u>                                                  | 137        |
| <b>17.4. Inversiones requeridas</b>                                                                            | <b>140</b> |
| <b>17.5. Conclusiones y consideraciones finales</b>                                                            | <b>141</b> |
| <b>18. GESTIÓN LOGÍSTICA DEL BIOETANOL PRODUCIDO EN EL NOA</b>                                                 | <b>141</b> |
| <b>18.1 Matriz de producción de bioetanol en el NOA</b>                                                        | <b>142</b> |
| <b>18.2. Alternativas de mejora para la región NOA</b>                                                         | <b>142</b> |
| <u>18.2.1. Aumentar la capacidad de mezcla y volumen de naftas en el NOA</u>                                   | 143        |
| <u>18.2.2. Eficientizar el transporte de bioetanol de Salta y Jujuy hacia Tucumán</u>                          | 144        |
| <u>18.2.3. Incrementar la demanda local de bioetanol en el NOA</u>                                             | 144        |
| <u>18.2.4. Eficientizar el transporte de alcohol Anhidro no consumido en el NOA</u>                            | 145        |
| <b>18.3. Conclusiones</b>                                                                                      | <b>148</b> |
| <b>19. CONCLUSIONES FINALES</b>                                                                                | <b>152</b> |
| <b>20. REFERENCIAS</b>                                                                                         | <b>152</b> |
| <b>20.1. Tablas</b>                                                                                            | <b>152</b> |
| <b>20.2. Figuras</b>                                                                                           | <b>152</b> |
| <b>20.3. Abreviaturas</b>                                                                                      | <b>153</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y sus consecuencias ocupan hoy el interés y la agenda de todos los países. Ninguno escapa a sumarse al debate y a la propuesta de medidas a ser adoptadas hacia adelante<sup>1</sup>.

El mundo científico, décadas atrás, identificó los cambios que se percibían y tendrían además implicancias globales. Fue quien puso en debate público los procesos y las consecuencias que estos generarían. Hoy estas estimaciones y predicciones han sido superadas y cobran una relevancia e importancia de primer orden.

Los recursos necesarios para reparar y prevenir estos, como las acciones que deberán ser adoptadas para la mitigación, son cuantiosas y diversas. No todos los países tienen las mismas responsabilidades pero todos sufrirán las consecuencias de igual manera. Podemos decir que se ha socializado el deterioro de las condiciones ambientales sin haber sido, en el caso de nuestro país, actores relevantes de estos procesos.

Los hidrocarburos, fuente principal de energía utilizada en los dos últimos siglos, han generado las condiciones que hoy se desea mitigar y controlar. Se suma a ello que las reservas existentes disponibles, ya sean por su ubicación territorial o tipo de fuente, demandan mayor energía para su obtención que se traduce en mayor energía total como también inversiones de magnitudes crecientes año a año. Argentina es un ejemplo de ello.

La ciencia de manera acelerada ofrece tecnologías energéticas más eficientes y menos contaminantes pero el crecimiento de la demanda mantiene el desequilibrio que genera el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero, causa primaria del cambio climático. Lo paradójico es que el crecimiento, el desarrollo y el bienestar de la sociedad vienen acompañado con un mayor consumo y por ende mayor energía demandada.

En ese marco de realidad difícil, los biocombustibles se han incorporado como fuente de mitigación cada vez más importantes y van ocupando espacios en el uso y aplicaciones. A pesar de ello y de un fuerte crecimiento en inversiones que apuntalan el crecimiento de la producción y el consumo de energías renovables, la producción a partir de fuentes fósiles muestra cambios pero sin alcanzar las metas que nadie duda se deben lograr. Bajo este escenario analizaremos las condiciones actuales, las metas que se han explicitado alcanzar como también los magros alcances logrados. En ese marco analizaremos el rol de los biocombustibles y su contribución a aspectos económicos, sociales y ambientales.

---

<sup>1</sup> Acuerdo de París COP 21

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

El Consejo Federal de inversiones, conjuntamente con las tres provincias del NOA, Salta; Jujuy y Tucumán<sup>2</sup> acordó analizar y estudiar de manera conjunta cadenas de valor de actividades productivas comunes a las tres Provincias. El análisis de cada actividad seleccionada tiene por objeto principal identificar las fortalezas y aspectos a mejorar que permitan elaborar propuestas de agregado de valor de cada una de ellas.

Entre las actividades seleccionadas se identificó a la producción de biocombustibles a partir de caña de azúcar. El producto final del mismo será identificar y elaborar propuestas que permitiera desarrollar estrategias y mejoras a incorporar como activos para el armado y desarrollo de futuras políticas públicas

La producción de bioetanol y la generación de efluentes como excedentes de dicha actividad, fue seleccionada por ser común a las 3 provincias, teniendo sin lugar a dudas una fuerte incidencia en los aspectos sociales, económicos y ambientales de cada una como también significativa contribución a la oferta creciente de energía renovable.

Analizar la cadena de valor de bioetanol permitirá identificar y valorar la incidencia que en la actividad tiene su producción al diversificar la oferta final de productos de la actividad.

### 2.2. Objetivo principal

Se propone identificar fortalezas sectoriales que permitan extenderlas a nivel regional, como también procesos y gestiones posibles de cambios y mejoras.

Se desea también identificar el impacto en lo económico, social y ambiental que la producción de bioetanol genera sobre la actividad agrícola-Industrial de la caña de azúcar en cada Provincia.

Sera parte de este trabajo evaluar la dinámica operativa del bioetanol desde su producción hasta la utilización en el parque automotor nacional y su contribución a la mitigación de emisiones al sustituir combustibles de fuente fósiles por renovables. Se desea formular propuestas que sugieran mejorar extensibles a la región en su conjunto y formen parte del activo de políticas pública en el futuro.

---

<sup>2</sup> Acta acuerdo Provincias del NOA, Salta, Jujuy y Tucumán, con CFI

Analizaremos para ello los escenarios tanto de producción y demanda de energía y sus incidencias en las economías e impactos ambientales que ello genera. La toma de posición respecto a líneas de acción al futuro será a partir de la realidad que hoy se presenta en un escenario que no muestra acuerdos ni decisiones solidas hacia un futuro que lo demanda y exige.

### 3. REFLEXIONES

En periodos distintos la iglesia tuvo una mirada preocupada el desarrollo y sus consecuencias. Benedicto XVI invitaba a “eliminar las causas estructurales de las disfunciones de la economía mundial y corregir modelos de crecimiento que parecían incapaces de garantizar el respeto al medio ambiente”<sup>3</sup>. Señalaba que “la degradación de la naturaleza estaba estrechamente unida a la cultura que modela la convivencia humana”<sup>4</sup>.

El Ingeniero e Investigador del INTA Ernesto Viglizzo<sup>5</sup> describe el conflicto de los tiempos actuales. El desarrollo y el crecimiento para satisfacer y generar bienes para la humanidad se hace muchas veces a expensas del medio ambiente. La conservación a ultranza pondría en riesgo el logro de ese objetivo

En resumen, desarrollo y conservación es el debate y la urgencia de los tiempos actuales. A lo largo de este trabajo analizaremos el modelo de crecimiento y desarrollo y las consecuencias que genera como también alternativas posibles de solución en una agenda de tiempos escasos.

### 4. ESCENARIO MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE ENERGÍA

En 2018, la demanda mundial de energía interanual 2017-2018 aumentó un 2,3%, el mayor aumento en una década. Esto se debió al fuerte crecimiento global, crecimiento económico (3.7%) y mayor demanda de calefacción y refrigeración en algunas regiones. China, Estados Unidos e India en conjunto representaron casi el 70% del aumento total en demanda. Debido a un aumento en el consumo de combustibles fósiles, las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la energía crecieron un 1.7% estimado durante el año. El crecimiento implica una tasa adicional de emisiones equivalente 560 Mt de CO<sub>2</sub>, llegando a un máximo histórico de emisiones totales de 31 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>3</sup> *Laudato Sí. Benedicto XVI. Discurso al cuerpo diplomático ante la santa sede. Enero 2007*

<sup>4</sup> *Laudato Sí. Benedicto XVI. Carta Encíclica Caritas in Veritas. Junio 2009*

<sup>5</sup> *Ernesto Viglizzo. La trama de Malthus*

## 4.1. Desarrollo y Cambio Climático

La demanda mundial de energía creció un 2,9% y las emisiones de carbono crecieron un 2,0% en 2018, más rápido que en cualquier otro momento desde 2010-11.

El consumo y la producción de gas natural aumentaron más del 5%, una de las tasas de crecimiento más fuertes tanto para la demanda como para la producción de los últimos 30 años.

Las energías renovables crecieron un 14,5%, acercándose a su aumento récord en 2017, pero esto solo representó alrededor de un tercio del aumento en la generación de energía total. El consumo de carbón (+ 1,4%) y la producción (+ 4,3%) aumentaron por segundo año consecutivo en 2018, luego de tres años de disminución (2014-16).

Estados Unidos registró los mayores incrementos anuales de producción de cualquier país, tanto para petróleo como para gas natural, la gran mayoría de los aumentos provienen de la extracción de gas-shale<sup>6</sup>

Directivo de BP Statistical Review of World Energy con preocupación señala *"hay un desajuste creciente entre las demandas sociales de acción sobre el cambio climático y el ritmo real de progreso, con la demanda de energía y las emisiones de carbono creciendo a su ritmo más rápido durante años. El mundo está en un camino insostenible<sup>7</sup>".*

Evaluando resultados, se estima que las emisiones aumentaron en el 2018 un 0,5% por cada 1% de crecimiento económico global, mientras que el promedio de la serie de los últimos 7 años fue de 0,3%.

La OMM<sup>8</sup> dio a conocer el reporte denominado Bulletin año 2018. Allí describen los efectos del incremento de 1°C del calentamiento global sobre la línea de base de la era preindustrial. Las consecuencias directas son el aumento del nivel del mar a causa de la disminución hielo en los casquetes polares y la manifestación de eventos climáticos extremos en diferentes regiones.

Frente a esto es imprescindible adoptar medidas de carácter global que estén a la altura de las necesidades. El objetivo de limitar el calentamiento a no más de 1.5°C al 2050 es técnicamente posible, según el informe. Esto implicaría reducir las emisiones globales de dióxido de carbono un 45% a partir de datos base de emisiones del año 2010, alcanzando esto en el 2030.

A partir de allí se debería mantener una continua reducción hasta alcanzar niveles de emisión neutras en el 2050. A la tasa actual de emisiones,

---

<sup>6</sup> BP Statistical Review of World Energy 2019 | 68th edition ( Revision estadística de la energía mundial)

<sup>7</sup> Spencer Dale, BP Director de Economía de BP Statistical Review of World Energy:

<sup>8</sup> Organización Meteorológica Mundial. Bulletin Vol. 67, 2018



el mundo alcanzará un calentamiento de 1,5°C anticipadamente y está en camino de más de 3°C a 4°C calentamiento hacia 2100.

Entre tres y cinco millones de años atrás, según los últimos datos reportados por la OMM, la temperatura media del planeta era entre 2 y 3 grados superior a la actual y el nivel del mar superaba los 10 metros respecto al nivel actual. Lo concreto es que las emisiones son cada vez mayores y los sumideros naturales están cada vez más saturados, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es cada vez mayor y se incrementa a tasas más acelerada año a año (Tabla 1).

Tabla 1. Incremento de la concentración de gases de efecto Invernadero<sup>9</sup>

| Gas de Efecto Invernadero           | Pre 1750 | 2012      | Incremento absoluto | Incremento porcentual |
|-------------------------------------|----------|-----------|---------------------|-----------------------|
| Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>  | 280 ppm  | 392.6 ppm | 112.6 ppm           | 40.20%                |
| Metano CH <sub>4</sub>              | 700 ppb  | 1874 ppb  | 1174 ppb            | 167.70%               |
| Óxido de Nitrógeno N <sub>2</sub> O | 270 ppb  | 324 ppb   | 54 ppb              | 20.00%                |

*ppm: parte por millón de partes.*

*Ppb: parte por mil millones de partes*

La concentración media de CO<sub>2</sub> ha pasado de 400,1 partes por millón (ppm) en 2015 a 403,3 ppm en 2016 y a 405,5 ppm el último año. Según los expertos, se considera que una concentración de CO<sub>2</sub> equivalente por encima de las 450 ppm supondría un aumento de la temperatura media global por encima de los dos grados centígrados, es decir, el límite considerado por la comunidad científica como de “riesgo” lo que generaría impactos severos e impredecibles sobre las economía y ecosistemas.<sup>10</sup>

Esa propuesta es evaluada con la información aportada por 53 países, a la que se integran las aportadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, como es conocido por sus siglas en inglés). Se sostiene que las emisiones netas de CO<sub>2</sub> deben quedar en cero en 2050 para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 grados.

<sup>9</sup> Fuente: Carbón Dioxide Information Center

<sup>10</sup> Agencia Internacional de Energía (IEA). Global Energy & CO<sub>2</sub>. Status Report 2018.

## 4.2. Acuerdo de Paris 2015<sup>11</sup>

En su artículo 2° expresa lo siguiente.

1. El presente Acuerdo tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático en el contexto del desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Para ello se debe:
  - 1a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales. Lograr limitar ese aumento de la temperatura solo a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales.
  - 1b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover un desarrollo con emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.<sup>7</sup>
  - 1c) Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
2. El presente Acuerdo se aplicará de modo que refleje la equidad y el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.

## 4.3 Incrementos de emisiones de CO<sub>2</sub><sup>12</sup>

Impulsadas por una mayor demanda de energía en 2018, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía aumentaron un 1,7% a un máximo histórico de 33,1 Gt de CO<sub>2</sub>. Si bien aumentaron las emisiones de todos los combustibles fósiles, el sector eléctrico representó casi dos tercios del crecimiento de las emisiones. El uso de carbón solo en energía superó los 10 Gt de CO<sub>2</sub>, principalmente en Asia. China, India y Estados Unidos representaron el 85% del aumento neto de las emisiones, mientras que las emisiones disminuyeron para Alemania, Japón, México, Francia y el Reino Unido.

Si analizamos las tendencias de mundiales de producción y consumo de energía observamos que los objetivos, lejos de mostrar reducciones presentan tasas de incremento anuales permanentes.

---

<sup>11</sup> UNFCCC *United Nations Framework Convention on Climate Change*

*CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*

<sup>12</sup> *Informe de estado global de energía y CO<sub>2</sub> IEA (International Energy Agency.- Agencia Internacional de Energía*

Continuamente, la Agencia Internacional de Energía (AIE) evalúa el impacto del uso de combustibles fósiles en el aumento de la temperatura global. Estima que el CO<sub>2</sub> emitido por la combustión del carbón es responsable de más de 0,3°C del aumento de 1°C en las temperaturas de superficie anuales promedio mundiales por encima de los niveles preindustriales. Esto hace que el carbón sea la mayor fuente de aumento de la temperatura mundial.

La concentración anual promedio global de CO<sub>2</sub> en la atmósfera promedió 407,4 ppm en 2018, 2,4 ppm más que en 2017. Este es un aumento importante de los niveles preindustriales, que oscilaron entre 180 y 280 ppm.

El consumo mundial de energía en 2018 aumentó a casi el doble de la tasa promedio de crecimiento desde 2010, por una economía global robusta y mayores necesidades de calefacción y refrigeración.

La demanda de todos los combustibles aumentó, liderada por el gas natural. El gas participó en casi el 45% del aumento de la demanda. La combustión de carbón representa el 30% de todas las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía (Tabla 2 y Figura 1)

La demanda de petróleo creció 1,3% y el consumo de carbón aumentó 0,7%. El petróleo y el carbón juntos representaron una cuarta parte del crecimiento de la demanda mundial

Tabla 2. Crecimiento por tipo de energía y país entre 2017 y 2018 (en millones de toneladas equivalentes petróleo (Mtep) (Fuente: IEA)

| Fuente    | EEUU | China | India | Japón | Europa | Otros | Total | Porcentaje |
|-----------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------------|
| Gas       | 67   | 36    |       |       |        | 41    | 144   | 42         |
| Renovable |      | 20    |       |       | 18     | 42    | 80    | 23         |
| Petróleo  | 21   | 20    |       |       |        | 12    | 53    | 15         |
| Carbón    |      | 19    | 20    |       |        | 12    | 51    | 15         |
| Nuclear   |      | 12    |       | 6     |        |       | 18    | 5          |
| Total     | 88   | 107   | 20    | 6     | 18     | 107   | 346   | 100        |

Todo lo señalado precedentemente solo intenta describir un escenario futuro de enormes riesgos y conflictos ambientales a nivel mundial. Ninguna economía estará a salvo de las consecuencias que estos cambios producirán.

El impacto en la sociedad toda será mayúsculo y los recursos para su mitigación o reparación de daños afectarán la economía tal como hoy la conocemos. Esta extensa información sobre un futuro próximo solo tiene por objeto poner en contexto la importancia que las fuentes renovables de energía representan para el futuro.

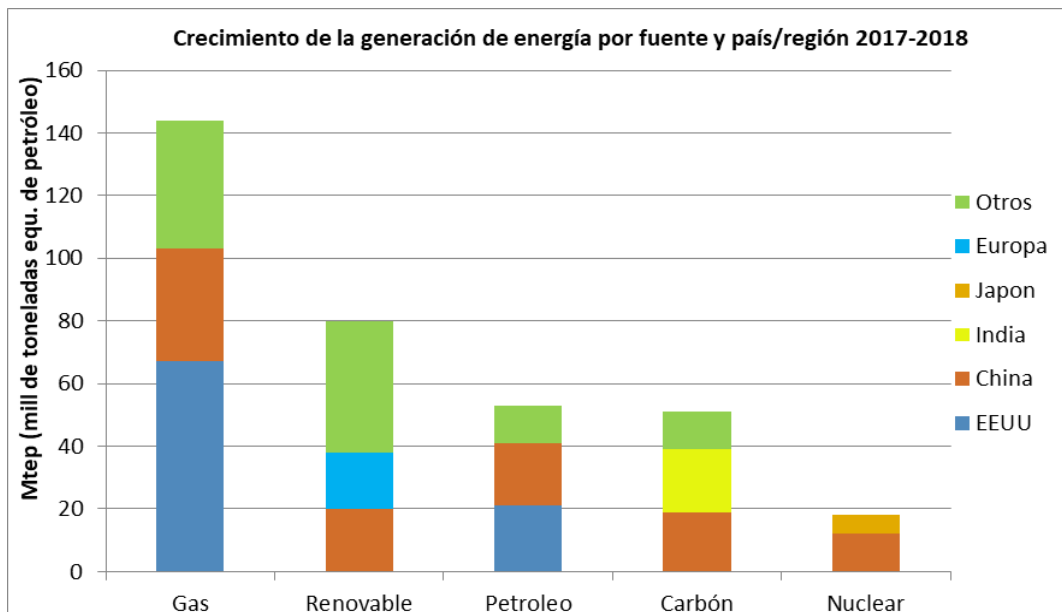


Figura 1. Incrementos de generación de energía por tipo y País

El uso intensivo de energía a partir de fuentes fósiles, sus impactos y su costo creciente, generó como resultado el crecimiento y el desarrollo de fuentes alternativas de energía renovables. Estos nuevos escenarios que se integran y desarrollan son evaluados en el marco de lo que hoy denominamos Bioeconomía.

## 5. LA BIOECONOMÍA: UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO<sup>13</sup>

La bioeconomía, entendida como el conjunto de sectores que usan recursos, procesos y tecnologías biológicas para la producción de todo tipo de bienes y servicios, representa una alternativa estratégica hacia el futuro.

El mundo se enfrenta al fin del ciclo económico basado en el petróleo como base de su matriz energética. Surge por ello la necesidad de encontrar alternativas a ese modelo. El fin del petróleo como principal fuente de energía no responde a una limitación de la oferta, sino a otros aspectos como el creciente deterioro de los recursos naturales y el cambio climático, que comienzan a dejar de dar sustento al modelo.

Hace algunos años el Club de Roma advertía sobre los límites al crecimiento en el modelo actual y se preguntaba cuál sería la alternativa al petróleo, pero faltaba una respuesta consistente. En los últimos tiempos gracias a la tecnología se pudo generar una alternativa. La bioeconomía se

<sup>13</sup> [www.agro.uba.ar](http://www.agro.uba.ar). Fernando Villela, Gustavo Grobocopatel, Ernesto Viglizzo et al

encuentra en el centro de la cuestión y por esta razón el tema se ha instalado como una opción viable y, en muchos casos como el nuestro, convergente con la naturaleza de nuestros recursos y capacidades.

A nivel global, el cambio ya empezó. Las economías del futuro estarán basadas crecientemente en los recursos y energías renovables y para el 2070 se estima solo el 20% de la energía industrial en el mundo provendrá de recursos fósiles.

### **5.1. Una opción estratégica para la Argentina**

En este contexto, la bioeconomía es una inmensa oportunidad para nuestro país. La Argentina no solo es un gran productor de biomasa, materia orgánica de origen vegetal o animal susceptible de ser aprovechada, con un importante desempeño en el mercado mundial de alimentos.

Esta ventaja comparativa permitió un rápido crecimiento de las bioenergías en los últimos tiempos, desarrollo asociado además a la inversión en ciencia y tecnología. Cuenta también con una extendida base empresarial que ya ha probado poder hacer frente a los procesos de innovación que implicaría moverse hacia un nuevo paradigma.

La bioeconomía representa una inmensa oportunidad para que el país reformule la forma en que se inserta en mundo. El viejo modelo como vendedor de commodities, útil a partir de fines del siglo XIX y sirvió para transformarnos en unas de las principales economías del mundo. Hace tiempo que no produce los recursos suficientes para satisfacer las expectativas de bienestar de nuestra sociedad.

A partir de ello es necesario reformular las sinergias entre la agricultura y la industria, aprovechando los conocimientos, la tecnología y la educación para movilizar esa transición.

### **5.2. Transición, visión geopolítica y estrategias productivas**

Entrar en estos nuevos escenarios, no es una transición fácil ni carente de limitantes a resolver. El mundo del conocimiento no es uno que venga acompañado de una redistribución automática del ingreso, **existe el claro peligro de que se genere una mayor desigualdad y polarización**<sup>14</sup>.

Para avanzar en concretar ese potencial será necesario generar una nueva visión de estructura productiva coherente con esa nueva trayectoria.

En un país como la Argentina, caracterizado por su extensión y diversidad en cuanto a recursos naturales, económicos y culturales, se debe pensar en varias bioeconomía. **Las oportunidades y posibilidades no son**

---

<sup>14</sup> Remarcación de los autores sobre la importancia de este concepto especialmente resaltado

las mismas en la Patagonia, que en la región central, Cuyo, el NEA o el NOA. Esta diversidad lejos de ser una limitación representa un aspecto a aprovechar en cuanto a mejorar la territorialidad de la actividad económica, hoy desequilibrada y uno de los principales factores desencadenantes de los procesos de migración interna provocada por la falta de desarrollo de las economías regionales<sup>15</sup>.

Esta descripción de la bioeconomía y su relación con ventajas o desventajas competitivas de las economías regionales y sus potencialidades son el eje de lo que se desea desarrollar y exponer a lo largo de este trabajo.

La cadena de valor del bioetanol elaborado a partir de caña de azúcar podrá expresarse con su máxima potencialidad dependiendo de la gestión de las empresas involucradas por un lado pero requiere de políticas públicas estables, previsibles dentro de claro marco jurídico.

Una reciente encuesta de la OCDE<sup>16</sup> señala que la mayor parte de los jóvenes rurales tiene expectativas de que su primer empleo, sea con características de nivel industrial. Hoy, esto es uno de los más importantes impulsores de las migraciones hacia las zonas urbanas y el empobrecimiento de las áreas rurales, y un tema específico que resalta el potencial de la bioeconomía como instrumento para hacer frente a algunos de los aspectos más prioritarios de nuestra agenda social

## 6. MERCADO MUNDIAL DE BIOETANOL

La producción de bioetanol está fuertemente concentrada en 2 países. EEUU y Brasil quienes son responsables del 87% (Tabla 3) de la producción mundial.<sup>17</sup> Se diferencian en la materia prima utilizada en cada País. EEUU lo hace a partir de maíz y Brasil a partir de caña de azúcar.

Tabla 3. Producción mundial de bioetanol. En miles de metros cúbicos

| Producción | 2012   | 2013   | 2014   | 2015    | 2016   | 2017    | 2018    |
|------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Mundial    | 86.420 | 91.846 | 96.100 | 100.795 | 99.774 | 101.342 | 107.995 |
| EE.UU      | 52.115 | 52.754 | 56.468 | 57.629  | 56.700 | 59.879  | 60.781  |
| Brasil     | 23.759 | 27.528 | 28.215 | 30.000  | 28.694 | 28.593  | 33.056  |
| Argentina  | 250    | 472    | 671    | 815     | 890    | 1.105   | 1.114   |
| Resto      | 10.295 | 11.092 | 10.746 | 12.351  | 13.489 | 11.765  | 13.044  |

Fuente: Elaboración propia en base a EIA, RFA, Secretaría de Gobierno de Energía

<sup>15</sup> Remarcación de los autores sobre la importancia de este concepto especialmente resaltado

<sup>16</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

<sup>17</sup> Fuente: Elaboración de Autor. RFA.- (Asociación de Combustibles Renovables), EIA (Agencia internacional de energía) y Secretaria de Gobierno de Energía

La producción Mundial de bioetanol en una serie de 12 años creció 2,1 veces, estimulada por el crecimiento del bioetanol de Estados Unidos que creció 2,5 veces en 12 años a una tasa promedio del 20 % anual. Brasil lo hizo al 14 % anual.

Actualmente entre EEUU y Brasil producen el 87% 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 la regulaciones que en cada país de implementan.

## 6.1. Producción de bioetanol en Estados Unidos

Estándar de Combustible Renovable (RFS)<sup>18</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>19</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 y 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. La Figura 2 muestra el crecimiento desde el 2012 de esta tendencia.<sup>20</sup>

Por otro lado la Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en Ingles, 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.

---

<sup>18</sup> *Renowablel Fuel Standard. (Estándar de combustible renovable)*

<sup>19</sup> *EPA. Environmental Protección Agency. Agencia de Protección Ambiental*

<sup>20</sup> *Fuente: www. FuelsandLubes.com*

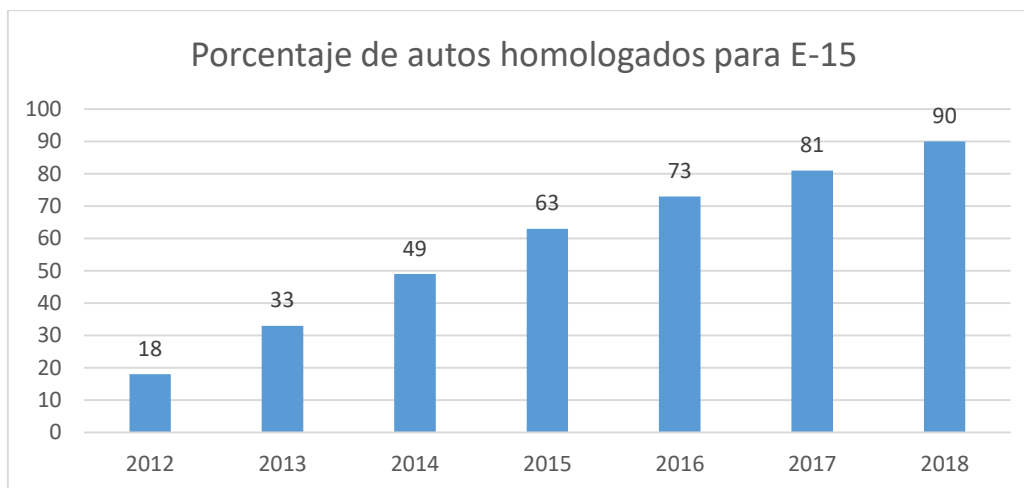


Figura 2. Autos Homologados

Por otro lado la Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en Ingles, 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.

#### 6.1.1. Estructura productiva de 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>21</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.

<sup>21</sup> Fuente Portal caña Julio 2017



En Argentina se utilizaron para el mismo periodo 1,3 millones de toneladas, representado casi el 4 % del total producido a nivel nacional que acumulo 38 millones según estimaciones de la Guía Estratégicas para el agro que publica la Bolsa de Comercio de Rosario.

En caso de retirar el apoyo gubernamental a la producción de etanol, y frente al enorme peso que ésta tiene en la demanda de maíz, no caben dudas de que el precio del grano perdería uno de sus sostenes más firmes, estabilizándose unos cuantos escalones por debajo de su cotización actual. Un motivo de gran preocupación para los productores argentinos.

## **6.2. Chile. Política Impositiva como factor de cambio <sup>22</sup>**

El denominado Impuesto Verde establece un tributo anual a beneficio fiscal sobre las emisiones al aire de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), producidas por establecimientos cuyas fuentes fijas sumen una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt. En este contexto, Héctor Arellano, gerente comercial de la consultora de eficiencia energética Efizity, explica que en gran medida, *“este impuesto estimula el cambio hacia tecnologías limpias, ya que se aplica sobre la base que el uso de combustibles fósiles en la industria, genera efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de las personas”*.

Actualmente, *“el nivel de gravamen del impuesto depende del tipo de emisión, para el caso del MP, NOx y SO<sub>2</sub>, el impuesto es de 0,1 dólar por cada tonelada emitida, mientras que para el CO<sub>2</sub> es de cinco dólares por tonelada emitida”*, explica Arellano. Por su parte, el Gobierno ha indicado que dentro de los puntos a modificar en el proyecto de Reforma Tributaria, estaría el denominado Impuesto Verde a las fuentes fijas.

Ahora bien, desde el punto de vista medioambiental, el beneficio de la existencia de este impuesto es que agrega un valor definido al uso de combustibles más contaminantes, lo que incentiva a utilizar combustibles fósiles que contaminen menos, a realizar inversiones en equipos de abatimiento para captar las emisiones antes que salgan de la fuente fija o en definitiva a utilizar combustibles renovables, como la biomasa. Este tipo de cambios e inversiones, naturalmente significan una reducción en el pago del Impuesto Verde y un aumento en la sustentabilidad de la compañía que lo aplique.

---

<sup>22</sup> Bioeconomía Julio 2019

### 6.3. Producción de 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>23</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. La importancia es que se acomodó la economía y la reserva del Tesoro llegó 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”*

#### 6.3.1. Financiamiento para el desarrollo

En Brasil, el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) y el sector de Financiamiento de Estudios y Proyectos (FINEP) <sup>24</sup> entre los años 2014-2018 destinaron R\$1,48 mil millones al sector sucro-alcoholero. Se sumó a ello R\$ 80 millones de recursos no reembolsables. Ese plan tuvo amplia participación del sector permitiendo que 57 empresas recibieran financiamiento y 35 nuevos planes de negocios fueron aprobados. Ello permitió que siete nuevas usinas se instalaran incrementando la oferta de azúcar y alcohol.

Es destacable en Brasil el incremento de producción y productividad desde el inicio del proyecto Pro alcohol en el año 1975. En el 2007, la producción por hectárea llegó 11.200 kilos de azúcares totales. El 32 año, el

---

<sup>23</sup> Fuente: Diario La Gaceta de Tucumán. Presentación en Congreso mundial de ISSCT. Tucumán

<sup>24</sup> <http://www.finep.gov.br/paissagricola>; [www.bndes.gov.br/paissagricola](http://www.bndes.gov.br/paissagricola).

incremento productivo fue del 130% de lo que se desprende que el ratio de crecimiento anual rondo el 3% en dicho periodo.

### 6.3.2. Bioetanol de Segunda Generación

Entre las nuevas empresas se destacó una de producción de bioetanol celulósico a partir de fibra de caña. La empresa en GranBio ya produce a partir de la fibra excedente de la molienda de caña. Esta alternativa de producción de bioetanol de segunda generación está en pleno desarrollo en Brasil, permitiendo reducir el riesgo de encarecimiento e indisponibilidad de fuentes de primera generación que son además proveedoras de alimentos como el maíz y el azúcar.

El Presidente ejecutivo de la Empresa Raizen, Marcos Lutz, informo que la Usina Costa Pinto de Piracicaba (Sao Paulo) está ajustando sus procesos para producir en la temporada 2019-2020 40 millones de litros de bioetanol de segunda generación. El año pasado la planta produjo 7 millones de litros<sup>25</sup>.

### 6.3.3. Incorporación del maíz como proveedor de biocombustible

El crecimiento en la producción de maíz en Brasil está en plena expansión. El área principal, ubicada en el Matogrosso se estima incrementara el 50% en los próximos años. La necesidad de rotar con esta gramínea las áreas sembradas con soja es el motor que tracciona la mayor oferta lo que permitió que empresas del sector sucroalcolera se incorporaran a producirlo de otra fuente de materia prima.

Sao Martinho<sup>26</sup> invertirá U\$S 91 millones en su usina Boa Vista para producir 200 millones de litros de etanol y 140.000 toneladas de DDGS (Granos de destilería de maíz desecados/solubles) por año. La Usina Boa Vista, ubicada en Quirinópolis (Goias) es considerada una de las más modernas del mundo. De esta forma, Sao Martinho se suma al número creciente de empresas que comienzan a producir etanol a partir de maíz en Brasil, un país donde el biocombustible siempre se ha elaborado a partir de la caña de azúcar.

El etanol de maíz está despegando en el corazón cerealero de Brasil, principalmente en el estado de Mato Grosso, donde se espera que la producción crezca más del 50% en 2019.

La producción de maíz en Brasil viene aumentando considerablemente en los últimos cinco años, ya que los agricultores consolidaron un sistema de

---

<sup>25</sup> Fuente. Agencia Reuters. Publicado por [www.novacana.com](http://www.novacana.com) 19 de marzo del 2018

<sup>26</sup> [www.bioeconomia.com.ar](http://www.bioeconomia.com.ar) .Publicado junio 21, 2019

rotación para sembrar soja en verano y maíz en invierno. La llamada “safrinha”, o cosecha de maíz de segunda, es actualmente, la cosecha de maíz más importante de Brasil, con una producción estimada de alrededor de 66,6 millones de toneladas en la campaña 2018/19.

De esta forma, Sao Martinho se suma al número creciente de empresas que comienzan a producir etanol a partir de maíz en Brasil, donde el biocombustible siempre se ha elaborado a partir de la caña de azúcar.

#### 6.3.4. RenovaBio. Una estrategia de mitigación de emisiones

En Brasil, la iniciativa RenovaBio está desempeñando un papel importante en el aumento del uso doméstico de biocombustibles. A partir de la ley N° 13576 del 2017, establece objetivos nacionales anuales de descarbonización para el sector de combustible alentado una mayor producción y participación de los biocombustibles renovables

El objetivo principal es crear herramientas para que Brasil pueda cumplir con los compromisos fijados en el Acuerdo de París, animar la expansión de la producción de biocombustibles y asegurar la predictibilidad del suministro.

Los puntos clave de RenovaBio<sup>27</sup> es una estrategia que reconoce el papel de todos los tipos de biocombustibles, etanol, biodiesel, biometano, bioqueroseno, en la matriz energética brasileña. Para ello crea un certificado individual para el productor, de ese biocombustible identificando la tasa de mitigación.

Crea los llamados Créditos de descarbonización o CBIO. Este crédito se comercializa como activo financiero.<sup>28</sup> Son negociados en la bolsa de valores y será emitido por productores a partir de las ventas de biocombustibles. Esto significa, en la práctica, otra fuente de financiación para los empresarios del sector.

RenovaBio estimula el desarrollo de fuentes renovables en las emisiones de gases, exigiendo a empresas distribuidoras reducciones tasas de reducciones de emisiones a partir de fósiles. Se asigna a los distribuidores disminuir la huella de gases de efecto invernadero en un 10% en 10 años, otorgándoles tiempo para adaptarse.

Es un certificado, por el cual quien produce biocombustible acumula créditos y recibe un derecho que puede vender directamente a los distribuidores de combustibles fósiles o al mercado de valores.

---

<sup>27</sup> Fuente: Ministerio de Minas y Energía Brasil. Ley 13576

<sup>28</sup> Fuente [www.novaCana.com](http://www.novaCana.com) 25 jul 2018

Los distribuidores de combustibles fósiles tendrán que comprar esos certificados para reducir su huella de carbono. Es un sistema muy simple que requiere primeramente cuantificar la eficiencia de mitigación de emisiones de quien produce biocombustible, lo que le permitirá generar los créditos a ser negociados. Es un sistema donde los combustibles fósiles son la base del crecimiento y del financiamiento del desarrollo de las energías renovable.

De esta manera se identificara con precisión la contribución individual de cada agente productor para mitigar una cantidad específica de gases de efecto invernadero en relación con su sustituto fósil (en términos de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente). En resumen Brasil a través de este herramienta trasladada la responsabilidad a quienes comercialicen combustibles de fuentes fósiles en equivalencia a la emisión estimada.

RenovaBio genera estímulos de eficiencia energética en la producción y uso de biocombustibles, y reconoce la capacidad de cada fuente de energía para contribuir al logro de los objetivos de reducción de emisiones de carbono.

### 6.3.5. Certificación de emisiones por empresas

Los objetivos y metas son determinados por el Consejo Nacional de Política Energética (CNPE). Los montos, establecidos en unidades de CBios, suman 16,8 millones de tonelada de CO<sub>2</sub> que deberán mitigarse. Esto significa que, en principio, las empresas aún tendrán que comprar en 2019 bonos emitidos por productores de combustible que, en conjunto, representan una minimización de las emisiones en 16,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Estas cantidades están en relación a los compromisos que Brasil asumió con la comunidad internacional para mitigación.

Al principio, las calificaciones de eficiencia energético/ambiental rondan los 66,6 gCO<sub>2</sub>eq/MJ para el etanol anhidro y 66,3 gCO<sub>2</sub>eq/MJ para el hidratado.

Estos valores representan la cantidad de gas carbónico que deja de ir a la atmósfera con la producción de los biocombustibles en comparación con el combustible fósil equivalente, a gasolina.

## **7. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN ARGENTINA**

### **7.1. Referencias Históricas**

Es necesario remontarse al año 1927 para rescatar la primera información de la producción y uso del alcohol como carburante. El diario Pregón el 16 de diciembre de 1991, en su portada dominical informa sobre la

experiencia llevada a cabo en la Empresa Ledesma de Jujuy, 64 años atrás (Figura 3).

Don Luis Giacosa, un inmigrante italiano investigó en los laboratorios de la misma, las posibilidades de reemplazo de las naftas que en esos tiempos era totalmente importada. Este desarrollo fue patentado, registrándose con la patente N° 27861 el 3 de octubre de 1927, según muestra la gráfica.



Figura 3. Diario Pregón de Jujuy

Dicha mezcla demandaba el 15% de petróleo crudo, el 5% de metileno y el 80% restante de alcohol, no pudiendo mezclarse con agua. Los resultados y ventajas identificadas para desarrollar el proyecto de carburante a partir de alcohol eran, entre otras, una capacidad de compresión de 9:1 sin riesgo de detonación, otorgándole una fuerza dinámica superior a las naftas. No acumulaba residuos carbonosos en las válvulas de escape ni generaba emanaciones de monóxido de carbono ya que la combustión era completa. Menor costo que las naftas importadas. Por litro de nafta se pagaba 21 centavos. El valor determinado para el carburante a base de alcohol de melaza solo 19 centavos.

En mayo de 1928 se llevó a cabo la primera experiencia relacionada con este tema. La prueba fue realizada por el director general de YPF, entonces Coronel Enrique Mosconi, en Campamento Vespucio (Salta) en el vehículo que el mismo utilizaba. Los resultados fueron: Arranque instantáneo, no producía

emanaciones de CO, por lo que su combustión era completa. La mezcla combustible-aire absorbida por las válvulas de admisión podía comprimirse nueve veces en su volumen sin detonar por presión.

Después de largas pruebas, evaluaron el motor no advirtiéndose la presencia de residuos carbonosos en la cámara de compresión ni en la válvula de escape. A pesar del éxito de la demostración este desarrollo no se extendió ni se difundió posteriormente.<sup>29</sup>

## 7.2. Carburante Nacional

En su libro Biocombustibles,<sup>30</sup> el Ing. Franco Fogliata describe y adjunta una carta del Dr. William E. Cross quien en diciembre de 1939, siendo Director de la Estación Experimental Obispo Colombes envía al Diputado Provincial, Don Isaías Nougués una extensa misiva. Allí, con fundados argumentos expone los motivos por lo que el estado nacional debía promover el uso del alcohol en las naftas, dando lugar a lo que llamo, Carburante Nacional.

Allí el Dr. Cross propone eliminar el desnaturalizante que era agregado para evitar fraudes con alcohol para bebidas. Proponía realizar con controles directos y evitar recurrir a esta práctica. Esto permitiría alcanzar un valor de mercados menores que las naftas, sugiriendo además que la porcentualidad de las mezclas sea evaluada por las automotrices, quienes aportarían la mejor información respecto a la mezcla de mejor desempeño.

Señalaba que la experiencia de mezclas nafta- alcohol estaba difundido extensamente en países de Europa y Argentina sin lugar a dudas debía seguir ese camino. Pasaron décadas hasta que el sueño del Dr. W. Cross como del Diputado Isaías Nougués se hiciera realidad a partir del proyectoalconafta.

## 7.3. Planalconafta

Todos estos intentos realizados en casi 50 años no alcanzan continuidad sino a partir de 1979 cuando se inició en la EEAOC<sup>31</sup>, bajo la dirección del Doctor Ingeniero José Luis Busto, el programa de ensayos denominado Programa Alconafta. Varias fábricas de la Industria Automotriz pusieron a disposición, sin cargo, pares de vehículos idénticos, de modo que los experimentadores pudiesen hacer funcionar en cada caso una unidad con nafta pura y la otra conalconafta, y evaluar resultados

---

<sup>29</sup> *Recopilación histórica. Revista Ambiente Ecológico N° 53.*

<sup>30</sup> *Libro Biocombustible. Autor Ing. Franco Fogliata. Página 271 a 275. Carburante Nacional*

<sup>31</sup> *El Programa Alconafta. Ministerio de Economía . Tucumán. Abril de 1983*

Previo al lanzamiento de la venta obligatoria de alconafta común y especial, durante 16 días, tres automóviles, con motores de la mayor compresión que cada marca comercializaba, funcionaron accionados con alconafta súper recorriendo sin solución de continuidad 20.000 kilómetros. Destapados los motores empleados en la prueba y comparados sus estados con el de otros de igual fabricación e idéntica cantidad de kilometraje, cedidos por usuarios particulares, que usaron nafta súper sin la mezcla de alcohol, se comprobó el total éxito de la prueba.

Tucumán inicia el 15 de marzo de 1981 el consumo masivo de alconafta común, con mezcla del 12% de alcohol etílico hasta el 1º de mayo de 1983. Los buenos resultados permite el lanzamiento de la alconafta súper sin mayores problemas.

El 20 de septiembre se incorporan al plan alconafta las provincias de Salta y Jujuy con lo que se dio por finalizada la primera etapa, cuyo objetivo era el de absorber los excedentes de alcohol de melaza, sin realizar ninguna extensión de los cultivos de la caña de azúcar.

En diciembre del año 1984 se agregan las provincias de Catamarca y La Rioja, y en marzo de 1985 la provincia de Santiago del Estero quedando de esta forma toda la región NOA integrada al consumo obligatorio de alconafta súper y común.

El objetivo de esta segunda fase era aprovechar totalmente la capacidad de destilación, con posibilidad de eliminar parte de la exportación de azúcar, si los precios internacionales eran desfavorables. Además se preveía la posibilidad de la molienda directa de caña de azúcar en el norte para la obtención del alcohol destinado a la mezcla.

El 30 de octubre de 1985 se integran al plan las provincias de Santa Fe y Entre Ríos. Desde esta fecha hasta principios de 1987 siguieron incorporándose las provincias de las regiones Litoral y NEA, quedando en total 12 provincias integradas al plan. El objetivo de esta tercera etapa era aprovechar totalmente la capacidad de molienda, eliminando toda la exportación de azúcar.

En el año 1987 las 12 provincias integradas al plan consumían aproximadamente 250 millones de litros de alcohol anhidro por año, y se estimaba que la industria y el cañaveral existentes poseían capacidad para producir 450 millones de litros de alcohol.

También, es importante señalar que la alconafta era económica en la medida en que el Estado renunciaba al impuesto a los combustibles sobre el % de alcohol contenido en la mezcla.



### 7.3.1. Ecuación económica del Plan Alconafta<sup>32</sup>

Se analizó si la sustitución de naftas que se importaba en dicha época, al ser reemplazada por este biocombustible evitaba la transferencia de divisas al exterior y garantizaba utilidades a la actividad.

Los supuestos del análisis fueron los siguientes según 3 pasos:

- En un primer paso se importaban 250.000 metros cúbicos de naftas a un precio de 25 centavos de dólar el litro. El dólar cotizaba a \$70.000 por lo que el litro importado representaba \$17.500 que la petrolera en moneda dólar pagaba al importador. Descontando gasto de comercialización se determina que lo que se eroga totalizan \$12.000.
- En un segundo paso, se comercializa en el mercado interno a un precio de \$7.450. De este monto la petrolera recibía \$4000 y el estado \$3.450 en conceptos de impuestos.
- El tercer paso es la compensación que recibe la petrolera por la diferencia entre lo pagado al importador y lo que recibieron por venta en el país. Ese monto totaliza \$8.000. En la Tabla 4 se muestran los resultados de la sustitución de naftas importadas por alconafta.

Tabla 4. Análisis de resultados de sustitución de Naftas importadas por alconafta

| Pasos     | Exterior (Importador) | Petrolera | Estado   | Consumidor |
|-----------|-----------------------|-----------|----------|------------|
| 1° Paso   | \$12.000              | \$-12.000 |          |            |
| 2° Paso   |                       | \$4.000   | \$3.500  | \$-7.450   |
| 3° Paso   |                       | \$8.000   | \$-8.000 |            |
| Resultado | \$12.000              |           | \$-4.500 | \$-7.450   |

A los efectos de definir la conveniencia o no de reemplazar volúmenes de nafta importada de origen fósil por renovables, se trabajó en el análisis de un escenario de recursos disponibles y si lo que se lograba recaudar, pagaría los costos del bioetanol que se elaboraría. Para ello se asumió que los montos que se obtendrían por una supuesta exportación y recupero de reintegro de exportaciones se aplicarían para la producción de bioetanol entre otros recursos.

Por otro lado se identificaron beneficios adicionales como el de mejorar el déficit comercial que enfrentaba el país en esas épocas, incrementaba la

<sup>32</sup> *Presentación Gobierno de Tucumán al Poder Ejecutivo Nacional. 22 de Diciembre de 1982*

actividad económica interna lo que dinamiza relaciones comerciales directas como indirectas y por ultimo crecería la recaudación impositiva tanto Nacional como Provincial.

El paso siguiente fue analizar y evaluar estos supuestos. En la Tabla 5 se muestran los resultados económicos de la sustitución.

Tabla 5. Sustitución de Naftas importadas poralconafta. Evaluación de costo

| Pasos    | Exterior (Importador)                                                                                                                                                                      | Azucarero    | Petrolero    | Estado     | Consumidor   | Alcoholero  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------|--------------|-------------|
| 1° Paso  | \$-1.131.000                                                                                                                                                                               | \$1.131.000  |              |            |              |             |
| 2° Paso  |                                                                                                                                                                                            | \$282.750    |              | \$-282.750 |              |             |
| 3° Paso  | \$1.620.000                                                                                                                                                                                |              | \$-1.620.000 |            |              |             |
| 4° Paso  |                                                                                                                                                                                            |              | \$745.000    | \$745.000  | \$-1.490.000 |             |
| 5° Paso  |                                                                                                                                                                                            |              | \$875.000    | \$-875.000 |              |             |
| Subtotal | \$489.000                                                                                                                                                                                  | \$1.413.750  |              |            | \$-1.490.000 |             |
| 6° Paso  | \$-489.000                                                                                                                                                                                 | \$-1.413.750 |              |            |              | \$1.902.750 |
| 1° Paso  | Se deja de exportar azúcar y se convierte en bioetanol: 300.000 ton*130 U\$ /ton *29000 \$/ U\$= \$ 1.131.000 millones de pesos                                                            |              |              |            |              |             |
| 2° Paso  | Reintegro de exportaciones serían. 25% que totalizan \$282.750 millos de pesos                                                                                                             |              |              |            |              |             |
| 3° Paso  | Importación de naftas. 200.000.000 de litros de naftas a 0,30 centavos de dólar *27.000 \$/U\$= \$1.620.000 millones de pesos                                                              |              |              |            |              |             |
| 4° Paso  | Comercialización interna de las naftas. 200.000.000 litros a \$ 7.450 / litro= 1.490.000 millones de pesos. Lo recaudado se distribuye 50% al estado como impuesto y 50 % a las petroleras |              |              |            |              |             |
| 5° Paso  | Compensación de quebranto que el estado compensa a las petroleras                                                                                                                          |              |              |            |              |             |
| 6° Paso  | Transferencia de importe evitado transferir al exterior como los recursos que el sector azucarero transfiere a sector alcolero, beneficiario final.                                        |              |              |            |              |             |

El monto final resultante, dividido en la cantidad de bioetanol producido (200 millones de litros dealconafta) mostraba el siguiente resultado.

$$\text{\$ } 1.902.000 / 200 = \text{\$ } 9.514 \text{ /litros dealconafta}$$

El resultado arroja un precio de indiferencias de 9.514 \$/litros, que permitirías cubrir costos y garantizar utilidades razonables.

Durante los años siguientes, a pesar de los beneficios que implicaba produciralconafta, las zafas no fueron buenas por malas condiciones climáticas, no cubriéndose el cupo asignado. Por otra parte, el precio internacional del azúcar recuperó rentabilidad y tomo posiciones mejores que el mercado doméstico por lo que crecieron las exportaciones. A esto se sumó la creciente necesidad del estado de recuperar recaudación, lo que llevó a que el planalconafta fuera dejado de lado poco a poco, hasta desaparecer por completo.

## 8. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Si analizamos la producción por fuente observamos que a pesar que el maíz ingresa al mercado de biocombustible en el 2013 como primer año con un bajo aporte, algo superior a 130.000 metros cúbicos, el crecimiento desde el 2014 en adelante es tan importante que al analizar el % producido en serie de 9 años, supera a lo producido a partir de caña de azúcar.<sup>33</sup> (Figura 4).

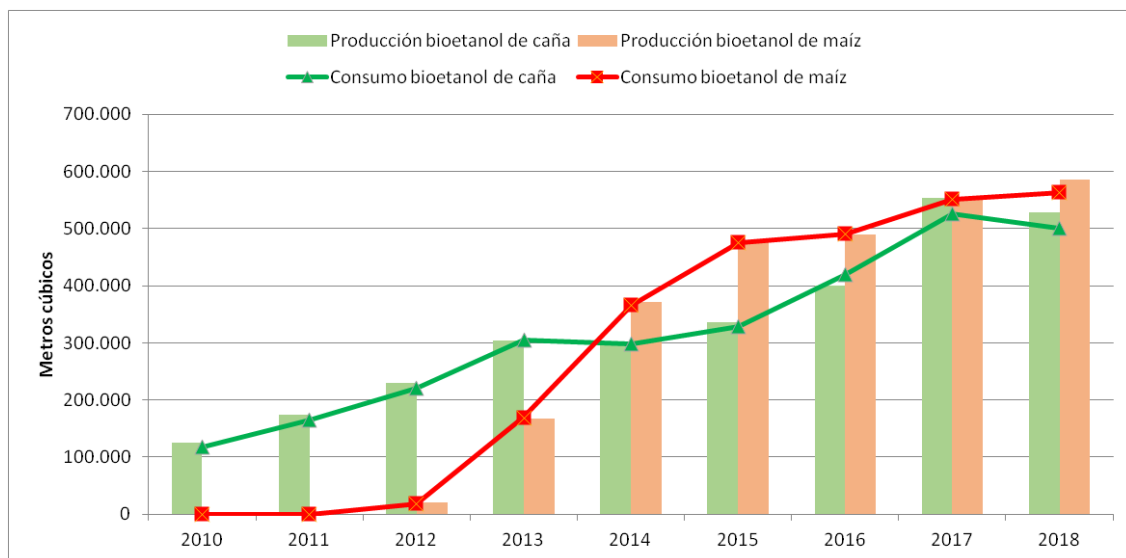


Figura 4. Evolución de la Producción de bioetanol

La Tabla 6 permite analizar la producción por región y por fuente.

Tabla 6. producción de bioetanol por región y por fuente

| Producción según materia prima                    |           |          |          |         |
|---------------------------------------------------|-----------|----------|----------|---------|
| Materia Prima                                     | Provincia |          |          |         |
|                                                   | Córdoba   | Santa Fe | San Luis | Total   |
| Maíz                                              | 1929719   | 358222   | 378089   | 2666030 |
| Porcentaje                                        | 72%       | 13%      | 14%      | 100%    |
| Caña de azúcar                                    | Tucumán   | Salta    | Jujuy    |         |
|                                                   | 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%   |

<sup>33</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

## 8.1 Empresas productoras de bioetanol en Argentina

A partir de Caña de azúcar participan 12 empresas distribuidas en 3 provincias del NOA. A partir de maíz las empresas productoras son 5 distribuidas en 3 provincias del centro del país (Tablas 7, 8 y 9).

Tabla 7. Producción de bioetanol por empresa y por fuente

| 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 |
| ENERGÍAS ECOLOGICAS DEL TUCUMÁN 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 ENERGIA S.A.               | Tucumán   | Azúcar |
| BIOATAR SA                            | TUCUMÁN   | AZÚCAR |
| Promaiz 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   |

Fuente: Secretaria de Energía. Estadísticas de producción.

Tabla 8. Empresas productoras de bioetanol de caña de azúcar

| Empresas Productoras de Bioetanol de azúcar | Periodos analizado de Producción Acumulada | Metros 3 de bioetanol | Producción año 2018 | Máxima producción mensual en 2018 |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Comp. Bioenergética La Florida S.A          | Enero 2012- Marzo 2019                     | 723680                | 122747              | 13397                             |
| Fronterita Energía S.A.                     | Mayo 2017- Marzo 2019                      | 48987                 | 20893               | 3704                              |
| Energética Leales S.A.                      | Enero 2018- Marzo 2019                     | 19492                 | 17614               | 3819                              |
| Biotrinidad S.A.                            | Enero 2012- Marzo 2019                     | 182726                | 28947               | 5241                              |
| BioAtar. S.A.                               | Mayo 2018 - Marzo 2019                     | 45363                 | 26215               | 5702                              |
| Energía Ecológicas de Tucumán S.A.          | Enero 2012- Marzo 2019                     | 140889                | 11980               | 1849                              |
| Bioenergía La Corona S.A.                   | Enero 2012- Marzo 2019                     | 157522                | 22857               | 4086                              |
| Bioenergía Santa Rosa S.A.                  | Enero 2012- Marzo 2019                     | 191113                | 22741               | 3499                              |
| <i>Subtotal Tucumán</i>                     |                                            | <i>1509772</i>        | <i>273994</i>       | <i>41297</i>                      |
| Empresas Productoras de Bioetanol de azúcar | Periodos analizado de Producción Acumulada | Metros 3 de bioetanol | Producción año 2018 | Máxima producción mensual en 2018 |
| Bioledesma. S.A.                            | Enero 2012- Marzo 2019                     | 532821                | 89157               | 9098                              |
| Rio Grande Energía S.A.                     | Enero 2012- Marzo 2020                     | 111073                | 17248               | 2710                              |
| <i>Sub Total Jujuy</i>                      |                                            | <i>643894</i>         | <i>106405</i>       | <i>11808</i>                      |
|                                             |                                            |                       |                     |                                   |
| Alconoa SRL                                 | Enero 2012- Marzo 2019                     | 520587                | 140515              | 18926                             |
| Bio San Isidro S.A.                         | Enero 2012- Marzo 2019                     | 57663                 | 9583                | 1265                              |
| <i>Subtotal Salta</i>                       |                                            | <i>578250</i>         | <i>150098</i>       | <i>20191</i>                      |
| <i>Total General</i>                        |                                            | <i>2731916</i>        | <i>530497</i>       | <i>73296</i>                      |

Fuente: Secretaría de Energía. Estadísticas de producción.

IPAAT. Instituto de Promoción Azúcar y Alcohol de Tucumán

Tabla 9. Empresas productoras de bioetanol de maíz

| Empresas Productoras de Bioetanol Maíz | Periodos analizado de Producción Acumulada | Metros 3 de bioetanol | Producción año 2018 | Máxima producción mensual en 2018 |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Acabio Cooperativa L.T.D.A.            | Abril 2014- Marzo 2019                     | 723680                | 168678              | 13397                             |
| Bioetanol Rio Cuarto S.A.              | Sept. 2012 - Marzo 2019                    | 507167                | 92785               | 3704                              |
| Diaser S.A.                            | Junio 2014- Marzo 2019                     | 401308                | 114559              | 3819                              |
| Promaiz S.A.                           | Julio 2013- Marzo 2019                     | 806660                | 200042              | 5241                              |
| Vicentin S.A.                          | Nov. 2012 - Marzo 2019                     | 376584                | 82544               | 5702                              |
| <i>Total General</i>                   |                                            | <i>2815399</i>        | <i>658608</i>       | <i>31863</i>                      |

Fuente: Secretaría de Energía. Estadísticas de producción.

La Figura 5 describe la tasa de crecimiento de las producciones de bioetanol por provincias. Es clara y evidente el crecimiento de bioetanol a partir de maíz en solo cuatro años. Tucumán acompaña a una tasa similar de incremento.

Esto pone en evidencia la fuerte inversión que los sectores de biocombustible realizaron al amparo de normas y reglamentaciones que hoy no se cumplen y afectan seriamente la rentabilidad de la actividad. Esto es válido tanto para bioetanol a partir de maíz o de caña.

A nivel de Provincia se observa para Tucumán un importante crecimiento muy atado al crecimiento de la destilería de La Compañía Bioenergética La Florida y la incorporación de nuevas plantas como Energética Leales, BioAtar S.A. y Fronterita Energía S.A. son responsables de estos cambios.

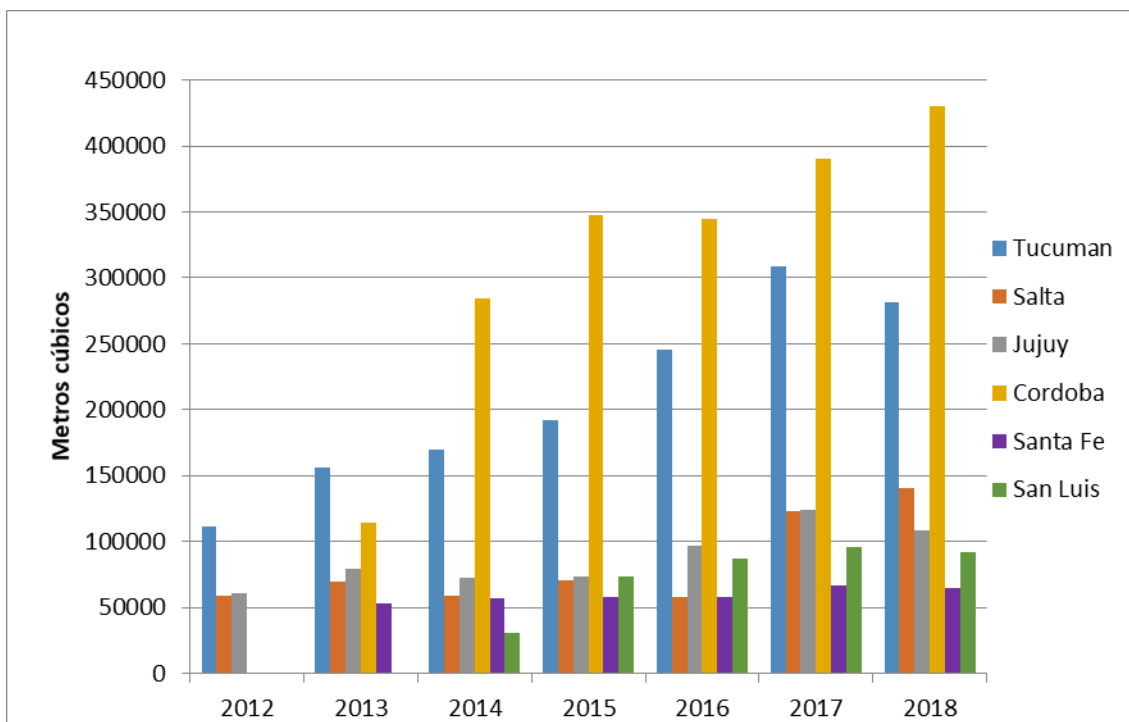


Figura 5. Volumen de producción por provincia y por año

Jujuy crece a una tasa menor y Salta no manifiesta el fuerte crecimiento de Alconoa S.R.L. por la ausencia durante casi todo el año de la destilería de Ingenio San isidro. Las inversiones futuras estarán atadas a la recuperación de los precios que las petroleras abonen a los productores según el estado defina en conjunto con referentes de cada Provincia y empresa.

## 9. EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO POR AMPLIACIÓN DE LA TASA DE CORTE O MAYOR DEMANDA

INTA<sup>34</sup> Famaillá de Tucumán con el respaldo de sensores montados en plataformas satelitales determinó la superficie bajo cultivo de caña de azúcar para la campaña 2018. Se identificaron 376.223 ha. cubiertas con caña de azúcar en todo el país. Tucumán, con una superficie total de 273.737 ha, que representa un 73% del total plantado, ocupa el primer lugar como superficie productiva. Argentina se puede considerar un mediano productor en la industria sucroalcoholera a nivel mundial, tanto por superficie como por volumen de producción total de caña.

Sin embargo, la caña de azúcar en el NOA es un cultivo de fuerte identidad cultural y una producción clave de la economía regional. Tucumán,

<sup>34</sup> Primer relevamiento del cultivo de caña de azúcar de la República Argentina a partir de imágenes satelitales para la campaña 2018

Salta y Jujuy, participan del 98% del total de la producción nacional, restando Santa Fe y Misiones que contribuyen con el 2% restante.

A partir del año 2004, que para el NOA se reportaban 280.830 ha cultivadas con caña de azúcar, se llega en 2.018 a 371.829 ha entre las provincias de Tucumán, Jujuy y Salta, lo implico un incremento superior al 24% en el territorio. En este sentido, el crecimiento del área implantada en la provincia de Salta se hizo 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 (Tabla 10 y Figura 6).

Tabla 10. Evolución de la superficie con caña periodo 2004- 2018

| Provincia | Superficie 2004 | Superficie 2018 | % incremento |
|-----------|-----------------|-----------------|--------------|
| Tucumán   | 195500          | 273737          | 40           |
| Salta     | 26040           | 34934           | 34,5         |
| Jujuy     | 59290           | 63158           | 6,5          |
| Total     | 280830          | 371829          | 32           |

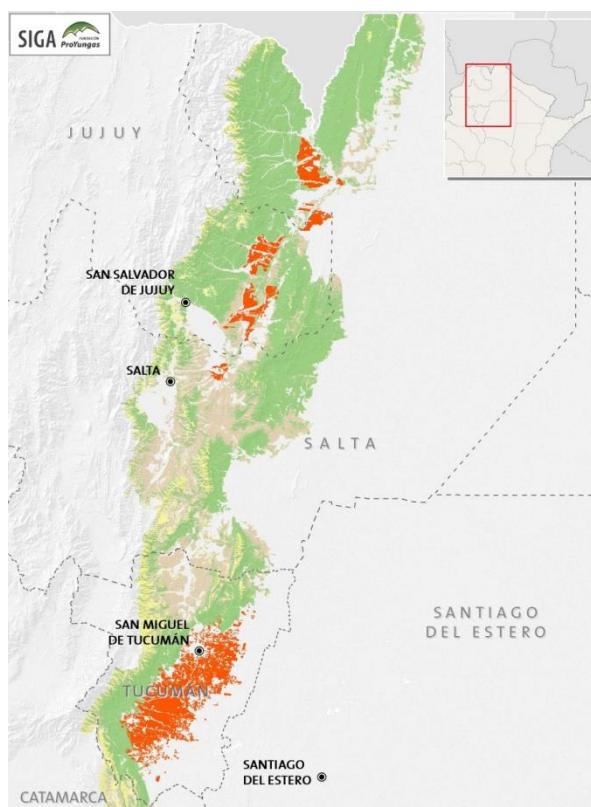


Figura 6. Áreas cañeras de Salta, Jujuy y Tucumán. Fuente: Fundación Proyungas



En conclusión, la República Argentina cuenta para el año 2018 con 376.223 has. plantadas con caña de azúcar.

A partir de esta información es importante evaluar la estrategia más adecuada para que la agroindustria, frente a un requerimiento de mayor demanda, pueda asistir a esta con la garantía de su cumplimiento. Las alternativas son dos a saber:

- Expansión de las áreas bajo cultivo hacia sitios no ocupados con caña
- Crecer en mejoras de productividad en las áreas actuales bajo cultivo.

Analizaremos ambas alternativas con sus ventajas y desventajas en escenario a 10 años vista.

### 9.1. Expansión a nuevas áreas bajo cultivo

Analizando la producción en Tucumán, como claramente lo señala el informe del INTA el crecimiento territorial lo hizo principalmente sobre los departamentos de Burruyacu, Cruz Alta y Leales. Estas áreas no tienen la capacidad productiva de la zona núcleo. Menores precipitaciones hacia el este afecta 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.

Analizando periodos de incremento de áreas para ampliación del área cañera observamos en la Figura 7 que el año 2011 es el de mayor transformación coincidiendo con el lanzamiento de biocombustibles.<sup>35</sup>

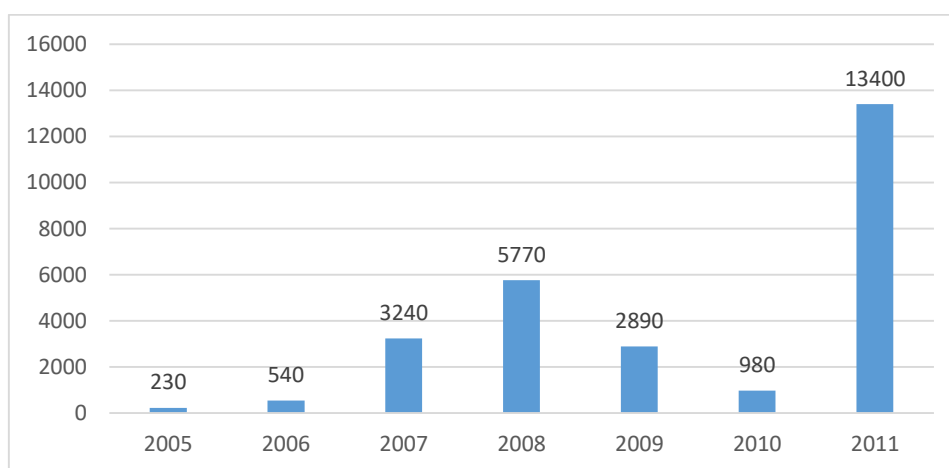


Figura 7. Área de grano transformadas a área cañera entre 2005 a 2011. Fuente: EEAOC. Revista avance N° 32.

<sup>35</sup> Fuente: EEAOC. Revista avance N° 32. Jorge Scandaliaris et al

Analizando además un mapa de isohietas, vemos que es en la región este de Tucumán donde se ubica la gran expansión del 2012 y 2013. El departamento Burreyacu registra valores entre 500 a 700 mm con tierras de menor capacidad productiva, influenciado justamente por el régimen hídrico de dichos espacios.

En la Figura 8 esto puede observarse con claridad. Cuando las precipitaciones y las heladas son severas, estas áreas alcanzan producciones que no llegan a cubrir los costos variables de cosecha y transporte. Esto será analizado con mayor información más adelante.

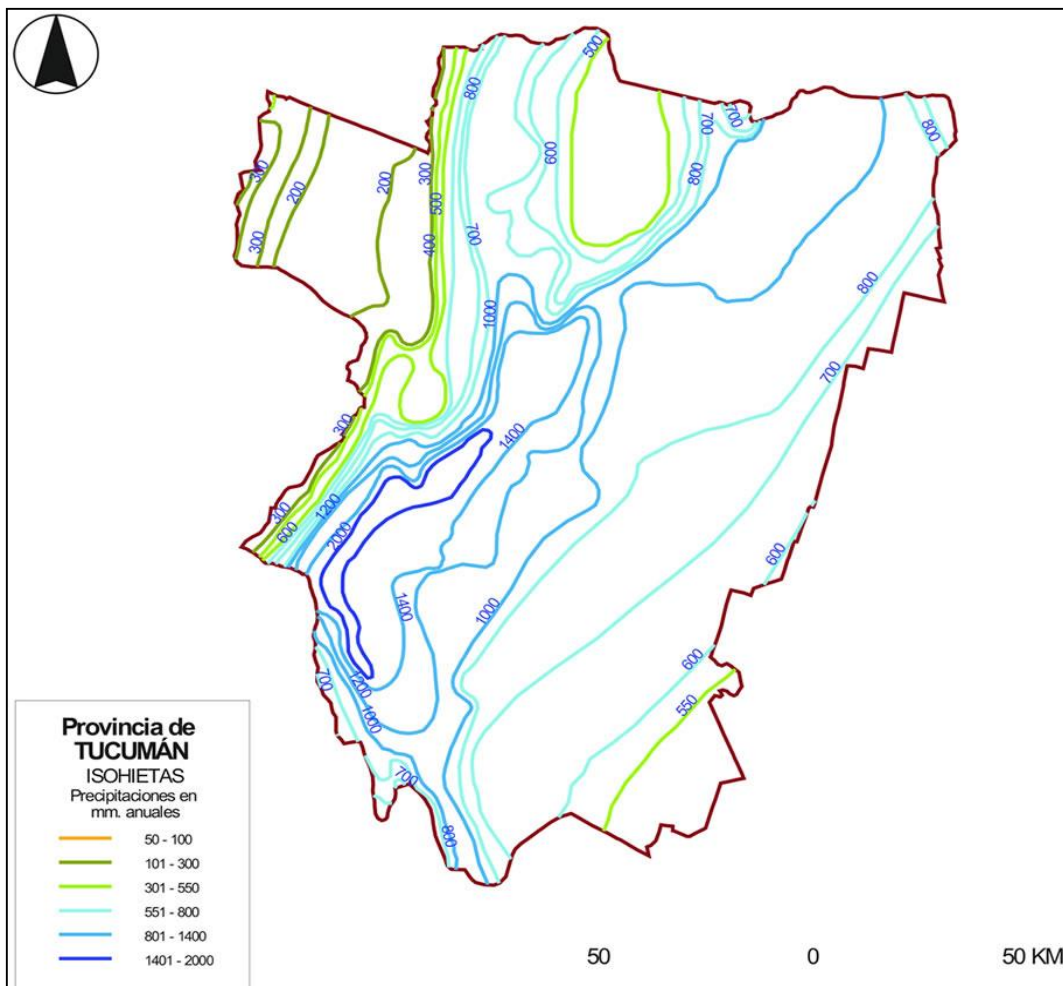


Figura 8. Mapa de isohietas de la Provincia de Tucumán

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

Esta decisión de crecer territorialmente se repitió el año siguiente plantando en año 2012 para cosecha del 2013. Esto se observa en la Figura 9.<sup>36</sup>

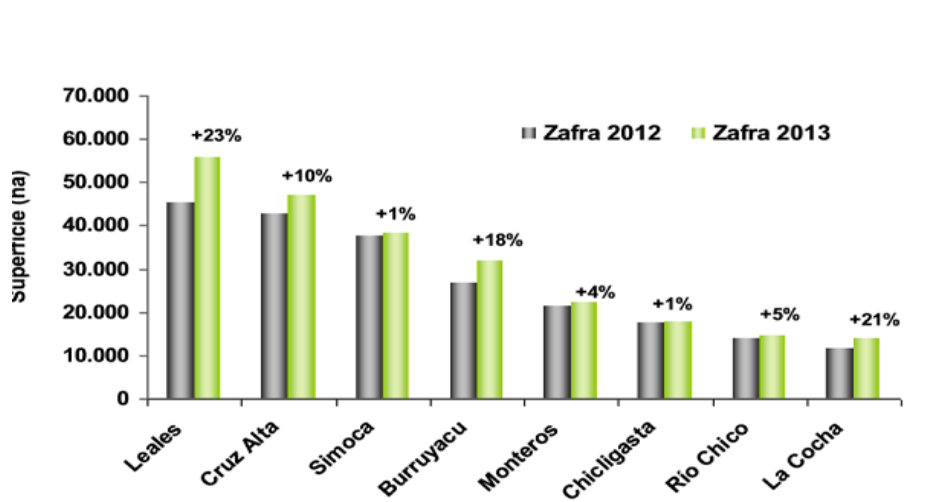


Figura 9. Superficie cosechable con caña de azúcar en Tucumán en las zafras 2012 y 2013 y variación porcentual entre ambas zafras,

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. Áreas potencialmente aptas se encuentran a distancias que termina impactando en costos logísticos de transporte por distancia y elevados costos de transporte. Falta de agua para riego, como también la competencia con otros cultivos son factores limitantes. Con el escenario de rentabilidad reducido el crecimiento no sería significativo.

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. La orografía de sectores aledaños, falta de riego y la competencia con otros cultivos son factores que limitan y limitaron el crecimiento.

Sin dudas que la estrategia de crecer territorialmente como estrategia para incrementar la oferta de materia prima es sin dudas limitada. Crecer en áreas de marginalidad productiva tiene un riesgo frente a condiciones climáticas adversas.

## 9.2. Crecer en mejoras de productividad en las áreas actuales bajo cultivo

Este modo de incrementar la oferta de materia prima por unidad de superficie casi siempre es el camino que mayor rentabilidad otorga a productores y empresa.

<sup>36</sup> EAAOC Reporte Agroindustrial Boletín N° 83

La evolución productiva de las áreas cañeras de Tucumán es analizado por le EEAOC como también por el Ing. Franco Fogliata y describe la EEAOC en distintos artículos técnicos como también en Ingeniero Franco Fogliata en distintos artículos de su autoría.

La Tabla 11 permite analizar los resultados productivos en 3 periodos distintos con resultados productivos distintos.

Tabla 11. Áreas bajo cultivo y productividad en la serie de años<sup>37</sup>

| 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      |

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.

Esta caída de producción tiene razones que llevaron a una pérdida de productividad que entendemos es el camino más directo y rentable que la actividad agroindustrial del azúcar tiene por delante.

Analizaremos como esta discriminada y segmentada la producción de caña a través de los años. Posiblemente allí puedan sumarse información de valor para el armado de una estrategia a futuro.

### 9.2.1. Evaluación por producción

La EEAOC todos los años elabora un informe evaluando y la producción de las áreas según tres niveles productivos

Nivel alto: Mayor a 75 toneladas de caña por hectárea

Nivel Medio: Entre 56 y 75 toneladas de caña por hectárea.

Nivel Bajo: menor a 56 toneladas de caña por hectárea.

Analizamos a continuación distintos años manteniendo el criterio de clasificación idéntico para cada año. Esta información surge del relevamiento antes del inicio de zafra. El material empleado para las estimaciones fueron

<sup>37</sup> Fuente *Publicación de la EEAOC. AVANCE AGROINDUSTRIAL*  
Ingeniero Franco Fogliata Investigador y Consultor

imágenes satelitales Landsat 5 TM e información relativa a variedades y manejo de los cañaverales de la provincia. Se aplicaron metodologías de clasificación multispectral y análisis S.I.G. (Sistemas de Información Geográfica), complementadas con relevamientos a campo.

En el año 2006 (Figura 10) las condiciones climáticas de lluvia y temperatura fueron favorables. Innovaciones tecnológicas adoptadas por el sector, mejoras en el manejo de los cañaverales, incorporación de variedades, renovación de viejos cultivares, madurativos, etc., fueron factores que tuvieron fuerte incidencias en los resultados.

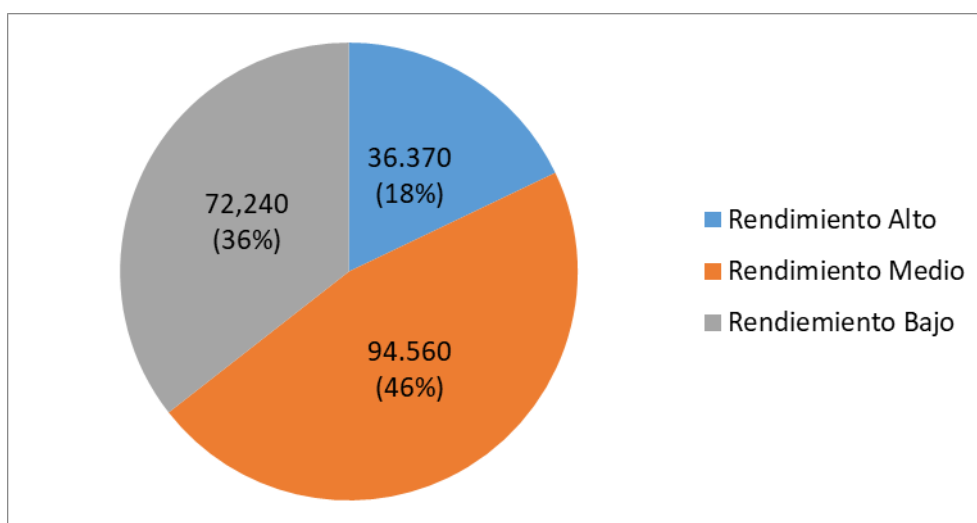


Figura 10. Clasificación de producción para zafra 2006. Fuente: SRySIG - EEAOC

En zafra 2013 se observa una caída de 13 puntos porcentuales del segmento de alta producción (Figura 11), transferidos al segmento de baja producción. El año agrícola fue extremadamente seco, causa principal de las bajas de las producciones. Las expansiones a sectores menos productivos y con menos precipitación fueron factores que como lo señalamos precedentemente incidieron en la pérdida de productividad global y aumento de costos por esta misma razón. La primavera de 2012 como los inicios del 2013 mostró déficit extremos que generaron los resultados que se observan en la categorización por productividad. Algunas de estas áreas ni siquiera fueron cosechadas.

En zafra 2018 se recuperan cinco puntos porcentuales, tomándolos de producciones medias, ya que las producciones bajas mantienen casi idénticos porcentos de participación (Figura 12). El inicio del ciclo de crecimiento 2017-2018 se caracterizó por el déficit hídrico que se mantuvo durante la época primaveral y que persistió durante el inicio del período estival, en el mes de diciembre. Lo anterior provocó un retraso generalizado en el crecimiento de la

caña de azúcar, principalmente en las zonas donde el déficit fue más acentuado.

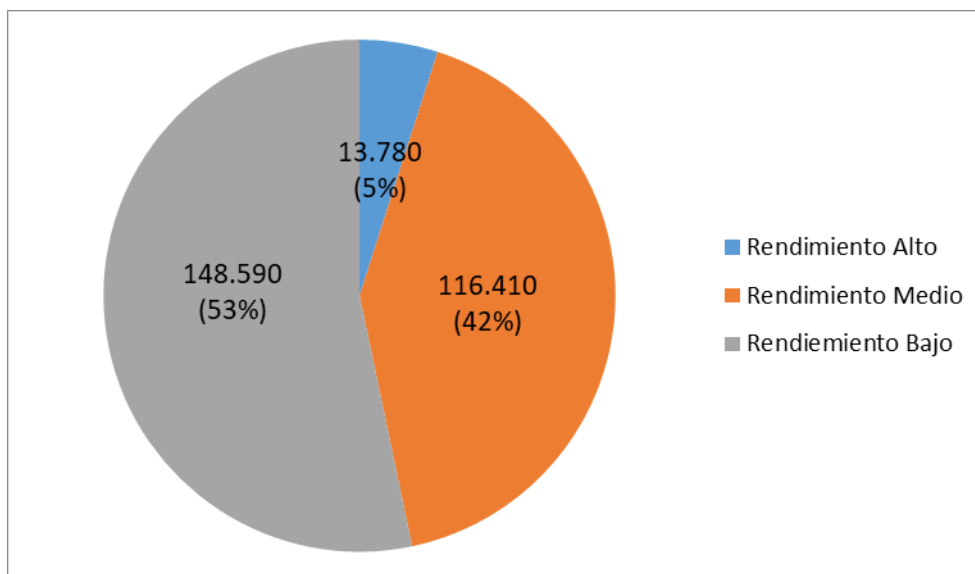


Figura 11. Clasificación de producción para zafra 2013. Fuente: SRySIG - EEAOC

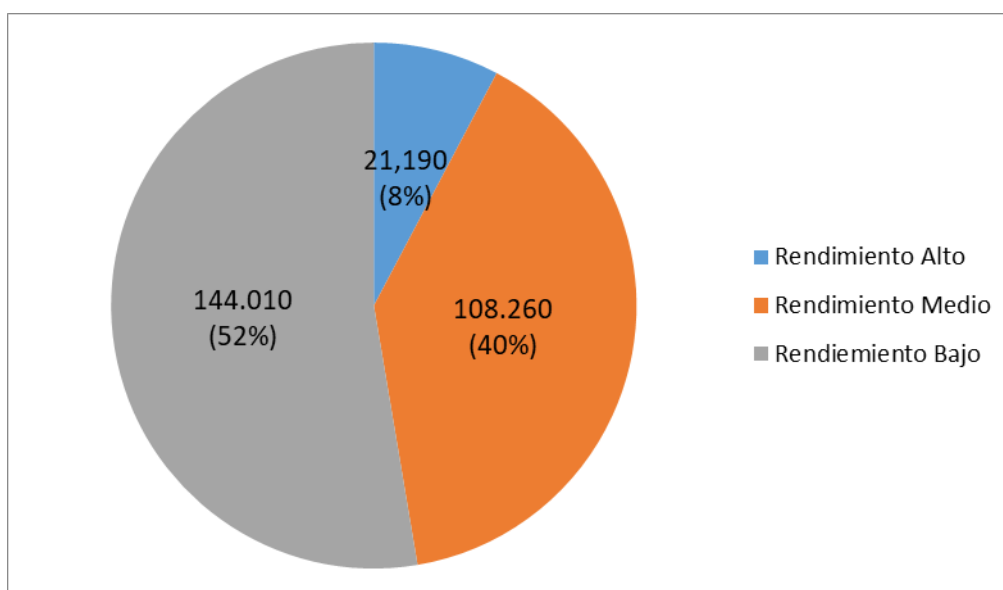


Figura 12. Clasificación de producción para zafra 2018. Fuente: SRySIG - EEAOC

Cabe remarcar que, en algunos casos, el manejo del cultivo fue afectado por la situación económica de arrastre de algunos productores chicos y medianos, provocando en este grupo de productores una carencia de recursos para afrontar adecuadamente algunas de las labores culturales. Esta limitación determinó retrasos en el crecimiento por la falta de fertilización o la fertilización

limitada y también un avance y competencia de las principales malezas que afectan al cultivo de la caña de azúcar.

Se debe destacar que como consecuencia de la falta de renovación del cañaveral en los porcentajes necesarios, hoy en día persisten una cantidad de lotes de alta edad que tienen limitaciones lógicas para lograr altas producciones, producto del envejecimiento natural de las cepas.

Lo que el área técnica de la EEAOOC describe tiene dos aspectos de gran importancia. Por un lado las condiciones climáticas que inciden y limitan la producción pero hay un factor tan o más importante que son las dificultades financieras y disponibilidad de financiamiento de una actividad que lo requiere.

Estas situaciones impiden acceder a prácticas fundamentales para una buena producción como fertilizar y renovar cañaverales. Tucumán, quien aporta más del 60% de la materia prima, difícilmente logre dinamizar el potencial productivo bajo un escenario de crisis, desfinanciamiento e imposibilidad de acceso al crédito. Al ser el azúcar la única fuente de financiamiento, cualquier acuerdo de oferta regulada al mercado para el sostenimiento de los precios internos es una propuesta al vacío sin posibilidades de cambio.

## **10. PROMOCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES**

### **10.1. Promoción para la Producción de Biocombustibles <sup>38</sup>**

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 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.

---

<sup>38</sup> Fuente. Centro azucarero Argentino, *Secretaría de Gobierno de Energía. Información de Empresas del Sector Azucarero.*

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 y aceleradamente los años siguientes. Al 2015 triplica la producción respecto a dos años atrás. 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 (domestico, 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 dinamizo a la sombra de los lineamientos de políticas públicas.

El crecimiento de la producción de bioetanol a partir de maíz <sup>39</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, se desarrolló generando empleo y sobre todo energía renovable que permitiera aportar reducciones de emisiones de GEI a una matriz energética nacional casi exclusivamente fósil.

Permitió además a los productores contar con una alternativa para comercializar sus producciones próxima a sus áreas de producción generado excedentes para el mercado de carnes tradicional de la región. Una muestra de lo que señalamos en la tasa de crecimiento de la producción de bioetanol tanto de caña en sus comienzos en el 2010 como de maíz a partir del año 2012 pero irrumpiendo en la oferta fuertemente a partir del año 2014. Las estadísticas de producción nacional de bioetanol están documentadas en este trabajo.

---

<sup>39</sup> Nota al Ing. Manual Ron. Presidente de Bioetanol Rio Cuarto



## 10.2. Marco normativo. Cambios e impactos en la actividad

A partir de las leyes 26.093/06<sup>40</sup> y 26334/08<sup>41</sup>, se establece el mecanismo de fijación de precio. Este es descripto a través de la resolución 1294 /08<sup>42</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 determinado 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 permite 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 implementada a partir de Leyes y acuerdos que se extenderían a lo largo de 15 años de vigencia.

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.

---

<sup>40</sup> *Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles.*

<sup>41</sup> *Fija las bases del régimen de promoción del bioetanol.*

<sup>42</sup> *Resolución. Establece en la formula los componentes que la integran como la fuente y la forma que de determinan y actualizan.*

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, el Gobernador de Jujuy, el Jefe de Gabinete del Ministerio de Industria los funcionarios prometen 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 recientemente 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 del corriente año 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".*

### **10.3. Subsidios a los biocombustibles**

El Centro de Estudios de la Unión Industrial Argentina<sup>43</sup> analizó el Costo Marginal Neto del Plan Bioetanol. De dicho estudio se desprenden 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 se integra a través de la 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) y el Impuesto sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, sobre la importación de gas oil (Ley 26.028).

El sector azucarero a su vez le generó al Estado (entre Nación, Provincias y los Municipios) al menos \$3.221 millones en 2016 vía recaudación

---

<sup>43</sup> CE- UIA Centro de estudios de la Unión Industrial Argentina aporó información fuentes de:  
Ministerio de Hacienda.  
Centro Azucarero Argentino.  
Estadísticas Provinciales de Ministerio de hacienda  
Información de empresas del Rubro

tributaria en concepto de IVA, Ingresos Brutos, Impuesto al Cheque por la producción del 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.

Lo descripto precedentemente lo analizamos con la información extraída de información de Presupuesto Nacional y datos de la Secretaría de Hacienda de Nación como también información estadística Provincial.

La Tabla 12 describe y cuantifica los recursos que el estado nacional no percibe por los beneficios y exenciones que la ley le otorga.

Tabla 12. Gastos tributarios. Exención a Biocombustibles.<sup>44</sup>

| 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>                                              |

Analizaremos a continuación los recursos que el Estado Nacional y Provincial perciben al momento de comercializar los productos elaborados (Tablas 13, 14 y 15).

Tabla 13. Recaudación de IVA por venta de azúcar con mejor precio<sup>45</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> |

Tabla 14. Recaudación de IVA por venta de Bioetanol a Empresas Petroleras

|                                                        |                        |
|--------------------------------------------------------|------------------------|
| Volumen de bioetanol adquirido por empresas petroleras | 42,366 m3              |
| 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> |

<sup>44</sup> Fuente: CEU-UIA Información Ministerio de Hacienda. \* Se evaluará solo el año 2016

<sup>45</sup> Fuente: CEU-UIA en base a Cámara Argentina de Alcoholes y Ministerio de Energía y Minería

Tabla 15. Recaudación por Ingresos Brutos (IIBB) e Impuesto al Cheque <sup>46</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.

La posibilidad de diversificar la producción de azúcar hacia Bioetanol permite, entre otras ventajas, equilibrar la oferta y demanda de azúcar al mercado interno, con el resultado de precios de venta sobre los costos de producción, garantizando utilidades razonables. Si una parte de la producción del azúcar no se pudiera volcar hacia el Bioetanol, se deprimiría el precio del azúcar y se pondría en riesgo la sustentabilidad del sector.

#### 10.4. Impacto en los precio del azúcar según stock<sup>47</sup>

La producción de Bioetanol de azúcar genera beneficios adicionales al traccionar a otros sectores de la economía, disminuye además la dependencia de las importaciones de combustibles y aportar energía renovable a una matriz energética dependiente casi exclusivamente de fuentes fósiles.

La posibilidad de diversificar la producción de azúcar hacia Bioetanol permite entre otras ventajas, equilibrar la oferta y demanda de azúcar al mercado interno, con el resultado de precios de venta sobre los costos de producción, garantizando utilidades razonables

Si una parte de la producción del azúcar no se pudiera volcar hacia el Bioetanol, se deprimiría el precio del azúcar y se pondría en riesgo la sustentabilidad del sector. Por otro lado, el Estado recauda el IVA directo que se grava por la venta del Bioetanol. Si esta parte de la producción se exportara a los actuales precios internacionales, el Estado no recaudaría IVA y los productos deberían vender en los mercados foráneos por debajo del costo de producción.

<sup>46</sup> Fuente: CEU-UIA en base a Cámara Argentina de Alcoholes y Ministerio de Energía y Minería

<sup>47</sup> Analisis de variación de precios según stock al inicio de zafra. Información Centro Azucarero Argentino

## 10.5. Atraso en el precio del bioetanol

Aunque parezca una contradicción, hoy las energías renovables contribuyen a generar mayor utilidad a los combustibles de origen fósil.

Como ya señalamos precedentemente al analizar la política de Brasil a partir del RenovaBio, los combustibles con mayor tasa de emisión y alta carga de carbón debe tomar créditos llamados CBIOS, que se han emitido a partir de la tasa de mitigación que tenga un determinado combustible en relación a las naftas o gas oíl.

En Argentina, si analizamos el crecimiento de los precios de las naftas Versus el incremento del bioetanol en el periodo abril de 2017 y junio de 2019, se observa que mientras el precio de la nafta aumentó en 133%, el Índice de Precios Internos Mayoristas 128%, el bioetanol solo incrementó 65%.

Por la definitiva desactivación de las fórmulas de ajuste que regían desde febrero de 2016, cuando el gobierno aumentó del 10% a 12% el corte obligatorio para las naftas, las plantas sucro-alcoholeras del NOA reciben hoy \$4 menos por cada litro de bioetanol que entregan a las petroleras. En el país se producen actualmente algo menos de 1.200 millones de litros por año. Cerca del 50% de ese volumen se obtiene a partir de la caña de azúcar y la otra mitad en base a maíz.

Empresa Seaboard (Orán) y San Isidro (Campo Santo) se cuentan entre los ingenios que comparten el cupo del bioetanol de caña, mientras que una media docena de plantas radicadas en la región pampeana concentran la otra media porción maicera.

En este contexto, el Centro Azucarero Argentino advirtió con un comunicado que “el retraso y la arbitrariedad evidenciados en la determinación del precio del etanol de caña por parte de la autoridad de aplicación, constituyen una enorme amenaza para el sector sucro-alcoholero por los quebrantos que la situación provoca en su cadena de producción”.

El presidente de la entidad, Hernán Maurette, recordó que antes de que se conociera la resolución de abril, el sector ya había sufrido sucesivas “determinaciones arbitrarias” con las que se congeló y acentuó el largo retraso del precio del bioetanol. Maurette afirmó que el “manoseo normativo” puso al sector sucro-alcoholero en una situación que resulta insostenible en todos los eslabones de la cadena productiva, incluidos los trabajadores cañeros.

La evidencia real de lo señalado se observa en la variación de los costos de las naftas y el bioetanol. En el periodo Diciembre 16 a diciembre 18 el bioetanol aumento un 66% (\$13,335 por litro a \$22,160 por litro.) Para idéntico periodo las naftas aumentaron un 118 % tomando como referencia la nafta súper que es la más comercializada. (\$17,08 por litro a \$37,21 por litro).

Otra relación que muestra la depreciación del bioetanol se observa analizando la serie de años desde diciembre del 2008 hasta junio 2019.

Si segmentamos la serie en dos periodos y analizamos los promedios de ambas series encontramos lo siguiente:

Promedio relación Dólar/ Nafta Súper:

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Diciembre 2008 a Diciembre 2016: | 1,07 Dólar por litro de nafta súper |
| Enero 2017 a Junio 2019:         | 1,02 Dólar por litro de nafta súper |

Promedio relación Dólar/ Bioetanol

|                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Diciembre 2008 a Diciembre 2016: | 0,87 Dólar por litro de bioetanol |
| Enero 2017 a Junio 2019:         | 0,61 Dólar por litro de bioetanol |

Los meses últimos de abril y junio se operó con valores entre 49 y 55 centavos. Las devaluaciones agravó aún más el problema. Sin dudas que los reclamos de la actividad toda bajo este escenario de precios tiene sobrados motivos.

En este documento se analiza la importancia de dinamizar las actividades productivas ya que la misma dinámica de transacciones comerciales mayor empleo y mayor tributación es la herramienta más efectiva para garantizar el sostenimiento productivo.

Ante un escenario de pérdidas de empleo en muchas regiones y provincias del territorio nacional es necesario como política de estado generar estímulos que desplace el riesgo de pérdida de actividad y atrás de ello, pérdidas de empleo. No respetar las condiciones acordadas y establecidas, modificando condiciones preestablecidas y acordadas afecta de manera significativa a la economía del NOA.

## **10.6. Subsidios para combustibles fósiles**

En el presupuesto 2019 se asignaron U\$D6008 millones a ser afectados a la explotación de hidrocarburos<sup>48</sup>. Estas partidas serían direccionadas a los yacimientos de Vaca Muerta en casi su totalidad según señala un documento de FARN (Fundación Ambiente y Recursos Naturales). 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. Sin dudas que asistir a este emprendimiento tiene por objetos recuperar la soberanía energética de otros tiempos y además generar divisas que reduzcan el crónico déficit fiscal de Argentina. Se estima

---

<sup>48</sup>Fuente FARN Fundación Ambiente y Recursos Naturales . *Subsidio a combustible de origen fósil. 2018-2019.*

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 describimos precedentemente y afectan directamente la rentabilidad y la subsistencias en un escenario de falta de crédito o existentes a tasas prohibidas.

Lo que si se objeta desde los Gobiernos de las Provincias productoras de biocombustibles como también desde las empresas involucradas en la producción es el no cumplimiento de los acuerdos establecidos y acordados oportunamente. 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.

## **11. EVALUAR CONTRIBUCIÓN DEL BIOETANOL A LA ACTIVIDAD ECONOMICA DE LAS 3 PROVINCIAS**

### **11.1. Incidencia económica e impacto en la generación de empleo<sup>49</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 bioetanol producido a partir de azúcar permite reducir la dependencia de las importaciones de combustible. En 2016 se importaron 246.520.000 litros de naftas premium y súper por U\$D99,1 millones. Ese mismo año las azucareras vendieron 420.366.600 litros de bioetanol de caña de azúcar. Sin dicha sustitución se hubiese requerido importar un 70% más de nafta, que representaría unos U\$D169 millones adicionales.

El 27,8% de los trabajadores industriales de estas provincias se desempeñan en la industria de la elaboración de azúcar.

El bioetanol, producido a partir de fuentes renovables, representa un recurso energético potencialmente sustentable. La producción de bioetanol

---

<sup>49</sup> CE- UIA



libera menor cantidad de CO<sub>2</sub> y vapor de agua a la atmósfera, en comparación con el uso de combustibles fósiles. Al mezclar el bioetanol con la gasolina, se reducen las emisiones de monóxido de carbono y partículas tóxicas, contribuyendo a una mejora en la calidad del aire.

## **11.2. Impacto de Ledesma en la provincia de Jujuy<sup>50</sup>**

Este trabajo es una extensión del realizado en diciembre de 2008 <sup>1</sup> sobre el impacto económico de la empresa Ledesma en la provincia de Jujuy. En aquella oportunidad, la investigación implicó la medición de diferentes variables macroeconómicas de la provincia y nacionales respecto a las de la empresa; como así también la incidencia de las mismas en la economía local en el período 2004/2007.

En esta oportunidad, se actualizó toda la información de referencia y se extendió el análisis hasta el año 2011. Además, se incluye una exhaustiva investigación acerca del desarrollo del bioetanol en las provincias, en el cual se destaca la participación de la empresa Ledesma junto a otros ingenios azucareros de la región. El estudio se dividió en siete capítulos, además de esta introducción. El capítulo III aborda el estado de situación actual de la producción de bioetanol en el contexto internacional y nacional. Se enumeran los principales aspectos jurídicos, incluidos los beneficios promocionales que sostiene esta industria.

En el capítulo IV se presenta un novedoso estudio sobre el clúster del azúcar en la provincia. El mismo incluye las diferentes articulaciones de la cadena: proveedores, instituciones públicas y privadas que brindan apoyo, investigación y desarrollo y el entramado productivo propio. Los capítulos, V, VI y VII se refieren al empleo generado por la empresa, los salarios pagados y otros tipos de gasto que demanda llevar a cabo las tareas productivas. Posteriormente, se cuantifican los tributos de la empresa en la jurisdicción Jujuy y, por último, los montos invertidos y los ingresos generados en concepto de exportación

La evolución del PB de Jujuy y de Ledesma en el período 2008 y 2011 se compara en la Figura 13. La tasa de crecimiento anual de la empresa fue superior en el año 2009 y continuó en un sendero ascendente, pero de menor magnitud que el PB provincial en el bienio 2010/2011. Cabe destacar el comportamiento similar entre ambos productos, lo que muestra, de alguna

---

<sup>50</sup> El estudio anterior se denomina "Impacto Económico de la empresa Ledesma S.A.A.I. en la provincia de Jujuy"

manera, la influencia de la economía del azúcar, y el resto de las actividades productivas de Ledesma

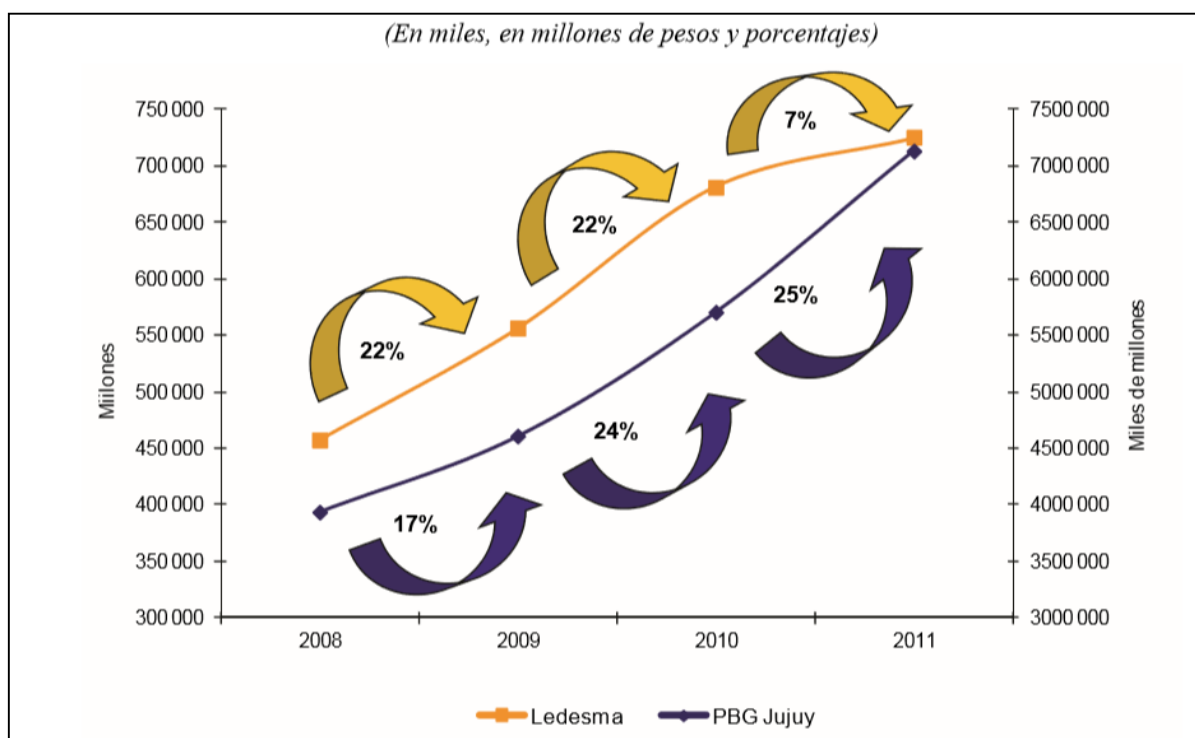


Figura 13. Variación interanual del PB de Jujuy y de la Empresa Ledesma. Fuente: FUJUDES, Secretaría de Ingresos Públicos y Empresa Ledesma

La conformación del PB o valor agregado de Ledesma se presenta en la Tabla 16. En el mismo se aprecia la distribución entre los componentes más importantes: salarios, impuestos, utilidades y reinversión de utilidades. El impacto del VA de Ledesma en la economía jujeña se puede valorizar a través de la incidencia de tres indicadores que ilustran las actividades desarrolladas por la empresa en la provincia. Las mismas están vinculadas al PB provincial total, al PB de la industria manufacturera y al agregado que concentra los sectores productores de bienes.

Tabla 16. Composición del valor agregado en pesos corrientes. Fuente: FEJUDES

| Componentes                            | 2008        | 2009        | 2010        | 2011          |
|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Valor Agregado                         | 532.498.413 | 696.715.615 | 830.803.926 | 1.012.289.404 |
| Salarios                               | 194.390.287 | 243.431.366 | 319.564.168 | 468.451.984   |
| Impuestos Nacionales                   | 138.300.743 | 137.241.269 | 205.472.743 | 273.892.730   |
| Impuestos provinciales                 | 3.858.131   | 7.539.585   | 14.009.473  | 25.950.393    |
| Impuestos municipales                  | 171.486     | 190.833     | 173.927     | 286.357       |
| Reinversión de utilidades              | 84.125.310  | 149.414.473 | 362.630.344 | 189.050.400   |
| Utilidades, amortizaciones e intereses | 111.652.456 | 158.908.088 | 71.046.730  | 54.657.541    |

En la Figura 14 se destacan las tres medidas apuntadas. La primera se corresponde con la participación de la empresa en la industria manufacturera provincial. Durante el período de análisis rondó el 26%, y presentó una oscilación muy poco significativa en el lapso bajo estudio

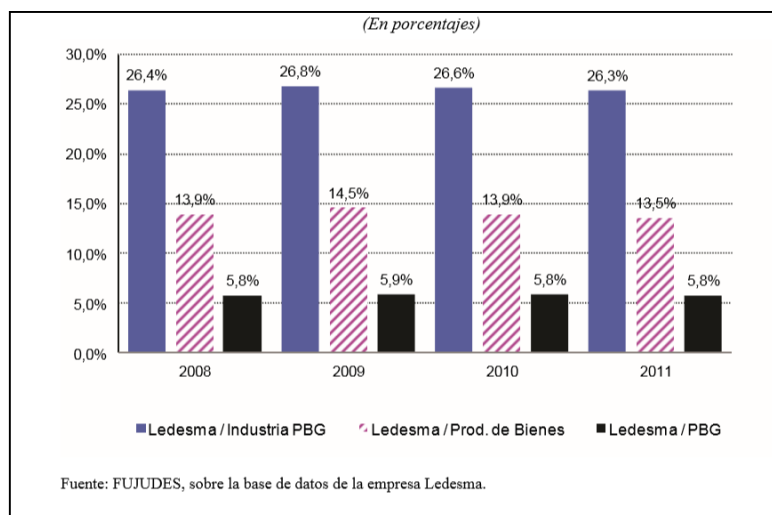


Figura 14. Impacto de Ledesma en la economía de Jujuy

### 11.3 Producción de bioetanol en la provincia de Jujuy

En la provincia de Jujuy, hasta el momento, funcionaron dos plantas de bioetanol. El primer emprendimiento estuvo bajo el control del ingenio Río Grande La Mendieta, ubicado al sureste, a 50 kilómetros de la capital. Para su instalación y puesta en marcha se invirtieron unos U\$D2 millones en la planta de producción de bioetanol y fue la primera planta de alcohol deshidratado.

El otro emprendimiento de bioetanol es Bio Ledesma S.A., ubicada en la ciudad de Libertador General San Martín, cuya inversión demandó unos \$65 millones. Ledesma produce también biomasa para energía a partir de la caña de azúcar, lo que le permite ahorrar 10% por año de su consumo de combustibles fósiles, como el gas. La caña de azúcar produce hasta ocho unidades de energía por cada unidad del mismo concepto utilizada en el cultivo y producción de etanol, en comparación con 1,5 unidades que en promedio generan otros cultivos.

La obtención de bioetanol de caña de azúcar es menos compleja que la de cualquier otro insumo, ya que desde el punto de vista energético mantiene una buena ventaja de energía en relación energética “producida/utilizada”, tal como muestra la Figura 15. En ese sentido, existen materias primas más eficientes que otras para la elaboración del biocombustible. El bioetanol producido a partir de la caña de azúcar presenta una notable ventaja respecto

al resto la caña que por cada unidad no renovable que consume produce ocho unidades de energía renovable.

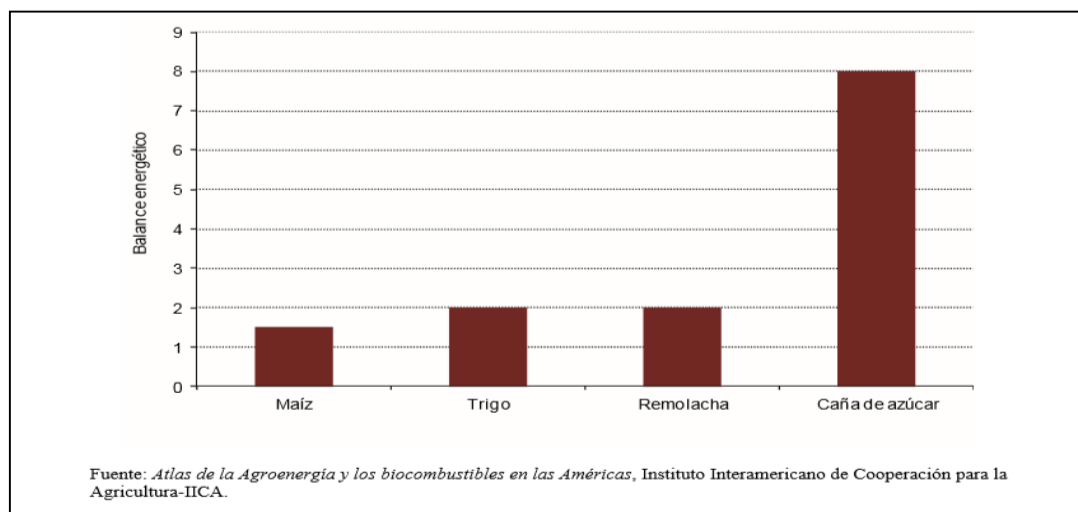


Figura 15. Cantidad de energía producida y utilizada según materia prima

La población en edad de trabajar (PEET) en la jurisdicción de Libertador General San Martín de Jujuy, de acuerdo a datos censales del año 2001, totalizaron alrededor del 7% de esa franja etárea (unas 30.000 personas) respecto del conjunto del total provincial. En la actualidad, de acuerdo al censo 2010, la PEET sumarían alrededor de 34.000 personas. La cantidad de empleos generados por la empresa en sus distintas áreas de producción sumó poco menos de 5.400 trabajadores en el año 2011. El sector azucarero, por lejos, fue el de mayor participación en el total del empleo, más de seis empleados de cada diez se desempeñaron allí.

Como se puede apreciar en la Tabla 17, el empleo fue creciendo de manera continua año tras año entre el 2008-2011, y la variación entre puntas fue cercana al 12%; casi un 4% equivalente anual.

Tabla 17. Empleo por sectores de la empresa Ledesma. Fuente: FEJUDES

| Sector  | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|
| Alcohol | 44   | 44   | 51   | 65   |
| Papel   | 695  | 745  | 775  | 815  |
| Azúcar  | 3007 | 3163 | 3036 | 3299 |
| Frutas  | 490  | 668  | 490  | 569  |
| Otros   | 551  | 564  | 610  | 612  |
| Total   | 4787 | 5184 | 4962 | 5360 |

Se analizó además la participación de la cantidad de empleados de la empresa en función de la población económicamente activa (PEA) y de los ocupados a nivel provincial (Figura 16).

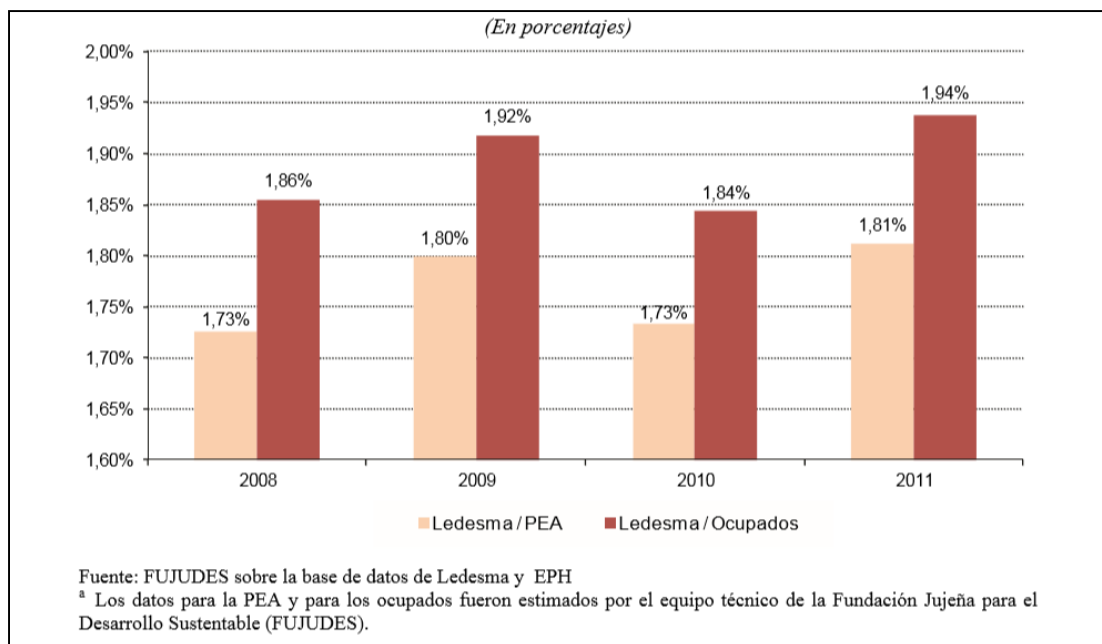


Figura 16. Participación de Ledesma en la PEA y en los ocupados provinciales

La participación de los trabajadores de Ledesma en la PEA orilló el 1,8% y alrededor del 1,9% respecto del total de ocupados en la provincia.

Estas cifras fueron muy similares a las registradas durante el período 2004/2007 (los valores se habían ubicado en el 1,8% respecto de la participación de los empleados de Ledesma y del 2% en cuanto al total de ocupados en la provincia).

Con la finalidad de ofrecer otra dimensión a estos valores corresponde realizar la comparación entre los empleos formales de la industria y la cantidad de ocupados en la provincia según las estimaciones realizadas por FUJUDES (Figura 17).

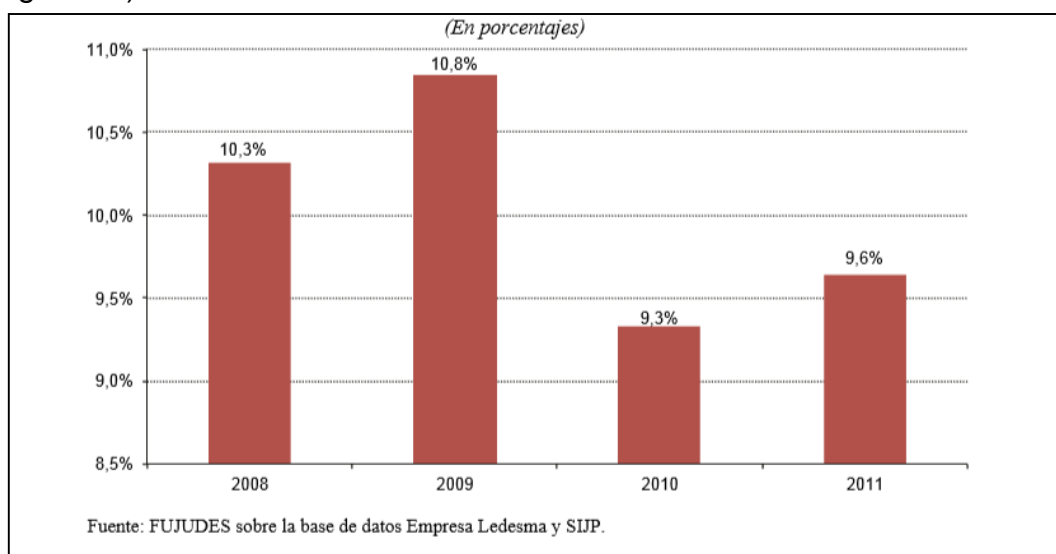


Figura 17. Participación del empleo en Ledesma sobre el total de empleadores privados en Jujuy

La evolución de los salarios percibidos en la empresa y la comparación del vínculo entre los mismos y los salarios en general de la economía de Jujuy muestran diferencias como también al ser comparados con los salarios del sector privado de la provincia (Figura 18).

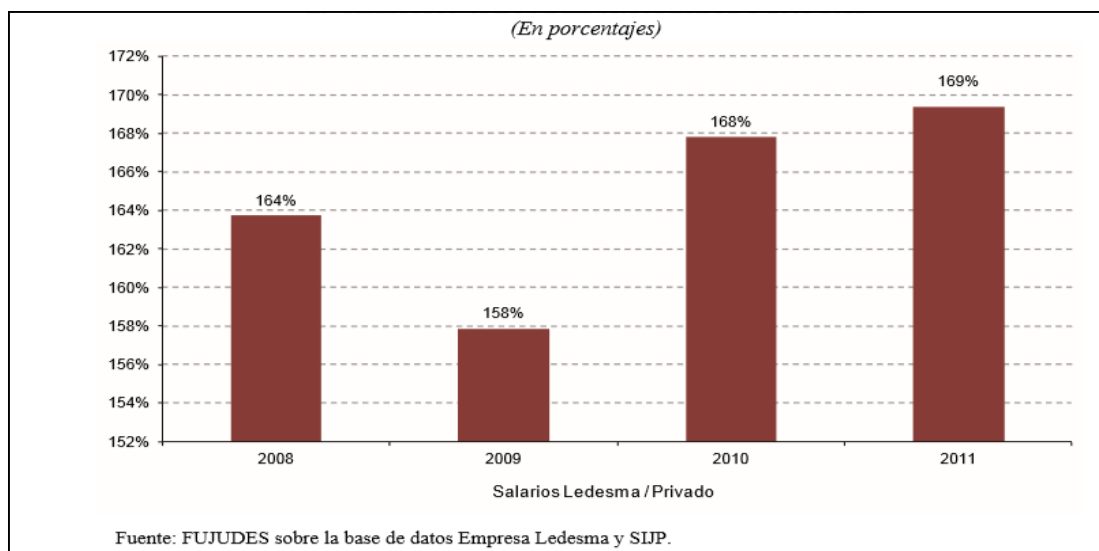


Figura 18. Brecha entre los salarios mensuales de Ledesma en relación a los del sector privado.

En el año 2011, los salarios mensuales medios de la empresa Ledesma fueron casi un 70% más alto que los sueldos percibidos por empleados privados aportantes al Sistema Integrado de Jubilaciones y Pensiones (SIJP).

#### **11.4. Impacto de Seaboard Energía Renovable y Alimentos (Ex Tabacal) en la Provincia de Salta**

La Empresa Seaboard, Energía Renovable y Alimentos en su reporte de sustentabilidad 2017-2018 enumera resultados productivo de la actividad. Procesa anualmente 2.460.000 toneladas de caña de la cual obtienen 85.081 toneladas de azúcar, producen 135.077 m<sup>3</sup> de bioetanol y generan 125.441 MWh de energía eléctrica 100% renovable.

Su producción de bioetanol y bioelectricidad mitigo la emisión de 437.000 tonelada de CO<sub>2</sub> por la sustitución fuentes de energía elaborados a partir de fuentes fósiles.

La inversión en energía renovables entre el 2016 y 2018 totalizo U\$D30 millones con foco el desarrollo y producción de energía renovables. Nuevas destilerías le permitirán crecer en oferta de biocombustible tanto de caña de azúcar como de maíz en un futuro, ya que la destilería ya instalada es dual y procesaría ambas materias primas para la producción de Bioetanol.

Es el principal empleador privado de la provincia de Salta con un total de 1670 empleados.

### **11.5. Impacto en la provincia de Tucumán<sup>51</sup>**

Con la melaza, producto que surge de la elaboración de azúcar o directamente de la molienda de caña, se produce alcohol destilado, que puede ser hidratado y que se destina al consumo industrial y alcohol anhidro para la generación de bioetanol.

La producción del mismo adquirió gran importancia en los últimos años por la obligatoriedad del corte de bioetanol con la nafta, es decir la proporción de bioetanol que se mezcla con la nafta de petróleo. En este momento dicho corte alcanza el 12% de las naftas.

Las 265.000 has de caña cultivadas e industrializadas en Tucumán, permiten alcanzar una producción de 1.400.000 toneladas de azúcar, aportando el 15% del PBG agrícola-manufacturero (que participa del 27% del PBG total) en la provincia de Tucumán. Asimismo la participación del complejo azúcar en el PBG de Tucumán es de 5,9% considerando únicamente el efecto directo, sin contabilizar el efecto multiplicador sobre otros sectores como comercio y gobierno. Ahora bien, si consideramos solamente el efecto del complejo azucarero respecto al PBG excluido el sector público (que representa el 30% del PBG) la participación aumenta al 8,5%. Ello habla de la gran importancia de este complejo agro industrial en la economía de Tucumán.

Una característica de la industria azucarera es su pérdida de participación en el PBG de Tucumán en el tiempo.

Considerando el crecimiento promedio de la misma desde 1990, la producción de azúcar creció a una tasa del 2,1% anual, en tanto el PBG de Tucumán al 3,4%, lo que implicó una pérdida de participación de 3 puntos en el PBG de la provincia en el periodo 1990-2015.

Para el NOA (Tucumán, Salta y Jujuy) esta participación alcanza el 4,06% del PIB de estas provincias, lo cual nuevamente da cuenta de la importancia de esta industria para la región NOA. Para el NOA (Tucumán, Salta y Jujuy) esta participación alcanza el 4,06% del PIB, lo cual nuevamente da cuenta de la importancia de esta industria para la región NOA.

El empleo registrado en la industrialización del azúcar fue de 16.566 trabajadores para 2014 según OCDE. Debido a la integración vertical de algunos ingenios, estos datos podrían estar también reflejando buena parte de los puestos declarados vinculados a la producción de caña.

---

<sup>51</sup> Dra. Ana María del Cerro et al.

## **12. IMPACTO AMBIENTAL POR EL REEMPLAZO DE COMBUSTIBLE DE ORIGEN FÓSIL POR RENOVABLES**

Los biocombustibles se han convertido en una alternativa ideal para la disminución de la contaminación atmosférica.

Las limitaciones de refinación que tiene Argentina y las exigencias cada vez mayores para las naftas brinda a los biocombustibles la oportunidad de ofertar una matriz energética con menos emisiones y por otro lado sustituir importaciones.

Según estudios de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, un litro de nafta o gasolina emite 2,28 kilos de CO<sub>2</sub> por litro mientras el bioetanol solo 1,53. Como la energética de bioetanol de caña tiene una relación 6:1 (genera 6 unidades y solo demanda una de origen fósil), la emisión de segmento fósil a ser contabilizada es solo el 15% de los 1,53 kilos por litro que han sido determinados. Por ello solo debemos contabilizar 0,244 kilos emitidos por litro de bioetanol consumido. La diferencia entonces es 2,036 kilos de CO<sub>2</sub> evitado solo por el reemplazo de un tipo de combustible por otro.

En el periodo 2012 a 2018, la actividad azucarera comercializó 2.731.916 metros cúbicos. De ello se desprende que se mitigaron 5.562.180 toneladas de CO<sub>2</sub>. Tomando solo los 530.497 metros cúbicos comercializados en el 2018, las toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas totalizan 1.080.091 para una tasa de mezcla del 6% solamente.

A estos beneficios, debe sumarse la sustitución de naftas que la Argentina importa y que en definitiva, transfiere el ahorro de los argentinos a otros países y no genera movimiento económico interno ni genera puestos de trabajo.

Revisar estas políticas desde los ámbitos que toman decisiones y administran los recursos del estado es una prioridad. Este trabajo tiene por objeto generar una propuesta en ese sentido.

## **13. TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

La vinaza es el principal efluente resultante de la fabricación del alcohol. Se produce a razón de 10 a 12 litros para cada litro de alcohol producido.

Posee alto contenido de materia orgánica y sales solubles, siendo el potasio uno de los cationes que presenta una concentración elevada. Las cantidades de fósforo y nitrógeno son también importantes, aunque en menor medida que el potasio. Estas características determinan la potencialidad que la vinaza posee:

- a) Valor energético por su carga orgánica pasible de ser incinerada.
- b) Valor como fertilizante por los elementos que contiene.



En Brasil, la vinaza es la principal fuente de fertilización potásica a suelos deficitarios de este elemento. La producción de vinazas y sus características está directamente relacionada a la fuente de producción de alcohol. Para el caso de bioetanol, se asume que el alcohol se elabora a partir de jugo o mieles ricas derivadas desde el proceso de elaboración de azúcar.

La vinaza demanda ser administrada correctamente hasta su disposición final, sea como aporte directo al suelo o derivado a sistema de tratamiento a partir de los cuales se puede generar energía o ser un activo como fertilizante.

Su vuelco a cauce público puede generar daños al ecosistema receptor y esto debe ser tenido en cuenta para garantizar la no ocurrencia de estos incidentes.

### **13.1. Tratamiento de efluentes en Salta y Jujuy**

La administración de la vinaza en área cañera del NOA presenta diferencias de la forma de gestionarla. Los ingenios de Salta y Jujuy cuentan con tierras propias en los campos aledaños a la industria, lo que permite que la vinaza sea administrada y distribuida en un amplio territorio. La práctica de riego es además una aliada ya que la vinaza, junto con la cachaza (otro residuo orgánico del proceso) es distribuida en el agrícola. Esto se observa en los Ingenio Ledesma, Rio Grande y San Isidro.

Actualmente existen diversos sistemas de tratamiento de las mismas con distintos niveles de eficiencia, que van desde lagunas de evaporación natural, lagunas de evaporación forzada, concentración en industria, agregado a pilas de compost, ferti-irrigación, etc.

En la Empresa Seaboard, Energía y Alimentos (Ex Ingenio Tabacal), la planta de tratamiento de vinaza consta de una superficie de 32 ha, en la cual se instala un sistema de aspersión forzada el cual reduce el volumen inicial de la vinaza a través de la evaporación.

El ingreso promedio de vinaza para la zafra 2019 es de unos 250 m<sup>3</sup>/hora (unos 6.000.000 litros/día), esta vinaza viene conducida por un canal de mampostería recubierto por una geo membrana de 750 micrones, en un largo de 2,5 km. La vinaza llega a la Planta en donde es impulsada por 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 aspersión, 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 3°brix a 8°brix, y de esta manera se es más eficiente en su manejo posterior.

La vinaza que sale del sistema puede seguir tres caminos a saber:

- a) Almacenarse en piletas de evaporación natural hasta su evaporación total.
- b) Usarse como riego del compost, dando una utilidad más amigable con el ambiente. Este compost enriquecido es incorporado en las nuevas plantaciones de caña. Aportando macro y micronutrientes propios de la vinaza y del compost.
- c) Usarse como materia prima para el ferti-riego de la caña. La vinaza tiene propiedades físicas y químicas que si se usan de manera amigable con el ambiente, pueden ser de gran utilidad para la nutrición de la caña.

Al ser la vinaza un compuesto rico en potasio (elemento nutricional fundamental para el normal crecimiento de los cultivos), el aporte anual de este subproducto de las destilerías de alcohol en forma agrícola y ambientalmente responsable, podría suplementar deficiencias de potasio en el suelo generadas por años de monocultivo de caña de azúcar.

El sistema operativo garantiza que la vinaza se almacene y contenga en un área de total confinamiento. Además se realizan cada cuatro meses auditorías (de terceros) en las cuales se realizan evaluaciones ambientales de suelo y de agua freática, que corroboran que el sistema funciona correctamente.

El Ingenio Ledesma está implementando un sistema de tratamiento que incluye la evaporación de las mismas hasta residuo seco, aprovechando las condiciones climáticas de la zona y posterior proceso de compostaje conjuntamente con otros residuos del ingenio como cachaza, bagazo, residuo agrícola de cosecha (maloja) y cáscara de fruta procedente de la planta de cítricos.

La evaporación se realiza en un sistema de lagunas diseñadas para tal fin, conformadas en dos grupos.

En la empresa Ledesma, la vinaza generada al inicio de la destilación se envía, en un 100%, para su almacenamiento a piletas de evaporación y al riego de áreas no productivas. Esta gestión se desarrolla hasta fines del mes de Junio. A partir del mes de Junio la vinaza es enviada a riego de áreas productivas. En una primera etapa dada hasta principios del mes de Setiembre, mediante riego por aspersión y en una segunda etapa hasta mediados de noviembre, se destina a riego por gravedad en áreas productivas.

El control de calidad del agua de riego con vinaza es monitoreado permanente con sensores que brindan información de parámetros de calidad

(pH. Conductividad eléctrica y caudal) para controlar su adecuada disposición (Figura 19)



Figura 19.: Estación de control de calidad en aguas de riego con efluentes (Imagen propiedad del autor)

A partir del mes de diciembre y hasta la finalización de la operación de la destilería (fines de marzo) la vinaza se envía a piletas para su evaporación y al riego por aspersion de áreas no productivas.

Los ingenios San Isidro y Rio Grande disponen la vinaza vía riego. Esta operación es facilitada por el caudal disponible de aguas provenientes del sector industrial y derivados a sectores bajo cultivo que se encuentran.

### **13.2. Tratamiento de efluentes en Tucumán**

Por las características territoriales, la estructura de la tenencia de tierra y la diversidad de productores de caña de la región, la disposición de efluentes en Tucumán difiere de la de Norte.

Habiéndose identificado que la producción de bioetanol tiene amplios beneficios para la actividad toda, la disposición de efluentes es lo que requiere procesos y gestión que convierta lo que hoy se identifica como un pasivo en un activo energético y nutricional.

La autoridad de aplicación ha desarrollado y puesto en marcha una muy extendida red de puntos de control en tiempo real que le permite identificar situaciones fuera de estándar y accionar rápidamente para su solución.

Hoy la normativa exige y obliga a presentar, previo al inicio de campaña, todo el protocolo de disposición de todos los efluentes industriales, no solo la vinaza. A partir de esa información se determina la línea de base antes del inicio de la campaña con monitoreo de sitio que se repite al finalizar la misma. Esta doble determinación antes y después de la campaña permite conocer los resultados y las condiciones en que se desarrolló el proceso de disposición.

Los ingenios han incorporado la aplicación de vinaza con equipo Rolappi (aspersor de grandes dimensiones) o con camiones regadores. Estos equipos permiten dosificar la cantidad de vinaza por superficie que se aporta por campaña.

A estos sistemas de aplicación directa, se suma el compostaje, aireación forzada, concentración en la industria previa a la derivación a campo, piletas de evaporación, entre otras.

Tucumán, además de los controles en el territorio propiamente dicho, trabaja en conjunto con la Secretaría de Medio Ambiente de Nación y Defensoría de Santiago del Estero, monitoreando la cuenda del Salí - Dulce, desde su ingreso a la Provincia de Tucumán hasta su punto de vuelco final que es laguna Mar Chiquita en la Provincia de Córdoba. De esta manera se da cumplimiento a la resolución de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, quien emitió resolución a partir de los reclamos por vía judicial de la Defensoría del Pueblo de la Provincia Vecina.

## **14. PUESTOS DE TRABAJO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL**

### **14.1. Generación de empleo a nivel mundial por energías renovables<sup>52</sup>**

La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) en su reporte anual de 2018 estima que globalmente, el sector de energía renovable genera 10,3 millones de empleos en forma directa e indirecta si se incluye la energía hidroeléctrica o 8,8 millones sin incluir esta última (Figura 20).

---

<sup>52</sup> International Renewable Energy Agency. Renewable Energy and jobs. Annual Review 2018

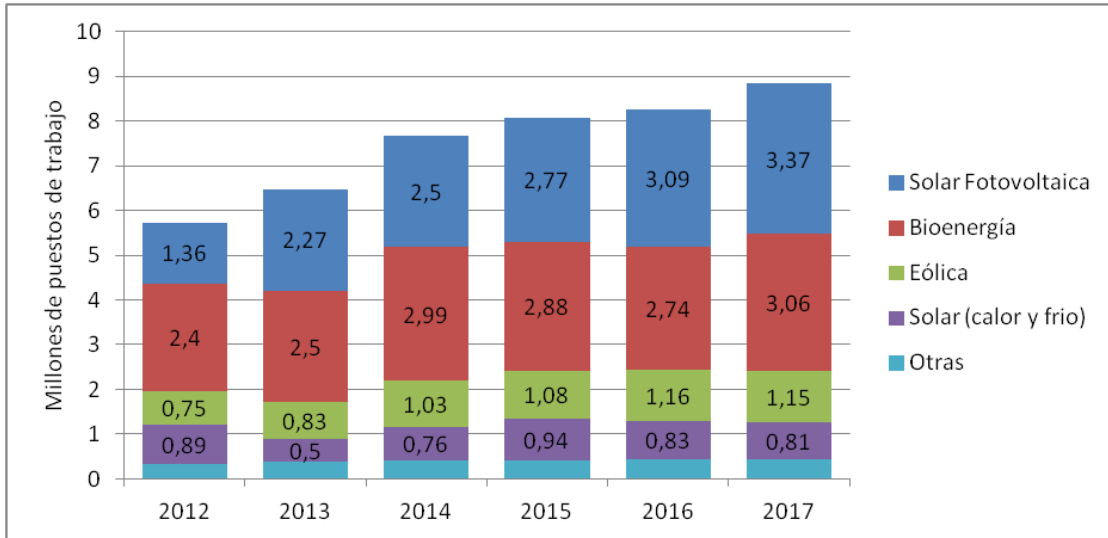


Figura 20. Empleos generados por energías renovables a nivel mundial (Bioenergía incluye biocombustibles líquidos y biomasa sólida). Fuente: en base a IRENA Jobs Database.

Como se ve en la Figura 1, la generación de empleo en este sector viene creciendo año a año, y en 2017 creció en gran medida por la gran expansión de la energía solar fotovoltaica y la bioenergía. Sin embargo, otros sectores de energía renovable, como la energía eólica y la solar (calor y frío), declinaron en la cantidad de puestos de trabajo generados en 2017.

En la Figura 21 se desglosa la información de la Figura 21 según tecnología de generación de energía para el año 2017.

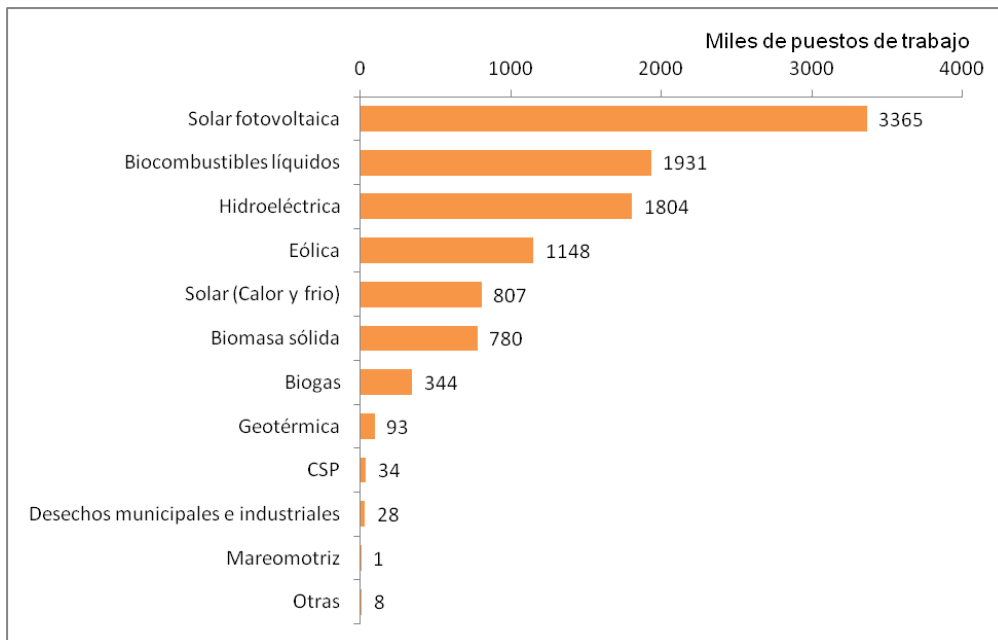


Figura 21. Empleos generados por tecnología de energía renovable a nivel mundial durante 2017. Fuente: en base a IRENA Jobs Database.

De la figura 21 se desprende que el sector de biocombustibles líquidos es el segundo generador de empleo a nivel global, superando incluso al nivel de empleo generado por la industria hidroeléctrica.

#### 14.2. Empleos en el sector de Biocombustibles líquidos a nivel mundial

La producción de bioetanol logro picos históricos en casi todos los países productores en 2017, con excepción de Brasil. El biodiesel se comportó de manera similar en la mayoría de los países, logrando picos de producción en gran parte de los mismos, sin embargo en Argentina, Indonesia, Filipinas y China, la producción de biodiesel en 2017 estuvo por debajo de los valores alcanzados en años anteriores.

La generación de empleos en el sector de biocombustibles líquidos aumento 12% entre 2016 y 2017, siendo la cadena de valor agrícola el subsector con más crecimiento (plantación y cosecha).

En este sentido, Latinoamérica emplea la mitad del total de gente del sector de biocombustibles, seguido de Asia (21%), Norteamérica (16%) y Europa (10%).

En la Figura 22 se observa los principales países empleadores en el sector de biocombustibles líquidos.

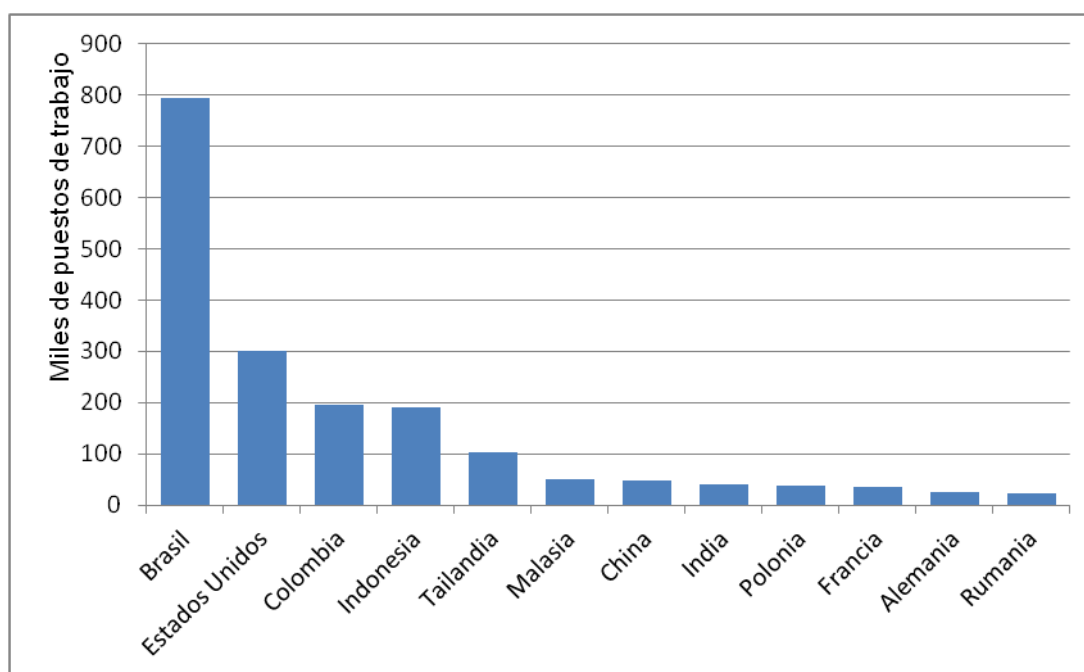


Figura 22. Empleos generados por principales países productores de biocombustibles líquidos.  
Fuente: en base a IRENA Jobs Database.

En la Figura 23 se exhiben los 12 países que generan más de 10.000 puestos de trabajo, y entre los cinco primeros está el 80% de la mano de obra empleada por este sector bioenergético.

Brasil sigue siendo el mayor empleador del sector con cerca de 750.000 puestos de trabajo, con un pequeño crecimiento respecto al año anterior. De esta cantidad de empleos, alrededor de 593.000 corresponden al bioetanol, que decreció un poco debido, principalmente, a la automatización o mecanización de algunas tareas agrícolas (cosecha de caña de azúcar, por ejemplo) y a la menor producción de bioetanol. El crecimiento en puestos de trabajo de biocombustibles se debió al crecimiento en el sector del biodiesel, que en 2017 empleó cerca de 202.000 personas, unas 30.000 más que el año anterior.

En Estados Unidos el sector también creció de la mano del record de producción de bioetanol y biodiesel alcanzado en 2017. En este año se produjeron cerca de 60.000 millones de litros de bioetanol, que generaron unos 237.000 puestos de trabajo, aumentando un 6,5% respecto al año anterior. El biodiesel genera 62.200 puestos de trabajo con una producción de 6.000 millones de litros.

Colombia, el segundo productor de biocombustibles de Latinoamérica, empleó a 190.800 personas en 2017 y generó alrededor de 1000 millones de litros de biocombustibles.

En Europa el crecimiento del empleo en el sector también fue importante llegando a cerca de 200.000 puestos en 2016, lo que representa un salto importante desde los 172.000 puestos generados en 2015. Indonesia, en cambio, experimentó en los últimos años grandes variaciones en su producción y, por lo tanto, puestos de trabajo, principalmente debido a cambios en la demanda de exportación de estos biocombustibles. En 2017 el empleo generado por el sector de biocombustibles cayó cerca del 22% hasta cerca de 180.000 puestos de trabajo respecto al año anterior. La producción de biocombustibles en Malasia y Tailandia llegó a su pico en 2017 y generaron entre los dos cerca de 133.000 puestos de trabajo.

### **14.3. Empleos generados por la industria Sucoalcoholera 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 (Figura 23).



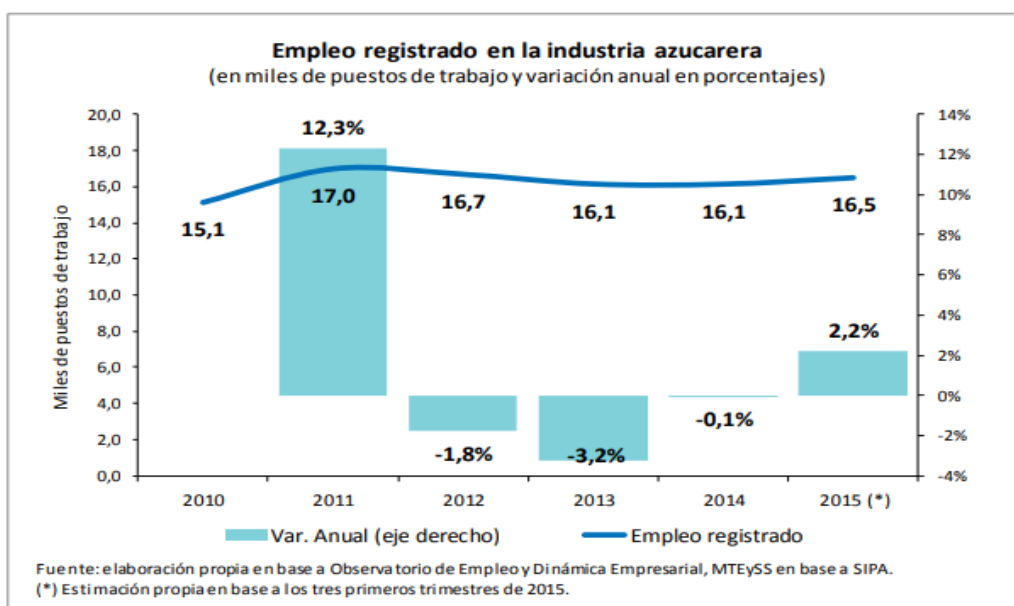


Figura 23. Variación interanual de empleo registrado en la actividad azucarera. Fuente. MTEySS y Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial

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>53</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>54</sup>

### 14.3.1. Informes Productivos de las Provincias

#### 14.3.1.1. Datos aportados por el informe de Salta<sup>55</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

<sup>53</sup> Las estadísticas de OEDE están disponibles al 3° trimestre de 2016. Se tomó el promedio del 1° al 3° Trimestre del año.

<sup>54</sup> Informes de Cadenas de Valor. Año 1 N°3 Julio 2016

<sup>55</sup> Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Salta. Mayo 2017

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.

#### 14.3.1.2. Datos aportados por el informe de Jujuy<sup>56</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.

#### 14.3.1.3. Datos aportados por el informe de Tucumán<sup>57</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.

---

<sup>56</sup> Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Jujuy. Mayo 2019.

<sup>57</sup> Ministerio de Hacienda. Informe Productivo Provincial Tucumán. Julio 2018.

#### 14.4. Remuneraciones en la cadena del bioetanol

En la Tabla 18 se resumen las remuneraciones promedio de los sectores de fabricación de azúcar, destilería de alcohol y anhidración de alcohol de caña de azúcar para el año 2018.

Tabla 18. Empleos y remuneración promedio producción bioetanol de azúcar. Año 2018

| Sector              | Empleos | Remuneración (\$/mes) |
|---------------------|---------|-----------------------|
| Azúcar y Destilería | 14681   | 47431                 |
| Anhidración         | 185     | 39002                 |
| TOTAL EMPLEOS       | 14866   |                       |

En la Tabla 19 se detallan las remuneraciones de la fabricación de bioetanol de caña de azúcar y de maíz entre el 3er trimestre de 2016 y 2do trimestre de 2018. Para el caso de caña de azúcar, se computan solamente los puestos generados por la anhidración del alcohol, mientras que en la cadena del maíz se toman como puestos de trabajo los generados por la destilería y la anhidración, lo que resulta en un mayor número de empleos, aunque agrupando las dos operaciones.

El número de empleos generados por el sector azucarero sería mayor que el de maíz si se tiene en cuenta destilería y anhidración. Por otro lado resulta evidente que el sector de maíz proporciona mejores salarios que el sector de la caña de azúcar, quizás porque se encuentra asentando, en su mayor parte, en una zona (centro del país) de mayores ingresos que la región del NOA donde el ingreso *per cápita* es menor.

Esta también señalado en diversos estudios y evaluaciones el grado de informalidad que la actividad azucarera tiene, lo cual permite inferir que el nivel de empleo podría ser aún mayor que el determinado, lo que impide contar con una estadística ajustada en relación al empleo real de la actividad azucarera.

Tabla 19. Empleo y remuneraciones destilación e anhidración.

| Año y trimestre      | Puestos de trabajo registrados |           | Remuneración promedio (\$/mes) |         |
|----------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|---------|
|                      | De caña*                       | De maíz** | De caña                        | De maíz |
| 2016 (3er trimestre) | 148                            | 307       | 23.710                         | 28.146  |
| 2016 (4to trimestre) | 230                            | 309       | 26.223                         | 40.064  |
| 2017 (1er trimestre) | 220                            | 308       | 27.362                         | 31.657  |
| 2017 (2do trimestre) | 160                            | 311       | 29.459                         | 42.801  |
| 2017 (3er trimestre) | 173                            | 319       | 30.748                         | 35.598  |
| 2017 (4to trimestre) | 222                            | 317       | 29.362                         | 51.383  |
| 2018 (1er trimestre) | 224                            | 316       | 30.792                         | 39.623  |
| 2018 (2do trimestre) |                                |           | 43.568                         | 53.052  |

\* Solo información de sectores de anhidración

\*\* Incluye sectores de destilería y anhidración

Fuente: Observatorio de empleo y dinámica empresarial - DGEYEL SSPTYEL en base a SIPA<sup>58</sup>

#### 14.5. Empleo en la Producción de Maíz en Argentina

La Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina (FADA) evaluó el empleo afectado a la cadena de producción de maíz y derivados, integrando a todos en una relación empleo cada 100 has de maíz. Se entiende como puesto de trabajo a aquel de jornada completa y además registrado.

La cadena de valor separa los puestos que corresponden a la cadena propia de los que corresponden a derivados. Para ambos segmentos de análisis, los separa en directos e indirectos.

Los que corresponden a cadena propia son los afectados a producción primaria, exportaciones, molienda seca y húmeda, elaboración de etanol y energía. La cadena derivada corresponde a los empleos ocupados en la producción de carne porcina, aviar, bovina, leche y huevos.

Los primeros están los procesos directos de producción. Los indirectos están más asociados a los servicios afectado a la actividad.

Los empleos de la cadena de valor que corresponden a la cadena propia y derivado lo observamos la Tabla 20.

<sup>58</sup> Informe Biocombustibles Abril 2019. Dirección de Bioenergía. Secretaría de Agroindustria de la Nación

Tabla 20. Empleo de la cadena de valor de maíz.

| Cadena                              | 2009           | 2010           | 2011           | 2012           | 2013           | 2014           | 2015           |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Maíz Cadena Propia                  | <b>112.516</b> | <b>112.612</b> | <b>114.238</b> | <b>113.840</b> | <b>117.127</b> | <b>120.593</b> | <b>119.613</b> |
| Empleo Directo                      | 58.674         | 58.724         | 59.572         | 59.364         | 61.238         | 63.291         | 62.812         |
| Empleo Indirecto                    | 53.842         | 53.888         | 54.666         | 54.476         | 55.889         | 57.302         | 56.801         |
| Maíz. Cadena derivada               | <b>332.961</b> | <b>333.245</b> | <b>338.055</b> | <b>336.878</b> | <b>339.650</b> | <b>342.422</b> | <b>338.365</b> |
| Empleo Directo                      | 231.324        | 231.521        | 234.863        | 234.045        | 235.971        | 237.897        | 235.078        |
| Empleo Indirecto                    | 101.637        | 101.724        | 103.192        | 102.833        | 103.679        | 104.525        | 103.287        |
| Total cadena Maíz                   | <b>445.477</b> | <b>445.857</b> | <b>452.293</b> | <b>450.718</b> | <b>456.777</b> | <b>463.015</b> | <b>457.978</b> |
| Empleo Directo                      | 289.998        | 290.245        | 294.435        | 293.409        | 297.209        | 301.188        | 297.890        |
| Empleo Indirecto                    | 155.479        | 155.612        | 157.858        | 157.309        | 159.568        | 161.827        | 160.088        |
| Cad. Propia/ cad. Maíz total (%)    | 25,3           | 25,3           | 25,3           | 25,3           | 25,6           | 26,0           | 26,1           |
| Cad. Derivada / cad. Maíz total (%) | 74,7           | 74,7           | 74,7           | 74,7           | 74,4           | 74,0           | 73,9           |

A partir de esta información se estimó cuantos empleos se afectaría para una base de 100 ha de maíz.

En el año 2015 se sembraron 6.030.000 has en el país, tomando en consideración cadena propia y derivada la relación de empleo cada 100 ha arroja un valor de 8 puestos de trabajo.  $(6.030.000 \text{ ha}/457978 \text{ empleos}) = 13,16 \text{ ha} * \text{cada empleo}$ . Llevado a 100 da como resultado que cada 100 ha se ocupan 7,59 empleos.

Si solo consideramos el empleo de la cadena directa de la actividad producción de maíz según el ámbito considerado tenemos la siguiente relación.  $(6.030.000 \text{ ha}/119613 \text{ empleos}) = 50,41 \text{ ha} * \text{cada empleo}$ . Llevado a 100 da como resultado que cada 100 ha se ocupan 1,98 empleos.

Si tomamos de esa nómina solo los empleos directos que son los que considera la caña de azúcar en sus análisis tenemos lo siguiente.  $(6.030.000 \text{ ha}/62812 \text{ empleos}) = 96 \text{ ha} * \text{cada empleo}$ . Llevado a 100 ha da como resultado 1,04 empleados.

Cuando se analiza la cadena del azúcar estas relaciones son mucho más altas. A nivel país se cuenta con 371.800 ha de las cuales casi 100,000 se cultivan en Salta y Jujuy.<sup>59</sup> El total de empleos directos e indirectos asociados a la actividad suman 73.500.  $(371.800/ 73,500) = 5,05 \text{ empleos por ha}$ . Llevado a 100 ha da como resultado 19,80 empleos cada 100 ha.

Si tomamos las mismas has pero solo los empleos directos que totalizan y 16.500 empleos observamos lo siguiente.  $(371.800 \text{ ha}/16500 \text{ empleos}) = 22 \text{ empleos por ha}$ . Llevado a 100 has da como resultado que cada 100 ha se ocupan 5,86 empleos.

<sup>59</sup> INTA Relevamiento del Cultivo de la caña de azúcar para la República Argentina

Esta información permite ratificar que la cadena de bioetanol de caña de azúcar genera 5 veces más empleos que la cadena de bioetanol de maíz. Esta relación también se encuentra reflejada en la Tabla 21. Esta tabla estima los costos de producción de bioetanol según fuente por cada litro producido para estimar el costo de producción y el valor de pago de las petroleras a las empresas productoras.

Tabla 21. Estimación de costos de producción de bioetanol en Argentina. Mayo 2019

| Bioetanol                                  | De caña     |            | De maíz     |           |
|--------------------------------------------|-------------|------------|-------------|-----------|
|                                            | USD/lt      | %          | USD/lt      | %         |
| Materia prima                              | 0,24        | 47%        | 0,23        | 50%       |
| <b>Mano de obra</b>                        | <b>0,05</b> | <b>10%</b> | <b>0,01</b> | <b>3%</b> |
| Energía y combustibles                     | 0,03        | 5%         | 0,06        | 13%       |
| Amortización                               | 0,01        | 2%         | 0,02        | 4%        |
| Insumos químicos                           | 0,08        | 16%        | 0,08        | 18%       |
| Otros costos (financiero, impositivo, etc) | 0,1         | 19%        | 0,06        | 12%       |
| TOTAL                                      | 0,52        | 100%       | 0,46        | 100%      |

Fuente: elaboración propia en base a Disposición 87/2018 del Ministerio de Energía y Minería

Lo descripto precedentemente sin dudas está relacionado a volúmenes de producción por unidad de superficie que cada tipo de producción genera. Solo como ejemplo, tomando en cuenta 5 años de siembra de semilla de maíz cada año solo se requerirán 100 kilos por ha. .En el caso de caña cada 5 años se requieren 10.000 kilos por ha. Esto implica una logística de 100 veces más volumen.

A cosecha, de una hectárea de maíz se pueden obtener, a nivel promedio país, 6400 kilos. En caña 10 veces más. Estas cifras son variables para ambos cultivos. En el caso del maíz puede más que duplicarse en algunas áreas de alta producción. En caña las variabilidades no son tan extremas. Si tenemos en cuenta el transporte hacia la Industria, en el caso del maíz un solo viaje contiene la producción de 4 has, en caña solo lo producido en 0,3 ha.

Los procesos industriales arrastran un nivel de actividad diferenciales asociados a estos volúmenes. En la Industria, de una tonelada de maíz se obtiene 410 litros de bioetanol. De una tonelada de caña 75. Llevado a producción por hectárea, a partir de caña se obtienen 5000 litros (75 litros por toneladas\*66 t/ha). En el caso del maíz por ha se obtienen 2750 (410 litro por tonelada \*6,6 t/ha).

Analizando lo estrictamente productivo, las diferencias descriptas anteriormente son la razón de una demanda de ocupación y mano de obra sensiblemente mayor en la producción de caña de azúcar con relación al maíz. Esto es fuente de un sinnúmero de actividades asociadas.

#### **14.6. Incidencia en la actividad económica de NOA**

Para el NOA (Tucumán, Salta y Jujuy) en 2014, el complejo agro industrial participó con el 4.06% del PBG de estas provincias, lo cual da cuenta de la importancia de esta industria para la región.

En Tucumán la participación de la industria azucarera en el PBG es mayor, alcanzando el 5.9% de su PBG, ya que en esta provincia se realiza la mayor parte de la actividad azucarera. Por otro lado si se considera en relación al PBG agro-industrial (27% del PBG), la participación llega al 15%. En esta participación no se incluyen los efectos indirectos del sector azucarero sobre otros sectores económicos como ser comercio y sector público.

#### **14.7. Conclusiones**

En los últimos años, compartimos un escenario de crisis y precios bajos tanto internos como externos del azúcar, a lo que debe agregársele los incumplimientos que desde el sector público se han producido en la determinación de los valores del bioetanol. A pesar de ello, la actividad sucroalcolera fue y es garante de empleo y sostén de un importante segmento social de las provincias del NOA donde se desempeña.

La actividad ha dado ejemplos de la importancia y el impacto que genera cuando la rentabilidad del sector agrícola-Industrial opera bajo reglas claras y condiciones saludables. El crédito necesario que se demanda es imprescindible para un proceso productivo que eroga más del 80% de sus gastos en 6 meses pero recupera sus utilidades a lo largo del año. No hay actividad económica que no requiera del crédito para sus necesidades operativas. Cuando el grado de estacionalidad es alto, mucho más necesario. Cuando el crédito desaparece o es inalcanzable, la financiación se busca a través del mismo producto, lo que genera un espiral de pérdida de valor muy elevado a raíz de una sobre oferta sin control.

Como contrapartida, una rentabilidad razonable en el sector estimularía la generación de empleo, por las mismas necesidades productivas que lo demandan. Este impacto será muy significativo en la región. Por lo tanto, es una prioridad desde el sector público y privado acordar las condiciones que den marco a este nuevo futuro.

## 15. COMPETITIVIDAD DEL BIOETANOL DE CAÑA VS MAÍZ

### 15.1. Los desafíos logísticos de la agricultura frente al nuevo paradigma de la bioeconomía<sup>60</sup>

El suministro total de energía primaria a nivel mundial asciende a aproximadamente 12.000 millones de toneladas anuales equivalentes de petróleo (IEA, 2009) con un marcado predominio de los combustibles fósiles (87,3%), mientras que el resto lo aportan las energías renovables. Los renovables que agrupan a la biomasa, los productos agrícolas y forestales y residuos orgánicos, representan solamente un 9,85%.

Los biocombustibles líquidos participan en una escala mucho menor, representando alrededor del 2% de la bioenergía total.<sup>61</sup>

El sistema de transporte y gran parte de las actividades industriales dependen fuertemente de estos combustibles no renovables.

Este aumento de la demanda mundial de energía en los últimos años, el agotamiento en el mediano plazo de combustibles fósiles y su alta contribución al cambio climático han puesto de manifiesto la necesidad de contar con fuentes alternativas de energía, preferentemente renovables.

La bioenergía, que representa el aprovechamiento de la capacidad de las plantas de transformar la energía solar en biomasa, es una de las alternativas en cuya investigación y desarrollo más se invierte actualmente en el mundo.

En la última década, los biocombustibles líquidos han adquirido importancia creciente a nivel global con una particular participación en el sector del transporte. La estimación actual de su contribución a nivel mundial es del 2% del consumo, con una participación relativa del 10% del biodiesel y del 90% para el bioetanol. (FAO, Secretaria de Energía y otros. 2008).

#### 15.1.1. Importancia del transporte en la demanda de energía

La eficiencia de los combustibles se determina entre el porcentaje de energía total que se transforma en energía motriz. La eficiencia varía según tipo de combustible. Los motores de combustión interna que funcionan con naftas tienen una eficiencia del 25 al 30 %, los motores diésel del 40% al 45% y las turbinas de avión del 50 al 55% de eficiencia.

---

<sup>60</sup> Emiliano Huergo. *Bioeconomía* junio 2, 2019

<sup>61</sup> E. R. Romero\*; G. Cárdenas\*\*; J. Scandalariis\* y S. Casen\*. *Revista Avance Agroindustrial* Sept 2010. EEAOC



Una buena parte de la energía utilizada por estos motores se disipa en la atmósfera en forma de calor, además del consecuente añadido de GEI proveniente de la combustión de fósiles.

Los biocombustibles son una alternativa disponible que permitirá incorporar energías renovables que mitiguen la tasa de emisiones. Maíz y caña de azúcar son los cultivos que a nivel mundial más se utilizan como fuentes de energía de mínima tasa de emisiones de GEI.

Analizaremos las diferencias que cada una de estas fuentes posee dentro del contexto energético nacional actual. La Figura 24 muestra la participación por tipo de combustible afectado a los requerimientos de transporte a nivel mundial. Recordemos que solo el 2 % de este total de energía consumida es de origen renovable.

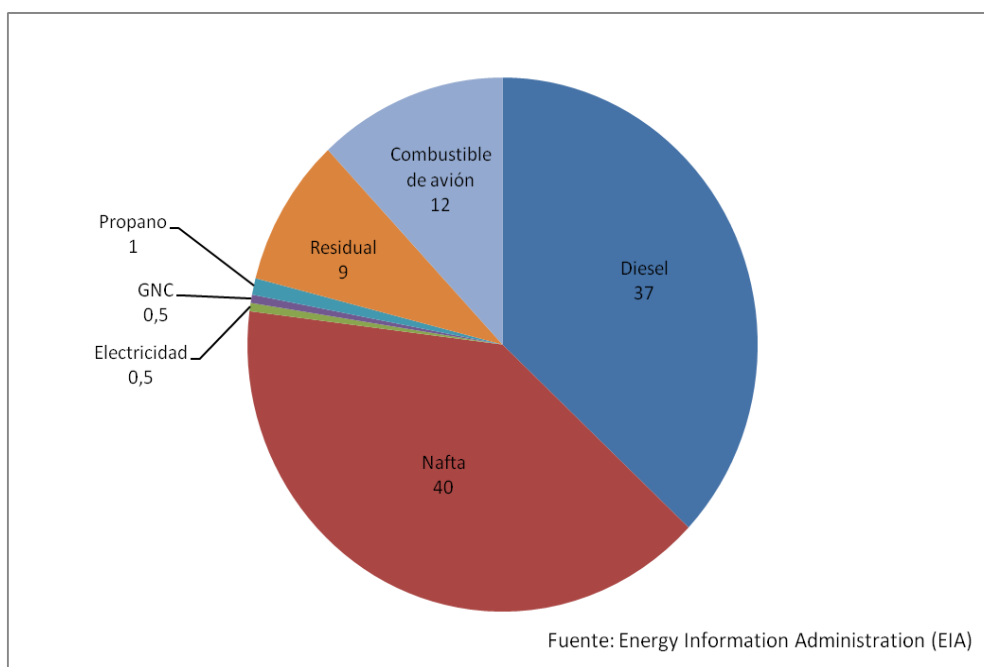


Figura 24. Consumo mundial de energía por tipo de combustible

En Figura 25 muestra el consumo mundial y la participación de transporte en ese total<sup>62</sup>

<sup>62</sup> Energy Information Administration, 2016

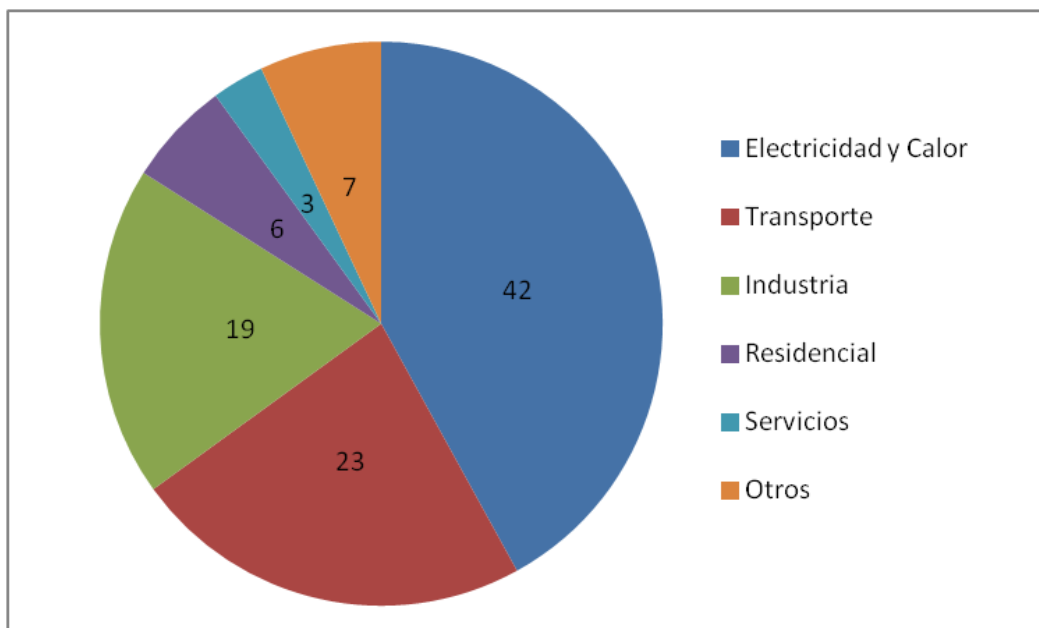


Figura 25. Consumo mundial de energía por sector

Las estadísticas de consumo de combustible afectado a transporte por países, muestra la directa correlación de la demanda en relación al tamaño de su economía. En la Figura 26 podemos observar el nivel de consumo de los seis países ubicados en primer lugar. Rusia, ubicado en 6<sup>to</sup> lugar muestra un nivel de consumo de solo el 10 % con relación a EEUU. China, la segunda economía mundial tiene un nivel de consumo del 41% en relación a EEUU.

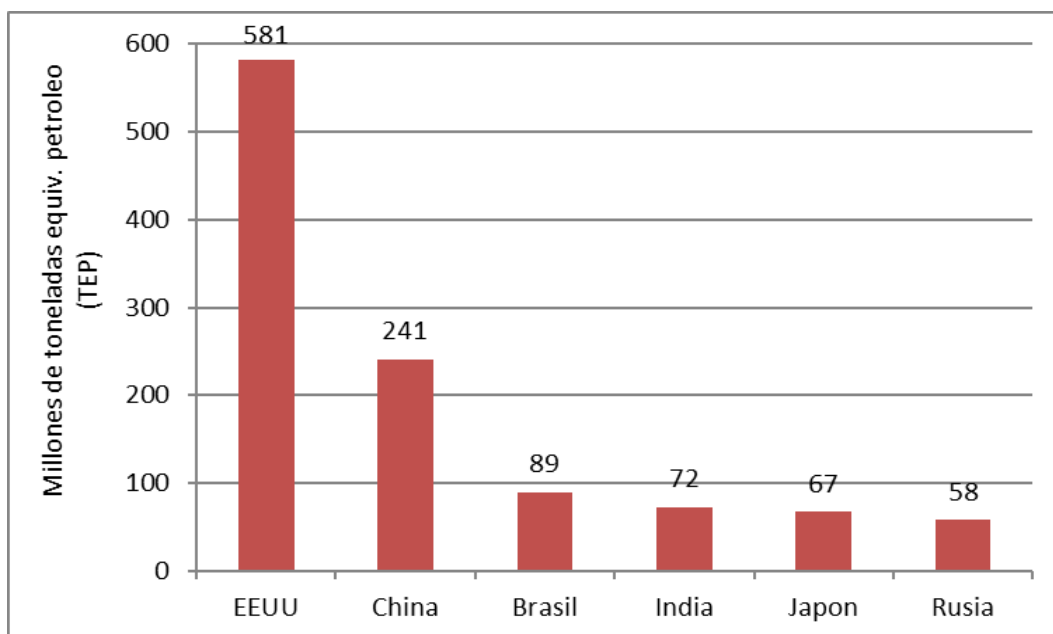


Figura 26. Consumo de combustible para transporte por países<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Energy Information Administration, 2016

### 15.1.2. Biocombustibles de primera generación. Fuentes y Desafíos

La producción de bioetanol se realiza comercialmente empleando dos tipos de materia prima. Se pueden usar materias primas azucaradas, directamente fermentecibles, como jugo de caña de azúcar y de remolacha azucarera, o materias primas amiláceas, como maíz y trigo, ricos en almidón, compuesto que debe ser convertido en azúcares (sacarificado) antes de su fermentación.

FAO<sup>64</sup> a través HLPE, Grupo de Expertos de Alto Nivel, por recomendación del CSA, Comité de Seguridad Alimentaria, llevan adelante la revisión de las políticas de biocombustibles en base a análisis científicos equilibrados de las oportunidades y retos que pueden suponer para la seguridad alimentaria. Se evalúa y promueve el avance de la producción los biocombustibles para producirlos allá donde resulte social, económica y medioambientalmente viable. De igual manera, alertar sobre regiones donde la utilización de la agricultura para bioenergía podría poner en riesgo la seguridad alimentaria. Como ejemplo, en Alemania fue necesario legislar los límites de uso de la tierra con fines energéticos con el fin de evitar conflictos en un futuro próximo.

### 15.1.3. Biocombustibles de Segunda Generación <sup>65</sup>

Una tercera vía, bioetanol de 2<sup>da</sup> generación, se basa en la utilización de biomasa rica en materiales celulósicos como bagazo, residuos de cosecha e incluso cultivos específicos. Para la obtención de biocombustible es necesario hidrolizar las cadenas celulósicas y hemicelulósicas, produciendo una solución con azúcares fermentecibles, tecnología que está ya desarrollo a nivel comercial en distintos países. Brasil, a partir fibra de caña de azúcar, lidera los cambios. Esta alternativa de producción de bioetanol de segunda generación reduce el riesgo de la competencia por alimentos que la bioenergía a futuro podría generar.

La investigación y desarrollo está en plena expansión con fuerte financiamiento estatal y privado, tanto en EEUU como en Brasil, buscando contar en los próximos años con tecnologías viables y económicamente sustentables según documentos.

La Empresa GranBio en el estado de Alagoas operó con dificultades productivas y operacionales. Entre las dificultades se mencionan tiempos de procesos mayores a los estimados con casi un incremento del 200 %, lo cual

---

<sup>64</sup> FAO: (Food and Agriculture Organization) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

<sup>65</sup> Biofuelswatch . Dead End Road. Biocombustibles . Callejon sin Salida . Autores Almuth Ernsting & Rachel Smolke “ Las falsas promesas de biocombustible celulósico”

limita la producción estimada alcanzar. Fue la primera planta de este tipo en el cono sur a partir del 2014. A pesar de ello informan que producirán 30 millones de litros en 2019 e incrementaran a 50 millones en 2020.

Raizen en Brasil, ubicada en la localidad de Costa Pinto, es una empresa con capitales de la Petrolera Shell y el Grupo COSAN, empresa con importante presencia en el mercado del azúcar de Brasil. Esta empresa mantuvo un nivel de producción menor que lo estimado y a causa de ello un costo superior a bioetanol de primera generación según informan en el documento antes mencionado los autores Almuth Ernsting y Rachel Smolke.

Sin embargo, avanzan en mejoras que les permita tener un nivel de producción competitivo en relación al costo a partir de caña o maíz.

En resumen, el informe señala que muchas plantas instaladas en EEUU y Brasil no han alcanzado aún un nivel de producción según sus proyectos y los costos superan a los estimados.

## **15.2. Bioetanol de maíz**

### 15.2.1. Cadena de valor del maíz.<sup>66</sup>

La cadena de valor de maíz representa un modelo de desarrollo para Argentina, y en particular para la provincia de Córdoba, fundamentalmente a través de su agregado de valor. FADA, Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina, analizo la cadena de valor particularmente para la provincia de Córdoba, principal aportante de biocombustibles, junto con Santa Fe y San Luis.

La producción nacional de maíz correspondiente a la campaña 2014/15 fue de 33,8 millones de toneladas, con 6 millones de hectáreas sembradas. La provincia de Córdoba representa el 35% de la producción nacional, con 11,6 millones de toneladas producidas y 1,8 millones de hectáreas sembradas.

La rotación de cultivos implica un desafío para la sustentabilidad del sistema productivo ya que cada 3 hectáreas de soja cultivada, se siembra sólo 1 de maíz. En Córdoba por ejemplo representa el 1,1% del PBI. y el 11% del empleo provincial.

El principal destino de la producción de maíz es el mercado externo, con exportaciones sin agregado de valor. De éstas, el 97,4% es grano forrajero y sólo el 2,6% productos procesados. En 2015, la provincia de Córdoba transformó el 20% de su producción de maíz. El mayor consumo proviene de la ganadería, principalmente bovina para la producción de carne y leche.

---

<sup>66</sup> Miazzi, D.; Pisani Claro, N. y Ariño, N. 2016. Cadena de valor del maíz. Fundación Agropecuaria para el Desarrollo Argentino. Río Cuarto - Córdoba.

### 15.2.2. Subproductos de la producción de bioetanol de maíz

La construcción de plantas de bioetanol de maíz<sup>67</sup> trae aparejada la producción de un gran volumen de subproductos aptos para la nutrición animal. Para dar una idea de la dimensión del volumen, una planta que muele 600 toneladas de maíz por día, produce aproximadamente 200 toneladas de subproducto en base seca o 600 toneladas de subproducto en forma húmeda. Esto alcanza para suplementar a más de 60 mil rumiantes, según cuál sea la categoría.

Los Granos de Destilería son el principal subproducto derivado de la producción de etanol a base de cereales. El cereal utilizado en el proceso define las características nutricionales del subproducto y el nombre del mismo, siendo el más común el de grano de maíz y la denominación de los coproductos, burlanda de maíz, WDGS (Wet Destillers Grains with Solubles o Granos de Destilería húmedos con Solubles) o DDGS (Dry Destillers Grains with Solubles) según porcentaje de humedad.

La vinaza obtenida es sometida luego a un proceso de concentración por evaporación llegando a un 40% de materia seca, estando conformada principalmente por azúcares y proteínas solubles, levaduras y la mayor parte del aceite del grano. Los Granos de Destilería (fracción sólida) están conformados mayormente por partes del grano original no fermentadas en el proceso. Estas dos fracciones se vuelven a unir para formar los WDGS. Los WDGS, contienen más energía y proteína que el grano de maíz original.

Al utilizarse casi la totalidad del almidón (70% del grano) durante la fermentación, se produce una concentración del resto de los nutrientes como el contenido de proteína y de aceite del grano triplicando los valores originales del mismo. A modo de ejemplo, contienen 30% de Proteína Bruta y 10% de aceite versus 8% y 3% que contiene el grano original. Al ser la principal fuente de energía el aceite y la fibra digestible se considera un alimento de “bajo riesgo de acidosis ruminal” ideal para dietas de acostumbramiento o para bajar la concentración de almidón en las raciones de vacas lecheras reduciendo los trastornos digestivos.

Es un alimento muy palatable para el ganado que contribuye a mejorar los consumos y por tanto a lograr mayores índices productivos. Al ser un alimento húmedo tiene excelentes propiedades de mezclado mejorando la uniformidad de la ración, evitando la selección por parte de los animales y la estratificación de componentes en el comedero.

Los Granos de Destilería son una excelente fuente energética y proteica para el ganado. Su composición nutricional promedia el 35% de materia seca, 30% de proteína, 11% de aceite y 45% de FDN (fibra en detergente neutro).

---

<sup>67</sup> Entrevista Ing. Manual Ron. Presidente de Bioetanol SA Rio Cuarto (Bio 4)

Los granos de Destilería son despachados directamente al productor a medida que se generan en la planta. Se recomienda consumirlos antes de los 12 días de la entrega en promedio dependiendo de las condiciones climáticas (hasta 10 días en verano y 15 días en invierno).

Para mayores períodos de tiempo se pueden almacenar adecuadamente en silobolsas u otro tipo de estructuras, solos o mezclados con otros alimentos (cascarilla de soja, silaje de maíz o sorgo, paja de trigo, etc.) Las plantas de bioetanol de maíz ahorran hasta un tercio del gas si no secan los granos destilados. Esta mayor eficiencia energética y el ahorro en costos determinan la conveniencia de retirar el subproducto en forma húmeda. Por el contenido de humedad del 65% el flete juega un papel determinante en el negocio siendo factible acarrear este producto hasta 200 km. Cuanto más cerca de la refinería se sitúe un punto de consumo, menor precio tendrá el producto ofertado.

El advenimiento de plantas de etanol en la región generará una gran ventaja competitiva que se va a traducir en una baja de costos de alimentación y mejora de los índices productivos. Al mismo tiempo es de esperar que se generen otros beneficios como son la demanda de transporte, el desarrollo y crecimiento de compañías focalizadas en nutrición animal, mayor demanda de recursos humanos y como ha ocurrido en otros países el desarrollo de un polo ganadero en las adyacencias de las plantas de etanol.

### 15.2.3. Desarrollo de la industria del bioetanol de maíz<sup>68</sup>

Tanto Estados Unidos como Brasil han considerado la producción de etanol como un tema fundamental. Estados Unidos se dio cuenta de que si no generaba una nueva demanda doméstica y externa para absorber los excedentes de su producción de maíz, el aumento en las existencias finales más temprano que tarde iban a generar una sobre oferta mundial y una drástica baja en los precios internacionales y locales, lo que produciría la quiebra de los productores de maíz americano.

En el caso de nuestro país, donde las principales plantas procesadoras de etanol se ubican en la provincia de Córdoba<sup>69</sup>, cobra mucho más importancia la generación de productos con mayor valor agregado. Debido a la desventaja geográfica que implica la distancia a los puertos y el elevado precio del flete en la región del NOA esta condición es determinante para inhibir el desarrollo de producción con expectativas de exportación. Generar valor agregado in situ en sin dudas la mejor alternativa.

La presión internacional para reducir los gases de efecto invernadero (GEI), que produce el consumo de los combustibles fósiles, fue la excusa ideal

---

<sup>68</sup> CLERA ( Cámara de Legumbres de la República Argentina )

<sup>69</sup> AgroVoz Autor: Pablo Andreani. 6 octubre del 2019

para Estados Unidos para desarrollar una sólida industria de producción de etanol. La Argentina a partir de esta experiencia tiene la oportunidad de seguir ese modelo.

Al día de hoy existen en Estados Unidos 198 plantas de etanol que consumen casi 140 millones de toneladas de maíz por año, sobre una producción total de 350 millones de toneladas, un consumo equivalente al 40 por ciento de la cosecha. El corte obligatorio en Estados Unidos llega al 15 por ciento y no lo aumenta debido a que no tienen suficiente oferta interna de maíz.

En el caso de la Argentina existen siete plantas productoras de etanol a partir del maíz, con un consumo anual de 1,2 millones de toneladas equivalente al 2,4 por ciento de la producción. Brasil es segundo productor mundial de etanol, en este caso a partir de caña de azúcar, y concentra el 30 por ciento de las exportaciones en el comercio mundial. En el caso del Brasil, el corte obligatorio llega al 27,5 por ciento, mientras que en Argentina es de 12 por ciento.

Como se puede apreciar, tanto Estados Unidos como Brasil han considerado la producción de etanol como una política de estado, y les ha dado exitosos resultados tanto como productores de biocombustibles para abastecer su mercado interno, como para tener una fuerte presencia como exportadores en el mercado mundial.

#### 15.2.4. Eficiencia energética del bioetanol a partir de maíz.<sup>70</sup>

La eficiencia energética de un producto determinado se la conoce como TRE (Tasa de Retorno Energético) Es el cociente de la cantidad de energía total que es capaz de producir una fuente de energía y la cantidad de energía que es necesario emplear o aportar para explotar ese recurso energético.

Un cociente menor o igual que 1 indica que la energía de la fuente es menor o igual a la energía consumida. Por el contrario, un cociente mayor que 1 indica que la energía total es mayor que la energía invertida y queda, en consecuencia, un saldo neto positivo. Una fuente de energía será tanto mejor cuanto mayor sea su TRE, puesto que eso implica que se obtiene una mayor cantidad de energía neta.

Analizando casos de distintos autores se mencionan al Dr. Ken Cassman, profesor de agronomía en la Universidad de Nebraska-Lincoln, quien señaló en el 2008 que el etanol tiene un balance neto de energía directa positivo sustancial: de 1,5 a 1,6 unidades más de energía se derivan del etanol que las que se utilizan para producirlo. En 2004, un informe del USDA encontró que la contabilidad de coproductos mejoraba el balance de energía final del etanol, alcanzando ratios de energía entre 2,6 a 2,7.

---

<sup>70</sup> INTA. *Análisis emisiones producción de Bioetanol y subproductos – Empresa BIO4 Córdoba.*

En Argentina, el INTA realizó conjuntamente con la empresa BIO4, la evaluación y cuantificación de su tasa de retorno energético tanto para la producción de bioetanol como para los coproductos obtenidos a partir del proceso. Esta evaluación se realizó con información de la campaña 2016/2017.

De toda la cadena de producción de Bioetanol de Maíz y co-productos de BIO4 se determinó que la emisión total acumulada fue de 92.020 t CO<sub>2</sub>eq.

Del total de las emisiones, el 53% aproximadamente corresponde a emisiones de la etapa Industrial, 36% a la producción de Maíz en campos, 11% a los fletes. En el caso de los fletes de MMPP hacia planta la distancia promedio fue de 75 km. con una carga promedio de 30 toneladas. En el caso de transporte de producto terminado a planta de mezcla el promedio fue 342 kilómetros con un promedio de carga de 25 t por viaje.

El resumen de los resultados podemos observarlo en la Tabla 22 donde se identifican los consumos energéticos etapa por etapa de todo el proceso.

Tabla 22. Consumo energético por etapas de producción Bioetanol a partir de maíz

| Etapas producción Agrícola                 | Cantidades     | Un. de medida | Energía (GJ)     |
|--------------------------------------------|----------------|---------------|------------------|
| <b>Producción de maíz</b>                  | <b>195.582</b> | <b>Ton.</b>   | <b>105.966</b>   |
| Gas Oil                                    | 640.257        | Litros        | 23.304           |
| Lubricantes                                | 76.831         | Litros        | 2.735            |
| Produc. Insumos (Energía fósil para Prod)  |                |               | 2.490            |
| N aplicado (Energía fósil para producirlo) | 535            | Kilos         | 26               |
| P (Energía fósil para producirlo)          | 309            | Kilos         | 5                |
| Agroquímicos (Energía fósil para produc.)  | 289.141        | Kilos         | 77.406           |
| <b>Etapas Transporte</b>                   |                |               |                  |
| <b>Recepción en planta</b>                 | <b>195.582</b> | <b>Ton.</b>   | <b>14.759</b>    |
| Consumo de gas oil en transporte           | 373032         | Litros        | 13.461           |
| Produc. comb. (Energía fósil para produc)  |                |               | 1.297            |
| <b>Etapas Producción Industriales</b>      |                |               | <b>906573</b>    |
| Recepción para ingreso a Industria         |                |               | 20.583           |
| Molienda y Fermentación (Energía)          |                |               | 106.330          |
| Molienda y Fermentación (Insumos)          |                |               | 29.766           |
| Destilación                                |                |               | 320836           |
| Separación                                 |                |               | 21541            |
| Secado                                     |                |               | 177020           |
| Consumos comunes                           |                |               | 112491           |
| Transporte a Cliente Alcohol               |                |               | 32368            |
| Transporte a Cliente WDGS                  |                |               | 74085            |
| Transporte a Cliente DDGS                  |                |               | 8727             |
| Transporte a Cliente Jarabe Proteico       |                |               | 2826             |
| <b>Total General</b>                       |                |               | <b>1.027.298</b> |



Se identifican tres procesos diferenciados: Producción agrícola, transporte y producción industrial.

De estos resultados pueden observarse que si aplicamos todo el valor de la energía invertida, 1.027.298 (GJ) y la relacionamos con la energía contenida en el producto terminado principal, 1.653.826 (GJ), la TRE arroja un valor de 1,61. Si incorporamos el valor de la energía de los coproductos la TRE se incrementa a 2,73 (Tabla 23).

Tabla 23. Resultado del balance energético (TRE)

| Apropiación de energía             | Alcohol | DDGS   | WDGS   | Jarabe Proteico | Total   |
|------------------------------------|---------|--------|--------|-----------------|---------|
| Producción (t)                     | 60558   | 11150  | 128606 | 7458            | 207773  |
| Energía Invertida Por línea (GJ)   | 451728  | 88753  | 406334 | 80483           | 1027298 |
| Energía del Producto terminado GJ) | 1653826 | 167692 | 696713 | 285174          | 2802905 |
| Balance de energía Por línea (GJ)  | 1202098 | 78939  | 289880 | 204691          | 1775607 |
| Tasa de retorno energético (TRE)   | 3,66    | 1,89   | 1,71   | 3,54            | 2,73    |

Estos valores coinciden con los datos de evaluaciones en EEUU como se consignó precedentemente. Evaluaremos a continuación los resultados de la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar.

### 15.3. Bioetanol de caña de azúcar<sup>71</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 24. 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.

<sup>71</sup> E. R. Romero; G. Cárdenas; J. Scandaliaris y S. Casen\* . Revista Avance Agroindustrial Sept 2010. EEAOC

Tabla 24. 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>72</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 25 se presentan valores de rangos de balance energético y del nivel de mitigación de las emisiones de gases efecto invernáculo (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.

---

<sup>72</sup> (BNDES. 2008. Cap. 3).

Tabla 25. 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.

### 15.3.1. 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  $C_4$  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 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>73</sup>.

<sup>73</sup> (BNDES, 2008. Cap. 8)

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.

### 15.3.2. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar<sup>74</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 26.

Tabla 26. 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 10 se informa los contenidos promedio de estos constituyentes.

<sup>74</sup> Cardenas, G. EEAOC

Tabla 27. Principales constituyentes de la caña de azúcar.

| 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 27 se muestran las etapas, insumos y productos obtenidos en cada una de ellas.

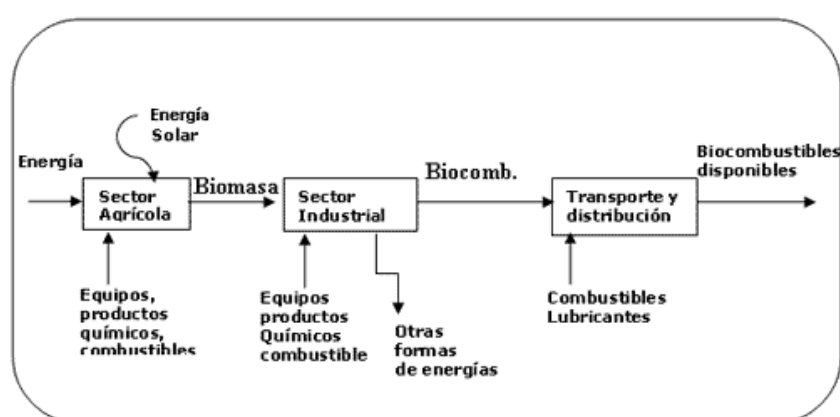


Figura 27. Balance Energético de la producción de Biocombustibles.

En la Figura 28, 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 28, 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.

Tabla 28. 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 es el cociente entre la energía lograda en relación a la energía invertida.

### 15.3.3. Eficiencia energética de la Caña de Azúcar<sup>75</sup> (Evaluación Brasil)

El etanol brasileño, 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, analizó 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.

#### 15.3.3.1. Balance energético bioetanol de Brasil realizado por Macedo y colaboradores<sup>76</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 escenario posible de reducciones o de incrementos según los input 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

---

<sup>75</sup> Carlos Ariel Ramírez Triana: Es economista y Magíster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia.

<sup>76</sup> 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.

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>77</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 29 se detalla la energía requerida por cada proceso de la fabricación de bioetanol de caña de azúcar.

---

<sup>77</sup> Notas del autor



Tabla 29. 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.

15.3.3.2. Balance energético bioetanol de Brasil realizado por Boddey y colaboradores<sup>78</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 30.

Tabla 30. 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 Oil                                                        | 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             | m3              | 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>      |

<sup>78</sup> 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.

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.

#### 15.4. 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 28), 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.

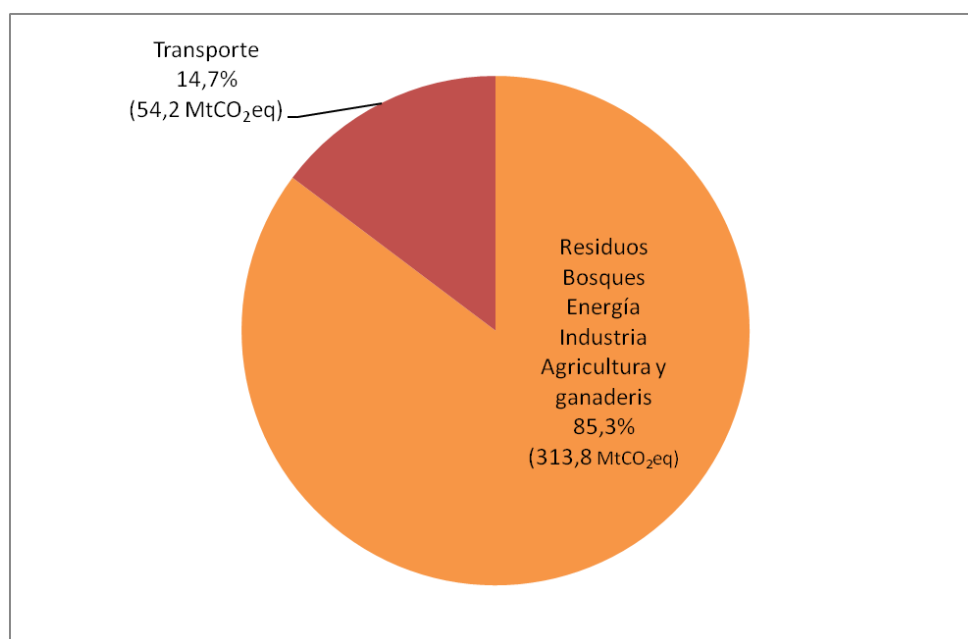


Figura 28. Participación del transporte en las emisiones totales de gases efecto invernadero.  
Fuente: Dirección Nacional de Cambio Climático y Desarrollo sustentable.

Toda acción que aporte alta tasa de mitigación reemplazando combustibles de fuentes no renovable deberían ser promovidas a su máxima capacidad. La producción de bioetanol a partir de caña de azúcar ocupa un lugar de privilegio en las prioridades de la energía utilizada en el transporte

automotor, sobre todo si parte de los combustibles que los biocombustibles reemplazan están siendo importados, afectando aún más la balanza comercial del País.

## **16. BIOETANOL A PARTIR DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DE SALTA**

### **16.1. El maíz dentro de una estrategia de rotación**

La expansión del cultivo de soja fue creciendo de las últimas décadas en regiones alejadas de los puertos de la mano de una tasa de rentabilidad diferencial con respecto a otros granos. Buenos precios internacionales y bajas retenciones al inicio de la década pasada generó un acelerado crecimiento.

El cultivo de una oleaginosa con bajo aporte de materia orgánica estuvo siempre asociada a la rotación con gramíneas que compensara dicho déficit. Los costos logísticos y rentabilidades menores para las opciones seleccionadas para rotación llevaron a un grado de incumplimiento de lo que las buenas prácticas agrícolas sugerían, dando como resultado una tasa rotación menor que la necesaria. Este déficit fue analizado en reiteradas oportunidades por investigadores de distintos ámbitos y reconocidos por todo el sector productivo pero cuestiones estrictamente económicas impidieron su puesta en práctica.

Leguminosas de bajo aporte de materia orgánica pero alta captura de nitrógeno por ende mayor acumulación en los perfiles edáficos, debe complementarse con una rotación con gramínea como el maíz. Esto permite restituir los requerimientos de materia orgánica y equilibrar los balances y aportes entre ambos cultivos

En el caso de la Provincia de Salta, producir maíz alejados de los puertos a lo que se sumaron importante tasas de retención, llevo que los costos de producción en sucesivas campañas fueran mayores que lo obtenido a partir de su comercialización. Esto afectó la natural y necesaria rotación con el agregado del deterioro de su potencial productivo.

A partir de la ley 26093/06 de promoción de los biocombustibles y la incorporación del maíz como fuente de materia prima, a nivel nacional abrió nuevos horizontes y un escenario a nuevos proyectos. La incorporaron de valor agregado in situ y subproductos con sostenida demanda para la producción de carnes, permitió que la actividad tuviera una fuerte expansión en la región centro del país, con epicentro en la provincia de Córdoba. En el 2018 la participación de producción de bioetanol a partir de maíz creció al 52.5 %.

## **16.2. Identificación de Marco General**

La Producción de Biocombustibles de base agrícola fue definida como una política de Estado a nivel Nacional. Esto está respaldado bajo un régimen legal específico determinado por la Ley N° 26.093<sup>79</sup>. Es una actividad regulada por la Secretaría de Energía de la Nación la que determinó que desde enero de 2010 es obligatorio el corte de naftas con un 5% de bioetanol (E5) y del gas oíl con un 5% de biodiesel (B5), ambos de origen agrícola.

El Programa Nacional de Biocombustibles se estructuró bajo las expectativas de aumento creciente en el tiempo que dependía de distintos factores: De los niveles porcentuales de corte que se establecieran, del crecimiento de la demanda por mayor uso de combustible o de la decisión política de sustituir importaciones de naftas.

Actualmente en bioetanol es un mercado completamente controlado y regulado a partir de un cupo anual otorgado a empresas y fijado por la Secretaría de Energía de la Nación. El precio también es determinado por dicha Secretaría con criterios que no han sido respetados según los principios que se establecieron en la ley marco y sus decretos reglamentarios.

## **16.3. Proyecto de producción de etanol en la Provincia de Salta. (Indagro)<sup>80</sup>**

### 16.3.1. Inicio del proyecto

En Salta, en el año 2011, empresas radicadas en la región, evaluaron y estimaron una inversión de 40 millones de dólares para la producción de bioetanol a partir de maíz. La comercialización del maíz no es tarea fácil en la Argentina en general y particularmente en el NOA por las desventajas competitivas a partir de los cupos de exportación y los descuentos en el precio que perciben los productores entre otros factores. En el Noroeste (NOA) tiene limitaciones adicionales, como el elevado costo del flete a los puertos o las trabas que tiene la ganadería (uno de los eslabones de la cadena de valor del maíz) para expandirse ya que no hay suficientes frigoríficos que procesen los volúmenes de producción de carne vacuna.

Esto llevó a evaluar el proyecto de producir bioetanol de maíz en el NOA, por lo que cuatro empresas decidieron que una buena alternativa para la comercialización y el agregado de valor del cereal es la producción de bioetanol. La iniciativa ya tiene nombre: Indagro SA. Sus socios son Anta del Dorado, Las Lajitas SA, Combustibles del Norte y Omar Monaldi. Entre los cuatro planean hacer una inversión antes mencionada para instalar una fábrica

---

<sup>79</sup> Ley de Promoción de los Biocombustibles: 26.093/06

<sup>80</sup> Diario La Nación. Economía Campo. Por Mercedes Manfroni. Septiembre 2011

en el parque industrial que se está desarrollando en el departamento de Anta, Salta. Así lo anticipó Lucas Elizalde<sup>81</sup>.

El proyecto está avanzado, aunque Elizalde aclaró que se encuentra sujeto a la aprobación del cupo de 80.000 toneladas de etanol anuales que solicitaron al Ministerio de Planificación y Obras Públicas.

### 16.3.2. Razones que motivaron la búsqueda de alternativas

El etanol fue la alternativa que Elizalde y sus socios encontraron para agregar valor al maíz que se produce en Salta. Su comercialización está limitada por varios motivos. En primer lugar, por el cupo de exportación y el costo del flete al puerto más cercano, el de Rosario. Son unos 280 pesos que representan más del 40% del precio percibido por el productor en la venta del maíz. Actualizado este valor a hoy, representa aproximadamente 80 U\$D por tonelada, el 50 % del valor de mercado del maíz en puerto.

Elizalde aclaró: “De todos modos, el maíz lo sembramos sin mirar mucho el margen”. Apuntalando esto, otros analistas como Ignacio Cruz, socio en Salta de la consultora “El Renuevo”, señaló que un planteo agrícola sustentable en esa provincia sería aquel que incluyera una rotación del 35% con maíz. Esa meta todavía es lejana. En promedio los salteños llegan al 14 por ciento.

El avance de la ganadería en el NOA podría haber sido una solución al problema de la comercialización y una forma de agregar valor en origen. Sin embargo, si bien la actividad creció mucho en los últimos años, en Salta, todavía tiene grandes trabas.

“Es paradójico, en el NOA tenemos un déficit de abastecimiento de carne vacuna del 70%, pero los terneros que producimos los exportamos a otras regiones del país para ser engordados. Luego compramos la carne ya faenada en otros lugares”, se quejó Elizalde.

Atribuyó esta situación a que en la provincia de Salta todavía no hay grandes frigoríficos para ganado vacuno, al parecer el volumen de la producción ganadera todavía no les sería rentable. La producción de maíz de Salta va tomando algunas costumbres de La Pampa Húmeda. Pero de a poco. “La fertilización no está incorporada como herramienta masiva, todos fertilizamos algo, pero buscándole el punto, ya que todavía no tenemos una respuesta económica a esta inversión”, señaló Elizalde.

Esta visión y análisis corresponde a la situación 2010/2011. Datos más recientes muestra que la producción de maíz del 2010/2011, relacionada con el 2015/2016 más que se duplico y sumado a ello se observa un leve crecimiento en la producción por hectárea (Tabla 31).

---

<sup>81</sup> Miembro del Directorio de la Empresa Anta del Dorado

Tabla 31: Evolución de la producción de maíz en la provincia de Salta

| Período   | Superficie sembrada | Superficie cosechada | Producción (t) | Kilos maíz/ha |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 2000/2001 | 61.000              | 49.000               | 165.000        | 3,37          |
| 2005/2006 | 43.000              | 39.000               | 179.850        | 4,61          |
| 2010/2011 | 148.185             | 136.185              | 754.520        | 5,54          |
| 2015/2016 | 313.000             | 292.430              | 1.655.739      | 5,66          |
| 2017/2018 | 273.200             | 252.110              | 1.508.597      | 5,98          |

De concretarse el proyecto, la planta procesaría el 40% de la producción anual de maíz que hoy se produce en los departamentos de influencia del emprendimiento es decir, unas 250.000 toneladas. Estos son principalmente cuatro departamentos que están ubicados en la eco-región denominada Chaco Sur de la Provincia de Salta. En el Tabla 32 podemos observar la producción de maíz en estos cuatro departamentos

Tabla 32: Evolución de la producción de maíz en los departamentos de Anta, La Candelaria, Metán y Rosario de la Frontera.

| Departamento        | Superficie sembrada | Superficie cosechada | Producción (t) | kilos maíz/ha |
|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------|
| Anta                | 136.700             | 124.700              | 748.200        | 6,00          |
| La Candelaria       | 2.050               | 2.050                | 11.890         | 5,80          |
| Metán               | 35.340              | 32.610               | 195.660        | 6,00          |
| Ros. De la Frontera | 41.337              | 38.067               | 224.595        | 5,90          |
| Chaco Sur (total)   | 215.427             | 197.427              | 1.180.345      | 5,98          |

#### 16.4. Proyecto de producción de etanol en la Provincia de Salta. (Seaboard Energía Renovable. Alimento)<sup>82</sup>

La Empresa Seaboard (Ex Ingenio San Martín del Tabacal) puso en funcionamiento su nueva destilería lo que permitió que durante la campaña 2018 produjera 140.000 m<sup>3</sup> de Bioetanol entre los meses de enero a Diciembre, volumen record para dicha empresa desde la puesta en marcha del proyecto de biocombustibles.

La capacidad de producción bioetanol a partir de 2 fuentes distintas (caña de azúcar y maíz) ampliará el periodo de funcionamiento de sus procesos industriales con la ventaja de mantener una oferta continua sin la necesidad de stockear grandes volúmenes. La integración de ambas fuentes de producción permitirá distribuir su capacidad de producción a lo largo del año. En resumen se equilibran los balances de oferta y demanda, con seguros impactos positivos en los procesos de almacenaje y logística.

<sup>82</sup> Entrevista y consulta a Ing. Hugo Rossi. CEO Seaboard E. R. A.

Las expectativas de producción a futuro son las de mantener los 140.000 m<sup>3</sup> a partir de caña de azúcar, incrementando 40.000 m<sup>3</sup> adicionales a partir de maíz.

Producir bioetanol a partir de maíz no tiene la misma energetia que la caña de azúcar pero si cuenta con la ventaja de almacenamiento de la materia prima en tiempos extendidos. Los volúmenes de maíz necesarios para la industria provendrán de la eco región Chaco Norte comprendida principalmente por los Departamentos Rivadavia, General San Martín y Orán.

### **16.5. Nuevos proyecto de ampliación para la producción de carne**

Asociado al crecimiento en producción de maíz y mejoras en la productividad unitaria, recientemente se dio a conocer una importante noticia que ratifica de alguna manera la potencialidad que la región brinda para el crecimiento de proyectos agrícolas – ganaderos, y que en un futuro pueden sumar e integrarse a la producción de biocombustibles.

La nueva inversión será ejecutada por la empresa Agroindustrial Desdelsur S.A.<sup>83</sup>, ubicada en el norte de la Provincia de Salta. La misma recibió US\$ 30 millones para invertir el 60% de ese crédito en la última etapa de la ampliación de un feedlot, esperando alcanzar una capacidad producción de 80.000 cabezas en la localidad de Tartagal. Esto le permitirá crecer más de un 50 por ciento, respecto a la capacidad actual. Estas y otras inversiones en la provincia incrementaron la capacidad productiva de carnes, sustituyendo importaciones de otras regiones del país.

Simultáneamente Salta se transforma en una provincia exportadora de ganado con destino a exportación o consumo en otras regiones de país. En la actualidad el 15% de los bovinos se comercializan, fueron terminados en feedlot, transformándose en importadores<sup>84</sup> de animales para la cría.

Informo también la Empresa Desdelsur S.A. que usará el 40% restante de los fondos, entre otros fines, para la sistematización y conducción de agua a nivel de parcela, la implantación de pasturas megatérmicas en más de 5000 hectáreas entre otros proyectos, sumado a la ampliación del capital de trabajo de la compañía.

---

<sup>83</sup> Mónica Reinke.

Fuente Diario La Nación, Economía ,Campo Abril del 2019

<sup>84</sup> Información a partir de consultas a Técnico de Empresa DesdelSur



## 16.6. Subproductos de la producción de bioetanol <sup>85</sup>

La construcción de plantas de bioetanol de maíz trae aparejada la producción de un gran volumen de subproductos aptos para la nutrición animal. Para dar una idea de la dimensión del volumen, una planta que muele 600 toneladas de maíz por día, produce aproximadamente 200 toneladas de subproducto en base seca o 600 toneladas de subproducto en forma húmeda. La misma se conocida como “burlanda” en el argot de la producción animal. Esto alcanza para suplementar anualmente a más de 60 mil rumiantes, según cuál sea la categoría.

El cereal utilizado en el proceso define las características nutricionales del subproducto y el nombre del mismo, siendo el más común el de grano de maíz y la denominación de los co-productos, burlanda de maíz, WDGS o DDGS (según porcentaje de humedad). Por centrifugado del caldo de fermentación residual se obtiene una fracción líquida llamada vinaza o stillage (solubles) y una fracción sólida llamada granos de destilería.

La vinaza obtenida es sometida luego a un proceso de concentración por evaporación llegando a un 40% de materia seca, estando conformada principalmente por azúcares y proteínas solubles, levaduras y la mayor parte del aceite del grano. Los Granos de Destilería (fracción sólida) están conformados mayormente por partes del grano original no fermentadas en el proceso. Estas dos fracciones se vuelven a unir para formar los Granos de Destilería húmedos con Solubles o WDGS por sus siglas en inglés (Wet Distillers Grains with Solubles).

Los WDGS, contienen más energía y proteína que el grano de maíz original. Al utilizarse casi la totalidad del almidón (70% del grano) durante la fermentación, se produce una concentración del resto de los nutrientes como el contenido de proteína y de aceite del grano triplicando los valores originales del mismo. A modo de ejemplo, contienen 30% de Proteína Bruta y 10% de aceite versus 8% y 3% que contiene el grano original.

Es un alimento muy palatable para el ganado que contribuye a mejorar los consumos y por tanto a lograr mayores índices productivos. Al ser un alimento húmedo tiene excelentes propiedades de mezclado mejorando la uniformidad de la ración, evitando la selección por parte de los animales y la estratificación de componentes en el comedero.

La energía aportada es a base de su fibra de alta digestibilidad y del aceite. La proteína es de alta calidad y digestibilidad con 50 a 55% de proteína by-pass (no degradable en rumen) que es fundamental para animales de alta producción.

---

<sup>85</sup> Nota al Ing. Manual Ron – Presidente de Bioetanol Rio Cuarto S.A (Bio4)

Para ganado en engorde se recomienda incluir hasta un 40% de la materia seca de la ración (unos 8 a 12 kg por animal y por día dependiendo de la categoría a alimentar). Su inclusión en las dietas mejora el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso y maximiza la eficiencia de conversión.

Por el contenido de humedad del 65% el flete juega un papel determinante en el negocio siendo factible acarrear este producto hasta 200 kilómetros. Cuanto más cerca de la refinería se sitúe un consumo menor precio de producto tendrá.

El advenimiento de plantas de etanol en la región generará una gran ventaja competitiva que se va a traducir en una baja de costos de alimentación y mejora de los índices productivos. Al mismo tiempo es de esperar que se generen otros beneficios como son la demanda de transporte, el desarrollo y crecimiento de compañías focalizadas en nutrición animal, mayor demanda de recursos humanos y como ha ocurrido en otros países el desarrollo de un polo ganadero en las adyacencias de las plantas de etanol.

### **16.7. Crecimiento del Stock ganadero de Salta<sup>86</sup>**

En la Tabla 33 se observa la evolución de los stock ganaderos de la provincia de Salta para el período 2003-2019.

Tomando como referencia la serie de años, observamos que el año 2007 se alcanzó nivel máximo de cabezas con 60.166.095 de animales de distinto tipo y características. En el año 2019, las estadísticas muestran que el stock ganadero se redujo un 11,4% con relación al 2007, a pesar que año a año muestra tasas de recuperación lentas. La situación de la Provincia de Salta muestra un desarrollo distinto, con un crecimiento sostenido casi todos los años.

En el mismo año 2007 Salta tenía censadas 881.549 cabezas, participando del 1,5% en relación al stock nacional. En el 2019 Salta crece un 62% en relación al 2007, alcanzando una producción de 1.427.711 cabezas que representan el 2,7 % en relación al Stock nacional. Sin dudas que este crecimiento del ganado bobino pudo lograrse porque la oferta creciente de pasturas como nuevos campos que se incorporaron al sistema productivo lo permitió.

---

<sup>86</sup> Fuente Dirección General de Ganadería y producción Animal  
Secretaría de Asunto Agrarios. Ministerio de Producción Salta

Tabla 33. Evolución del stock ganadero de la provincia de Salta

| Bovinos totales | Stock Nacional | Salta     | Participación Salta |
|-----------------|----------------|-----------|---------------------|
| 2003            | 57,249,759     | 562,252   | 1.0%                |
| 2004            | 58,241,824     | 615,079   | 1.1%                |
| 2005            | 58,435,991     | 692,634   | 1.2%                |
| 2006            | 59,717,057     | 758,482   | 1.3%                |
| 2007            | 60,166,095     | 881,549   | 1.5%                |
| 2008            | 57,583,122     | 968,929   | 1.7%                |
| 2009            | 54,429,911     | 1,037,024 | 1.9%                |
| 2010            | 48,949,743     | 1,019,006 | 2.1%                |
| 2011            | 47,972,661     | 1,023,955 | 2.1%                |
| 2012            | 49,865,866     | 1,054,184 | 2.1%                |
| 2013            | 50,996,397     | 1,144,059 | 2.2%                |
| 2014            | 51,646,544     | 1,076,441 | 2.1%                |
| 2015            | 51,429,848     | 1,096,664 | 2.1%                |
| 2016            | 52,636,778     | 1,173,815 | 2.2%                |
| 2017            | 53,353,787     | 1,227,823 | 2.3%                |
| 2018            | 53,929,119     | 1,348,469 | 2.5%                |
| 2019            | 53,353,787     | 1,427,711 | 2.7%                |

A partir de lo analizado precedentemente pueden generarse las condiciones para el desarrollo de un proyecto de generación de biocombustible a partir de maíz, sin poner en riesgo la disponibilidad para ganadería u otras especies. A esto se suma la generación de 80 nuevos puestos de trabajo de manera directa actividad.

### 16.8. Contribución impositiva del bioetanol de maíz<sup>87</sup>

Hoy el mercado de maíz en la Provincia de Salta solo tiene destino como alimento a ser volcado en la región o envío a puerto para exportación según las condiciones de mercado y los aranceles vigentes. En la región centro del país se ha desarrollado un fuerte núcleo agroindustrial para producir bioetanol a partir de maíz. Como este combustible de origen renovable no tributa impuestos directos, es observado como una actividad de fuertemente subsidiada. Ya se ha demostrado en capítulos anteriores lo erróneo de estas apreciaciones que lamentablemente fueron expuestas por el Secretario de

<sup>87</sup> Mitre y El campo.

Fuente FADA (Fundación Agropecuaria para el Desarrollo Argentina)

Energía, responsable de la cartera que regula y establece los criterios de producción y pago.

Las ventajas de producir bioetanol o exportar son analizadas a continuación. Los derechos de exportación son calculados, para el caso del maíz, como el 20% del precio FOB. Por esto, se encuentran directamente expuestos a la volatilidad de precios que presentan los mercados internacionales. La industria del bioetanol en muchos casos no sufre dicha volatilidad porque no depende de los precios FOB, sino de las cotizaciones internas del maíz. (siempre y cuando la cotización del maíz se desprenda de la cotización internacional)<sup>88</sup>

A continuación, se compara el aporte en términos fiscales de una tonelada de maíz exportada y una tonelada procesada para la obtención de bioetanol. De manera de reflejar el impacto de una modificación en el precio, solamente se contemplará un cambio en el precio FOB, manteniendo las demás variables constantes (Figura 29 A)

Una reducción en el precio FOB del 22% provoca una caída en la recaudación por derechos de exportación de igual magnitud, mientras que el aporte fiscal de la industria permanece casi inmutable (Figura 29 B). Por lo tanto, se deduce que los ingresos fiscales que surgen de la transformación de maíz en bioetanol son mayores y más estables que la recaudación correspondiente en concepto de derechos de exportación.



Figura 29. Comparación de recaudación entre 1 tonelada de maíz exportación vs. 1 tonelada de maíz procesado para exportación.

Por todo esto, se afirma que la cadena de valor del bioetanol de maíz permitirá un aumento de la oferta de nafta a nivel nacional, un incremento de la recaudación impositiva, un importante ahorro de divisas y el desencadenamiento de una serie de impactos socioeconómicos que se traducirán en desarrollo de aquellas regiones que la albergan.

<sup>88</sup> Nota del Autor

## **16.9. Crecimiento de la producción de maíz en el noroeste argentino<sup>89</sup> (NOA)**

De la mano de la genética, el mayor conocimiento del ambiente y un buen manejo, el potencial de la región es altísimo: puede llegar a los 15.000 kilos por hectárea. Esta y otras conclusiones fueron expuestas durante la quinta jornada que Maizar organizó en la ciudad de Salta. Ezequiel Moreno, asesor del grupo Lajitas, dijo que el avance tecnológico es muy grande. "Hoy la oferta genética es amplia y diversa", señaló. Gracias a esto, se alcanzó una ganancia en la productividad del 20%, en los últimos años.

"Por su condición climática, la zona tiene aptitud maicera y podría alcanzar entre 10.000 y 15.000 kilos por hectárea. Ya hay ensayos que superan ese número", dijo Moreno. Sin embargo, la brecha entre la capacidad y los rindes reales todavía es alta. En promedio, se llegó a los 5500 kilos por hectárea. De todos modos, es muy buen dato, ya que de 1970 a 2000 el crecimiento fue, en promedio, de 90 kilos por año.

Durante la jornada también se expusieron las limitaciones que tiene que sortear el productor para crecer y ser sustentable. El presidente de Maizar, Santiago del Solar, dijo: *"Salta tiene una enorme capacidad para producir carne a través de la transformación local del maíz. Con el costo del flete a Rosario en torno de los \$ 280 por tonelada, es importante incentivar la transformación local del cereal en carnes o en otros productos, como el etanol". Si se destrabara la comercialización de los granos, podríamos producir más maíz y tener una mejor agricultura, con rotación de los cultivos y la generación de una mayor cantidad de empleos*".

## **16.10. La importancia del maíz en la rotación<sup>90</sup>**

La recomendación de los técnicos es que el 35% del área sembrada con soja se rote anualmente con maíz. Hoy, el promedio alcanza al 19%. Si bien aumentó, todavía está lejos del ideal. Los productores siguen prefiriendo la seguridad comercial que otorga la soja.

La intensificación en la agricultura en los últimos años estuvo signada por un fuerte crecimiento de has sembradas con soja. La rentabilidad del cultivo llevo a una minimización de la rotación con cultivos de alto aporte de biomasa, provocado diversos grados de afectación en los suelos de la región.

---

<sup>89</sup> Asociación de Maíz y Sorgo Argentino. ( Maizar) Jornada en Ciudad de Salta Septiembre 2011  
Fuente Diario La Nación

<sup>90</sup> Ing. Agr. Horacio Sarlangue - EEA Balcarce – INTA Septiembre 2013. Fuente Agrositio

Este deterioro se reflejó en una caída de materia orgánica, afectación de los agregados del suelo y en sitios específicos importantes ascensos de napa freática. El hecho no fue percibido en el corto plazo por los productores pero el planchado, la densificación, el enmalezado y la pérdida de fertilidad de los suelos son aspectos que se fueron observando tanto en la región central como en la región del NOA.

Las rotaciones con maíz o sorgo debe ser tenida en cuenta ya que colabora a una mayor estabilidad edáfica, mejora el balance físico de los suelos, reduce los riesgos de aumento de la densidad en el perfil por compactación y corta el natural crecimiento de plagas y patógenos, propios de los procesos de monocultivo sin rotación. Por otro lado disminuye el riesgo comercial por una mayor diversificación de la oferta productiva. Se suma a esto las alternativas que ofrecen, tanto el grano como el rastrojo para uso ganadero.

Resumiendo, es necesario tener en cuenta diversos aspectos a la hora de decidir qué cultivos sembrar y en qué proporción. No sólo el costo es lo que se debe parte del análisis. Hemos centrado el análisis en la importancia estratégica del maíz en las rotaciones y qué se debería hacer para lograr estabilidad y rentabilidad en la empresa. Esta estrategia productiva generará por cierto una oferta de maíz mayor que la actual evitando el riesgo de faltante si el proyecto de producción de bioetanol se pusiera en marcha.

#### **16.11. Cultivo de maíz en el NOA. Diagnóstico para Salta<sup>91</sup>**

El maíz un cultivo maleable de gran potencial, que también se asocia a prácticas agrícolas sustentables y puede dar lugar al agregado de valor en origen como ningún otro. La producción de maíz tradicionalmente estuvo concentrada en las provincias cercanas al puerto, denominada zona núcleo pero, en las últimas décadas, se expandió a las provincias del NOA y NEA.

La expansión de la frontera agrícola hacia zonas más cálidas, menos fértiles y más secas se vio impulsada por los avances en genética, biotecnología y fitosanitarios, como así también tuvieron mucho impacto la siembra directa y la agricultura de precisión. En los últimos años se viene observando una mayor demanda nacional de alimentos balanceados por parte del sector pecuario (bovino, porcino y aviar), aumento en el consumo de los productos de las molineras húmeda y seca, y de los biocombustibles, proceso que puede favorecer a la cadena de maíz para el NOA, zona con desventajas competitivas con respecto a la zona núcleo.

Son representativos de estas características ambientales, los territorios de Chaco Norte, que comprende el Dpto. Rivadavia, y el centro-este de los Dptos. Gral. San Martín y Orán; y Chaco Sur que incluye los Dptos. Anta,

---

<sup>91</sup> INTA Artículo de Divulgación Autores. Gabriela Valdez Naval et al. EEA Salta Junio 2018.

Metán, Rosario de la Frontera y La Candelaria, también la porción sur de los departamentos Orán y Rivadavia Banda Sur (Figuras 30 y 30 respectivamente), los cuales han sido evaluados desde distintos aspectos relacionados a la producción de maíz.

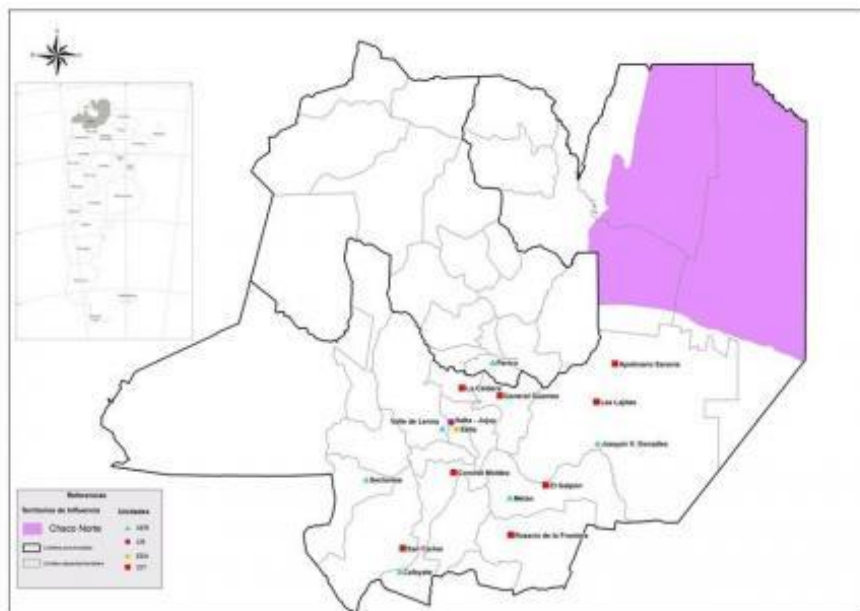


Figura 30. Maíz en la región de Chaco Norte

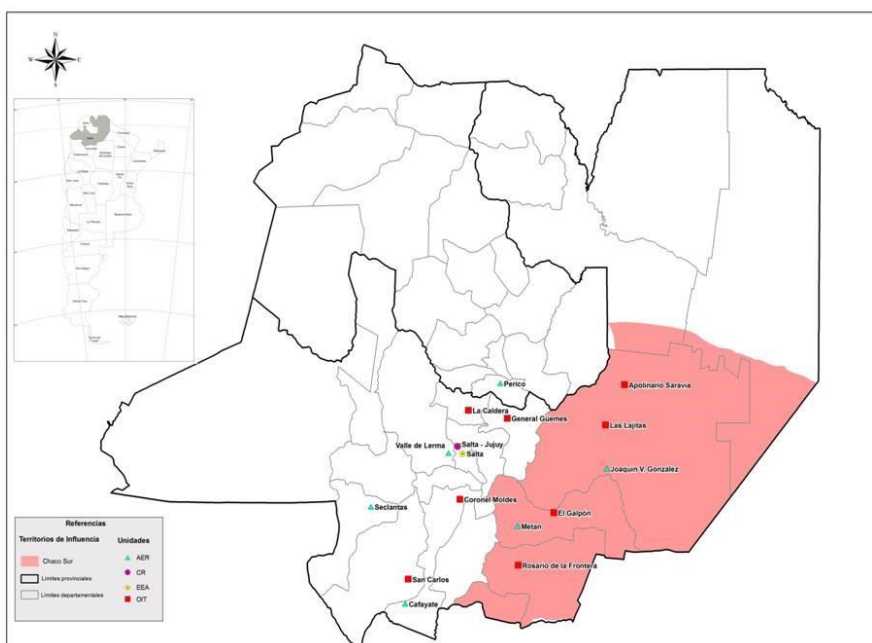


Figura 31. Maíz en la región de Chaco Sur

En la campaña 2016/2017 se destinaron 248.295 ha a la producción de maíz en la provincia de Salta, mientras que en Jujuy la superficie con este

cultivo fue de 4670 ha. Entre los años 2000 al 2010 la superficie se mantuvo por debajo de las 50.000 ha, valor que se triplicó en la campaña 2010/2011 y a partir de entonces se mantuvo en crecimiento hasta alcanzar prácticamente las 300.000 ha. Estos incrementos se debieron a precios internacionales favorables y a los avances tecnológicos generados por la investigación y la extensión privado-pública. La superficie en rotación con maíz representa el 28% del área cultivada con cultivos extensivos de verano, si bien la proporción creció un 5% en relación a la campaña 2014/2015, según evaluación del INTA, aún no se alcanza el piso mínimo del 30% en rotación de manera sostenida en el tiempo.

En la provincia de Salta, la mayor superficie sembrada con maíz corresponde al departamento de Anta (134.655 ha, campaña 2015/16), mientras que en los departamentos del Sur de la provincia (Rosario de la Frontera, Metán y La Candelaria) llegó a las 57.000 ha sembradas. En el norte de la provincia, el maíz se siembra en los departamentos de Orán y San Martín. En la campaña 2015-2016 la superficie sembrada con maíz alcanzó las 67.740 ha, valor que duplica el valor normal de 30.000 ha.

#### **16.12. Perspectivas de los actores del sector**

El maíz juega un rol importante para sumar a la sustentabilidad de la soja y el poroto como alternativa de rotación y además de emplearse como fuente de alimentación animal, ya sea de manera directa o a través de su industrialización.

Este último factor sería la alternativa para contrarrestar el efecto negativo del flete de larga distancia a los puertos. Esta capacidad de transformar en origen el maíz en proteína animal: carne de pollos, cerdos y bovinos, como también en la producción de leche y huevos permitiría sustituir y satisfacer demanda interna aun no satisfecha.

El INTA<sup>92</sup>, en el año 2017 analizó el valor agregado en Origen (VAO) a partir del modelo de producción ganadera en la provincia de Salta y se observó que las producciones ganaderas son deficitarias, pues no abastecen el consumo interno de 1,33 millones de habitantes. Las importaciones y exportaciones de insumos alimenticios lo observamos la Tabla 34.

---

<sup>92</sup> INTA Valor Agregado en Origen Mario De Simone y Damian Martortell Año 2017



Tabla 34. Importaciones y exportaciones de insumos alimenticios en la provincia de Salta

| Producción                                 | Indicador            | Cantidades | Importe<br>(Millones de U\$S) |
|--------------------------------------------|----------------------|------------|-------------------------------|
| Carne vacuna<br>(Importación)              | Toneladas            | 17,6       | (-79,2)                       |
| Carne de pollo<br>(Importación)            | Toneladas            | 33         | (-44)                         |
| Carne de cerdo<br>(Importación)            | Toneladas            | 1,2        | (-8,6)                        |
| Leche<br>(Importación)                     | Millones de litros   | 124        | (-62)                         |
| Huevo<br>(Exportación)                     | Millones de unidades | 122        | + 21                          |
| Total Importación                          |                      |            | (-193,8)                      |
| Total Exportación                          |                      |            | + 21                          |
| Resultado de la balanza comercial de Salta |                      |            | (-172,8)                      |

El agregado de valor sería una herramienta para el desarrollo del interior de la Provincia generando empleo y mayor actividad económica. El NOA debe recuperar su capacidad de ahorro reduciendo la importación de productos que pueden ser generados en la región y equilibrar su balanza alimenticia.

Productores y actores involucrados en cada actividad señalaron como prioritario la articulación de las instituciones públicas y el gobierno con el sector privado para un trabajo conjunto que permita avanzar en mejoras de planificación, proyectos largo plazo, educación, infraestructura y asociativismo entre los actores de cada cadena de valor.

### 16.13. Desarrollo Industrial e impacto social<sup>93</sup>

Las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) fueron definidas según la metodología utilizada en "La pobreza en la Argentina" (Serie Estudios INDEC. N°1, Buenos Aires, 1984). Los hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) son los hogares que presentan al menos uno de los siguientes indicadores

1. Hacinamiento: hogares que tuvieran más de tres personas por cuarto.
2. Vivienda: hogares en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo).
3. Condiciones sanitarias: hogares que no tuvieran ningún tipo de retrete.
4. Asistencia escolar: hogares que tuvieran algún niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asista a la escuela.

<sup>93</sup> Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas

5. Capacidad de subsistencia: hogares que tuvieran cuatro o más personas por miembro ocupado y, además, cuyo jefe no haya completado tercer grado de escolaridad primaria.

Esto es evaluado y ponderado para determinar el nivel de necesidades básicas Insatisfechas. El censo nacional permite identificarlas y ponderar su incidencia.

La Tabla 35 nos aporta información y cambios entre dos periodos de evaluación. El interior de la Provincia muestra índices de NBI con mejoras entre los años 2001 y 2010. Esto sin dudas estuvo influenciado por el rol del Estado por un lado, acompañado con mejoras de la actividad económica.

A pesar de ello, algunos mantienen condiciones de alto nivel de insatisfacción y un caso a ser observado como es el de General Pizarro, casi duplicando el total de hogares y aumentando 2,7 porcentuales el valor de NBI. Esta localidad está inserta en la región núcleo de producción de maíz por lo que crecer en desarrollos agroindustriales debería ser un objetivo estratégico para la región.

Tabla 35: Análisis de la situación social de la Provincia de Salta

| Localidad                 | Censo 2001     |               |             | Censo 2010     |               |             |
|---------------------------|----------------|---------------|-------------|----------------|---------------|-------------|
|                           | Hogares        | con NBI       | %           | Hogares        | con NBI       | %           |
| <b>Provincia de Salta</b> | <b>241.407</b> | <b>66.434</b> | <b>27,5</b> | <b>299.794</b> | <b>58.259</b> | <b>19,4</b> |
| <b>Anta</b>               | <b>11.289</b>  | <b>4.152</b>  | <b>36,8</b> | <b>13.688</b>  | <b>3.808</b>  | <b>27,8</b> |
| Apolinario Saravia        | 1.912          | 782           | 40,9        | 2.271          | 683           | 30,1        |
| El Quebrachal             | 2.809          | 801           | 28,5        | 2.742          | 712           | 26,0        |
| General Pizarro           | 595            | 279           | 46,9        | 1.053          | 522           | 49,6        |
| J.V. Gonzalez             | 4.092          | 1.537         | 37,6        | 4.988          | 1.176         | 23,6        |
| Las Lajitas               | 1.881          | 753           | 40,0        | 2.634          | 715           | 27,1        |
| <b>Rivadavia</b>          | <b>5.667</b>   | <b>3.300</b>  | <b>58,2</b> | <b>7.154</b>   | <b>3.510</b>  | <b>49,1</b> |
| Riv. Banda Norte          | 2.045          | 968           | 47,3        | 2.560          | 951           | 37,1        |
| Riv. Banda Sur            | 1.723          | 1.026         | 59,5        | 2.109          | 1.053         | 49,9        |
| S. Victoria Este          | 1.899          | 1.306         | 68,8        | 2.485          | 1.506         | 60,6        |

## 16.14 Conclusiones

Salta cuenta con las condiciones para la producción de biocombustibles en dos cuencas maiceras perfectamente identificadas. La asociatividad con una creciente demanda cárnica integra y genera valor agregado a ambas cadenas de valor. Es necesario por ello aumentar el nivel de corte de bioetanol a las naftas y asignar los cupos en correspondencia a las capacidades productivas de la región. Esto deberá estar asociado a una nueva ley marco

que de no solo asigne volúmenes sino también defina la metodología de retribución que garantice la rentabilidad del biocombustible que se produzca.

Es necesario que desde el Estado Nacional se definan políticas públicas que colaboren con el desarrollo regional del NOA. No son demandas de subsidiariedad, son demandas de condiciones estables y consensuadas que permitan que las ventajas competitivas de la región dinamicen y generen desarrollo social y mejoras económicas que impacten de manera directa en la región.

## **17. MODELOS DE GESTIÓN DE EFLUENTE**

Toda producción agrícola e industrial genera como resultados excedentes de distintos tipos. Tanto el volumen como el tipo de excedentes y los que puede obtenerse a partir de ellos es variado. Volúmenes altos implica que gran parte de la materia prima que le dio origen no termina en el producto. Hoy todos los procesos están siendo evaluados con un criterio nuevo y diferente donde los efluentes y su gestión son parte del proceso integral. No basta la calidad y el costo de un determinado producto.

La sociedad evalúa los recursos aplicados para su producción, la energía y tipo de ella utilizada para su elaboración como también los excedentes que se generan y el uso que hacemos de ellos. En este análisis los efluentes ocupan un espacio cada vez mayor, incorporándolos a una cadena de producción que en muchos casos implica transformar un pasivo en un activo tangible y de valor. En muchos casos implica reducir el uso de recursos vírgenes generando un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa.

Este concepto hoy se lo conoce con el nombre de economía circular<sup>94</sup> cuya estrategia tiene como objetivo reducir tanto el uso de materia prima como la producción de desechos, generando una circuito productivo sostenido por tres conceptos simples: Reducción de recursos, Reutilización y Reciclado (3R).

En este capítulo analizaremos los procesos agrícolas Industriales para la producción de bioetanol en la Argentina y los distintos modelos de gestión como también evaluaremos las alternativas tecnológicas de tratamiento de residuos que estén alineados al concepto de economía circular. Se analizará no solo las mejoras de carácter estrictamente ambiental sino también mejoras en la rentabilidad de las empresas.

La producción de bioetanol en Argentina se produce a partir de dos cultivos que sirve de materia prima para la producción de alcohol. Estos cultivos, el maíz y la caña de azúcar, luego de la molienda de la materia prima,

---

<sup>94</sup> Economía Circular: Optimiza la utilización de los flujos de materia y energía tomando como base el funcionamiento de los ecosistemas. Aplica 3 principios básicos. Reducir, Reutilizar y Reciclar (3R)

generan fluidos que derivan, en su etapa final, en la fermentación y destilación de la cual se obtiene el alcohol. Estos procesos dan lugar a distintos tipos de efluentes que permiten alcanzar distintos resultados. Evaluaremos la administración de los efluentes diferenciándolos según sea gestión de efluentes o tratamiento de efluentes.

Se entiende por gestión de efluentes el proceso de administrar el efluente en sectores agrícolas, mediante distintas alternativas, entre las que se destacan fertilización, fertirrigación, evaporación o enmienda de suelo.

Por tratamiento se entienden inversiones tecnológicas que permitan transformar la carga orgánica del efluente en energía térmica o eléctrica y generando residuos orgánicos aptos para fertilización.

En este capítulo se desarrollarán los siguientes temas:

1. Gestión de efluentes de producción Bioetanol de Maíz
2. Gestión de efluentes de producción de Bioetanol de Caña de Azúcar
3. Tratamiento de efluentes
4. Inversiones requeridas

### **17.1. Gestión de efluentes de la producción de bioetanol de maíz**

Los efluentes generados al producir bioetanol a partir de maíz los hemos analizado y evaluado extensamente en capítulos anteriores. De todos modos y de manera resumida recordamos que los excedentes del proceso son los granos destilados y sólidos solubles que nos es otra cosa que la vinaza concentrada. Ambos forman la burlanda que puede ser seca o húmeda. Se la conoce como WDGS (burlanda húmeda) o DDGS (burlanda seca). La vinaza que originalmente tiene un 95% de agua y un 5% de sólidos debe ser sometida a un proceso de evaporación hasta alcanzar una concentración del 40 % previo al mezclado con los granos de destilería.

Para obtener burlanda seca se requiere una importante cantidad de energía. Este proceso con evaporación de vinaza y secado de la burlanda mejora las condiciones de comercialización y reduce el costo logístico de transportar productos con altos contenidos de humedad. También el producto es menos perecedero y puede tener un periodo de almacenajes mayor sin deteriorarse.

En una planta<sup>95</sup> con una capacidad de producir 125.000 m<sup>3</sup>/año de bioetanol, ingresan 40 camiones de maíz por día y se retiran otros 35 con burlanda húmeda más los 12 camiones con bioetanol. Sumado a esto se

---

<sup>95</sup> Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrarias. Producción de maíz para bioetanol en la zona de Las Junturas. Autora; Aimar Betiana Marisel.

generan 8 Mw/hora de los cuales cinco son utilizados en la planta y tres son ofrecidos al sistema público de energía.

Como resumen, los efluentes del proceso se integran con la cadena cárnica agregando valor y calidad alimentaria.

## **17.2. Gestión de efluentes de la producción de bioetanol de Caña de Azúcar**

El proceso de producción de bioetanol a partir de caña de azúcar es distinto y el efluente más importante es la vinaza en una relación vinaza:alcohol de 10:1 a 12:1 según la materia prima sea jugo o mieles ricas en azúcar o melaza que no es más que mieles agotadas con bajo contenido de azúcar.

Debe además sumarse al análisis de la gestión de efluentes a la cachaza, que es un residuo del proceso de producción de azúcar con alto contenido de materia orgánica, siendo este un complemento importante en la gestión de efluente de la industria en general.

### 17.2.1. Gestión de la vinaza en Salta y Jujuy

Hoy casi toda la industria azucarera opera bajo el modelo de gestión de la vinaza. Este proceso está directamente relacionada a la disposición de los efluentes en tierras bajo cultivo u otras formas de disposición. También la vinaza puede ser dispuesta en sitios de almacenaje y acumulación como piletas de evaporación o distribuida y aplicada en predios de compostaje juntos con otros derivados de la industria azucarera. Las aplicaciones en áreas bajo cultivo requieren contar con una amplia superficie disponible para desarrollar esta estrategia.

Las Provincia que son productoras de bioetanol son Jujuy, Salta y Tucumán<sup>96</sup> y presentan condiciones distintas en sus estructuras productivas, lo que incide en las distintas prácticas de gestión de vinaza.

Los cuatro ingenios productores de bioetanol en Salta y Jujuy son propietarios de los campos aledaños a las industrias. Son titulares aproximadamente del 80 % de la materia prima que se procesa, lo que les permite contar con autonomía territorial para la gestión de vinaza.

Adicionalmente a estas ventajas, en tres de los cuatro ingenios del NOA, parte del año la vinaza es retirada desde la industria a través de canales que derivan a sectores de cultivo para irrigación. En dos Ingenios se suma a estos caudales la cachaza, con el beneficio que acarrea la disposición conjunta de

---

<sup>96</sup> Ministerio de Hacienda y Finanzas. Cadena de valor del azúcar. Dirección Nacional de Planificación sectorial Datos censo nacional Agropecuario

ambos efluentes. Esta práctica es aplicada en los Ingenios Ledesma, Rio Grande durante el periodo de riego coincidente con la molienda de caña

En estos Ingenios también hay prácticas diferenciales según sea el periodo de destilación. En San Isidro, Seaboard, (Ex Ingenio Tabacal) y Rio grande, el periodo de destilación casi coincide con el periodo de molienda, que además coincide en gran parte con el periodo de riego. Ledesma extiende su periodo de destilación a partir de los beneficios que otorga contar con una agroindustria diversificada, lo que explicaremos más adelante.

En Tucumán se opera bajo una condición muy diferente ya que los ingenios no son en general titulares de las tierras o las que poseen se encuentran en un radio de dispersión importante y no siempre aledaña al Ingenio. El tamaño de las explotaciones agrícolas también muestra una condición de estructura productiva muy diferente. Esto lo observamos en la Figura 32.

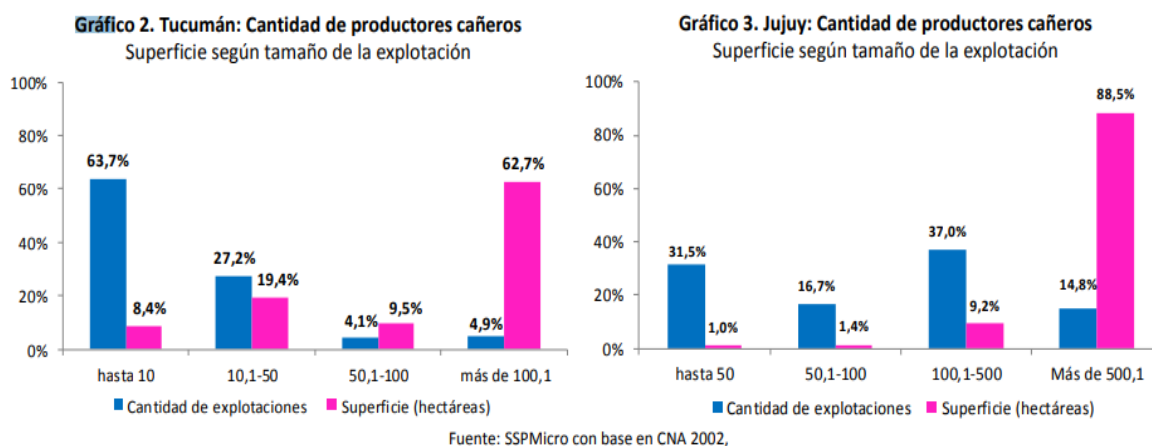


Figura 32. Productores cañeros y superficie según tamaño

En Tucumán existen 5.400 productores de caña de azúcar. En Jujuy se registraban 54 explotaciones. En Salta operan una veintena de cañeros. En la figura 1 observamos que en el caso de Tucumán 5 % de los cañeros con superficie mayores a 100 has aportan el 62,7 % de la materia prima según el censo agropecuario del 2002. Esa situación desde ese año a la fecha muestra una concentración aun mayor, lo que podrá ser evaluado con la información del censo agropecuario 2018/2019. La distribución de la tenencia de la tierra sin dudas que determina y modela el sistema de gestión de efluentes. Analizaremos por ello la gestión en Ingenios de cada Empresa.

### 17.2.1.1. Gestión de Vinaza en Empresa Seabord. Energía renovable y alimentos

A diferencias de los otros Ingenios del Salta y Jujuy, el emplazamiento Industrial se encuentra en la parte baja del área productiva del Ingenio, no contando con áreas de producción de caña en campos que permitieran derivar y distribuir los efluentes industriales. Esta ubicación geográfica de la planta industrial llevo a que se desarrollaran e implementaran alternativas de manejo que dieran solución a esta situación. Las piletas de evaporación, práctica hoy extendida en varios ingenios de la región nació y se diseñó primeramente en el ex Ingenio Tabacal a causa de lo antedicho.

La Planta de Tratamiento de vinaza consta de una superficie de 32 ha. Opera allí un sistema de aspersion forzada el cual reduce el volumen inicial de la vinaza a través de la evaporación que se logra al exponer micro gotas al ambiente y generar una condición favorable de reducción de volumen a causa de la transferencia a fase gaseosa del agua contenida en la vinaza.

El ingreso promedio de vinaza a la planta de tratamiento es de unos 250 m<sup>3</sup>/hora (unos 6.000.000 litros/día), la cual viene conducida por un canal de mampostería recubierto por una geomembrana de 750 micrones, en un largo de 2,5 km. La vinaza concurre a una cámara desde donde es impulsada por un equipo de tres bombas las cuales la presurizan a un sistema de cañerías que rematan en aspersores, los cuales atomizan 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 como valor promedio en el año. El efluente resultante de las dos aspersiones permite una concentración de sólidos de 3°brix a 8°brix. De esta manera se reduce el volumen a transportar y por ende más eficiente su manejo posterior.

La vinaza que sale del sistema puede seguir tres caminos, a saber:

- Almacenarse en piletas de evaporación natural, hasta la pérdida total de la fase liquida, aprovechando la condición de un déficit hídrico superior a 800 mm anuales.
- Derivarse a pista de compostaje donde se han trasladado los volúmenes de cachaza, fibras de caña y cenizas retiradas desde Ingenio. Este compost restituirá nutrientes al cultivo al ser aplicados a campo post cosecha.

- Aplicación de vinaza directa a campo bajo la práctica de fertirriego de la caña, aportando materia orgánica, potasio, fosforo y nitrógeno.

Este modelo de gestión es validado cada cuatro meses a través de auditorías ambientales de suelo y de agua de freática, corroborando buenas prácticas agrícolas de disposición y gestión de efluentes.

En noviembre del 2011, a Tabacal Agroindustria le fue otorgado el premio a la iniciativa que permite reutilizar los residuos agroindustriales como una solución estratégica ambientalmente sustentable. Así lo decidió la Cámara de Comercio de los Estados Unidos de América en la Argentina (AmCham), por la implementación del proyecto: “Residuos de la fabricación de Azúcar, Alcohol y Energía Eléctrica: de pasivo ambiental a Abonos Orgánicos, un proceso sustentable”. Tabacal Agroindustria concursó en la modalidad Prácticas de Responsabilidad Empresarial (PRSE), dentro de la categoría Medio Ambiente.

#### 17.2.1.2. Gestión de Vinaza en Empresa Ledesma SAAI

En Ingenio Ledesma el periodo de destilación es extendido ya que cuentan con importante reservorios de melaza lo que les permite operar durante 330 días al año. Esta extensión se debe también al beneficio energético de contar con una planta de generación de energía que abastece a la planta de Papel, a la Refinería de Azúcar y a la que se suma la Destilería. Esto permite seguir operando con vapor a contrapresión y no a condensación. Este modo de integración energética impacta en el costo de la energía demandada. Si la planta de generación de energía operara a condensación como ocurre con otras plantas fuera del periodo de molienda, el costo sería mayor y la eficiencia energética menor.

Otro beneficio de tener un periodo extendido de destilación es el de utilizar la estructura industrial casi todo el año. Operar una planta de menor capacidad de producción diaria pero en funciones 11 meses al año, otorga los beneficios de escala que se pierden con la concentración estacional. Esto también incide en la estructura de costos de manera positiva. Como desventaja de este modelo de producción se observa el hecho de destilar en periodo de lluvia donde no hay posibilidades de derivar el efluente a sectores agrícolas. Esta es la razón que obliga a disponer parte de lo producido en reservorios de evaporación y concentración, no en disposición a campo. En Ledesma SAAI la vinaza tiene cuatro destinos fundamentales, según la época del año:

- Riego por aspersión con cañón rollapi, aproximadamente un 22%.
- Riego por gravedad diluida junto con cachaza, efluente de fábrica de azúcar, aproximadamente se dispone un 26%.
- Aplicación en áreas no productivas con equipo de aspersión con cañón rollapi, aproximadamente un 24%.



- Derivación a piletas de evaporación aproximadamente el 28% del volumen.

Esto lo observamos en la Figura 33 donde se resume la gestión otorgada durante todo el periodo de funcionamiento de la destilería.

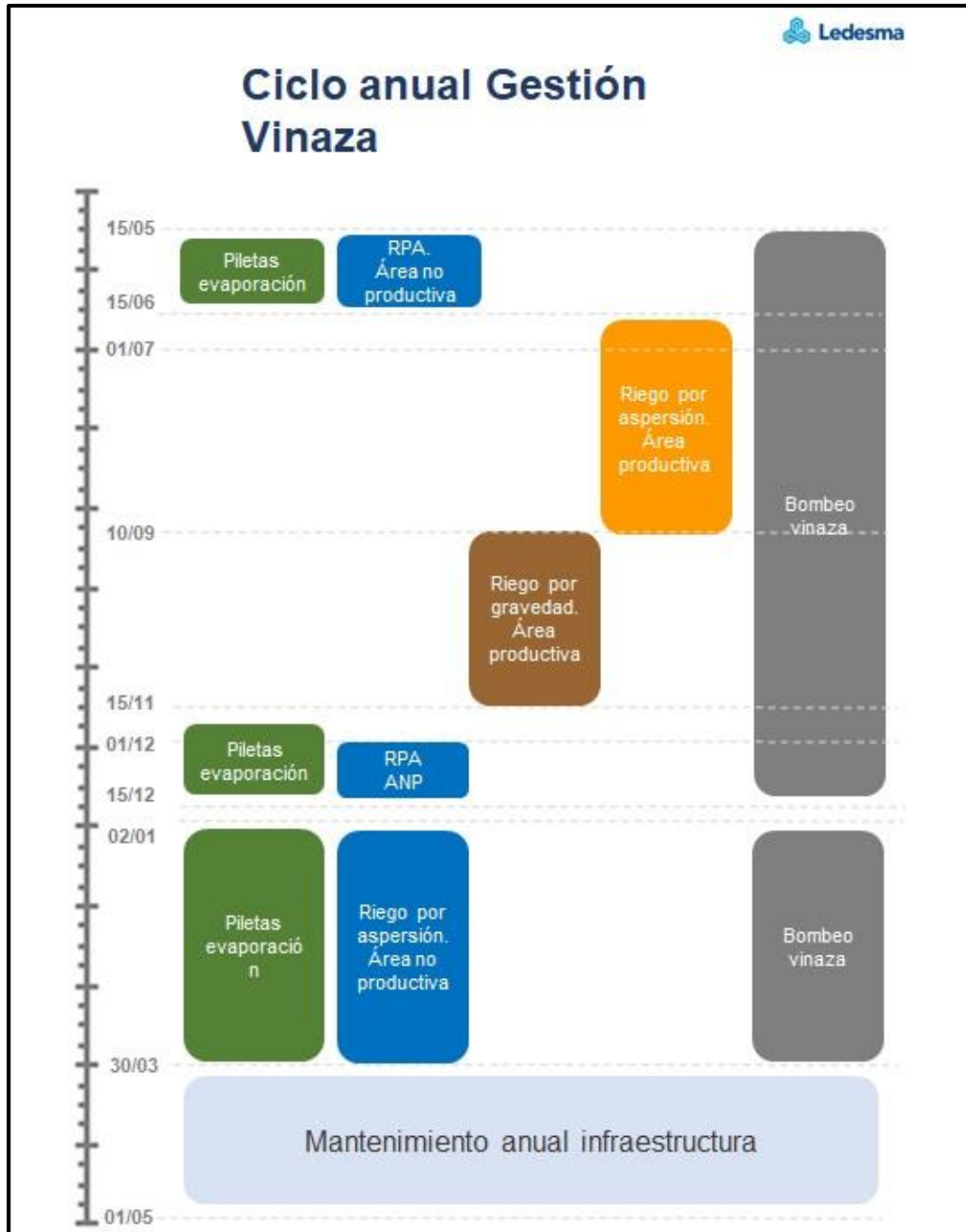


Figura 33. Distribución de sistemas de gestión según periodos

La Tabla 36 permite cuantificar la ventaja que otorga el déficit hídrico en la región, donde los Ingenios de Salta y Jujuy desarrollan sus actividades. El proceso de evaporación absolutamente natural, aun estimando un nivel de precipitación un 30% superior a la media histórica, permite estimar que de una hectárea se evaporarían casi 5000 m<sup>3</sup> de agua contenida en la vinaza a lo largo

de un año. El residuo sólido remanente en el fondo de la laguna es de gran valor para ser retirado e incorporado a un sistema de compostaje o ser aplicado directa a campo dosificándolo en función de la concentración salina principalmente.

Tabla 36. Balance Hídrico. Evaporación acumulada

| Mes        | Evapor. (mm) | Lluvia Prom. (mm) | Lluvia Prom.* 1,3 (mm) | mm evapor. neta | evapor neta (M <sup>3</sup> /ha) |
|------------|--------------|-------------------|------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Mayo       | 80           | 24                | 31                     | -49             | -488                             |
| Junio      | 60           | 8                 | 10                     | -49             | -491                             |
| Julio      | 59           | 5                 | 6                      | -53             | -527                             |
| Agosto     | 77           | 5                 | 7                      | -70             | -697                             |
| Septiembre | 113          | 6                 | 8                      | -105            | -1048                            |
| Octubre    | 158          | 32                | 41                     | -117            | -1171                            |
| Noviembre  | 192          | 74                | 96                     | -96             | -958                             |
| Diciembre  | 213          | 125               | 163                    | -50             | -503                             |
| Enero      | 222          | 189               | 246                    | 24              | 240                              |
| Febrero    | 190          | 172               | 224                    | 34              | 337                              |
| Marzo      | 171          | 166               | 216                    | 45              | 449                              |
| Abril      | 108          | 73                | 95                     | -12             | -124                             |
| Total      | <b>1642</b>  | <b>880</b>        | <b>1144</b>            | -498            | <b>-4981</b>                     |

Entre las alternativas descritas está la de riego por gravedad, diluyendo la vinaza junto con la cachaza que se retira por vía acuosa a través de las aguas de refrigeración. Con una dilución 20:1 (Agua:Vinaza) las 8.000 has con caña y con dominio de riego con agua industriales permite sumar a la vinaza como complemento en esta práctica.

Un ejemplo de ello se puede identificar sin duda alguna en experiencias a campo a nivel comercial en amplias superficies. Un caso testigo se pudo identificar en Ingenio Ledesma.

El Ingenio contaba con 500 has de baja fertilidad edáfica y valores de producción ubicados en el percentil productivo de menor valor. Una nueva obra hidráulica permitió incorporar dicha superficie para ser irrigada con aguas con cachaza y vinazas incorporadas, regando por primera vez estos sectores en el año 2002.

La información de promedio de varios años da consistencia a la información de producción de periodos previos como a los datos de resultados posterior a los cambios. Muestreos de suelos permitieron verificar aumento de hasta un 70% en el contenido de materia orgánica como también incrementos en la concentración de potasio (principalmente), fosforo y nitrógeno. A consecuencias de ello se observó una significativa mejora en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, el cual, es un buen indicador de la fertilidad química del mismo.

Esto se refleja en la Tabla 37, a partir de un subsector de 56 has y con datos comparativos entre ambos periodos, asociados a variedad, fecha de cosecha y otros procesos de producción propios del sector.

Tabla 37: Analisis de resultados antes y despues de regar con efluentes industriales<sup>97</sup>

| Periodo            | Superficie | TCH   | Rendimiento % | TAzH |
|--------------------|------------|-------|---------------|------|
| Promedio 1996-2001 | 56,86      | 60,69 | 11,21         | 6,87 |
| Promedio 2003-2016 | 58,56      | 90,88 | 9,8           | 8,94 |

El aporte de efluente tiene como contrapartida una reducción y afectación en la madurez de la caña afectando la concentración de azúcar % caña pero el incremento de producción por tonelada de caña/ha (TCH) compensa con creces los resultados finales, alcanzando un incremento de algo más de 2 toneladas/ azúcar/ha (TAzH), sumándose a ello el volumen mayor de fibra de caña por ha. que en términos energéticos es una importante contribución adicional.

Para corroborar lo antedicho, en el Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México, en el área de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, se desarrollaron experiencias y evaluaciones del impacto que las aplicaciones de cachaza y vinaza tendrían sobre el cultivo de la caña de azúcar<sup>98</sup>. Sus conclusiones fueron las siguientes:

La aplicación de cachaza al suelo tiene efectos positivos en su calidad principalmente en la estructura, infiltración y retención de agua. Estimula la formación de agregados, el reciclaje de N, P, K, Ca, Mg, el desarrollo radical y la actividad microbiológica. Además, la vinaza beneficia al suelo al aportar una gran cantidad de K y materia orgánica. Estimula el crecimiento profundo del sistema radical, favorece la infiltración de agua, aumenta la actividad microbiológica y el intercambio gaseoso del subsuelo. La vinaza, presenta además la ventaja de ser líquida, satisfacer necesidades hídricas, contenido de materia orgánica y K, principalmente.

### 17.2.1.3. Gestión de Vinaza en Empresa Rio Grande S.A.

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 2.700 has de campos con cultivo de caña de azúcar aguas abajo del emplazamiento de la planta de alcohol. Este le permite incorporar los

<sup>97</sup> Ingenio Ledesma. Departamento de Caña Ledesma. Unidad Ecológica 09

<sup>98</sup> Ismael Quiroz Guerrero y Arturo Pérez Vázquez . Revista. Mexicana de Ciencias. Agrícolas. Publicación Especial Número. 5, Mayo, 2013 Veracruz; México.

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.

La dilución de la vinaza en agua se propone sea de 1:15 o 1:20. El caudal que desde la Industria se deriva al campo es muy superior, manteniendo una relación 50:1. 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 según información del Ingeniero Agrónomo Martin Capobianco<sup>99</sup>, miembro del Staff del dicho Ingenio.

#### 17.2.1.4. Gestión de Vinaza en Empresa San Isidro S.A.

Ingenio San Isidro en Argentina lidera la producción de azúcar orgánica en el País. Es la empresa que produce el mayor volumen de azúcar libre que sustancias química sintéticas. Su puesta en marcha luego de su reapertura en el año 1998 definió como objetivo estratégico liderar este segmento del mercado con foco en el mercado externo principalmente. La producción de azúcar orgánica impide el uso de agroquímicos y fertilizantes sintéticos en el sector agrícola como también cualquier tipo de químicos en los procesos industriales. Solo pueden usarse productos de origen orgánico provenientes de fuentes naturales.

A partir de estos estrictos requerimientos, cobran especial relevancia potenciar el uso de nutrientes proveniente de la misma producción de caña y su industrialización. La cachaza, fibras de caña y cenizas que provienen de la combustión de fibra de caña en calderas son la materia prima para la producción de compost. La vinaza es uno de los principales contribuyentes a la producción de esta fuente de nutrición donde aportando materia orgánica por un lado pero también los requerimientos de nitrógeno, fosforo, potasio y otros micronutrientes que la caña requiere para su normal desarrollo. Todos estos elementos son aportados a partir de compuestos naturales.

La vinaza también es aportada al cultivo vía fertirriego junto con la aguas industriales pero en este caso sin el aporte de la cachaza.

Cuentan con 3.500 has de caña de las cuales, más del 50% de esta superficie tiene dominio de las aguas industriales a las que se suman aguas de tomas de ríos que permite que el porcentaje de vinaza que pasa a fertirriego mantenga alta dilución.

---

<sup>99</sup> Gerente Agrícola Ingenio Rio Grande , La Mendieta , Jujuy

El plan de trabajo para el ejercicio próximo es recuperar la producción de compost a plena capacidad y que toda la vinaza que se generara desde la destilería sea derivada hacia las pistas de compostaje, previo paso por lagunas de evaporación si fuera necesario. De esta manera la vinaza pasa a incorporarse como un activo de enmienda orgánica y nutrición.

Con el fin de desarrollar el proyecto de compostaje, todos los residuos orgánicos sólidos son retirados y derivados a la pista de compostaje. Al cabo de aproximadamente 60 días los residuos industriales en fase sólida y líquida se transforman en enmienda orgánica, activo indispensable para la producción de caña.

### 17.2.2. Gestión de la vinaza en Tucumán

La estructura productiva de los cañeros de Tucumán<sup>100</sup> muestran una importante presencia de productores minifundistas cañeros, un estrato de productores independientes de medianos a grandes, e ingenios integrados verticalmente. De acuerdo a la inscripción en maquila, en Tucumán, existían 6.357 productores cañeros, de los cuales aproximadamente 4.800 tenían menos de 50 has. Por otra parte, se estima que los productores grandes concentraban el 25% de la tierra y los ingenios un 50%. Durante el período 2011-2014 estos dos últimos segmentos han aumentado la superficie plantada con caña en 50.000 hectáreas. La tenencia de la tierra no tiene la misma integración con quienes son titulares de la Industria como en los casos de Salta y Jujuy, lo que lleva a que la gestión de efluentes deba operar bajo modelos de gestión distintos.

Lo señalado precedentemente, visto desde los primeros años de promulgada la ley de biocombustible muestra desempeños que fueron modificándose según los resultados y los impactos que la misma actividad fue generando.

Tucumán fue la Provincia que con mayor celeridad dinamizó la producción de alcohol al amparo de la ley de promoción de biocombustibles. Este crecimiento no estuvo acompañado en igual medida con las inversiones requeridas para la administración del efluente generado y los impactos en el entorno natural fueron significativos. Las crónicas periodísticas, los reclamos de la sociedad en general y las numerosas acciones ante la Justicia que la sociedad civil llevó adelante son una muestra de la falta de acciones que mitigaran los impactos que los efluentes generaban.

Es necesario señalar que no solo se identificaron procesos de contaminación del sector sucroalcolero sino de varias actividades productivas de la provincia como también los impactos de los efluentes domiciliarios de los

---

<sup>100</sup> Ministerio de Hacienda y Finanzas. Cadena de valor del azúcar. Dirección Nacional de Planificación sectorial Datos censo nacional Agropecuario

centros urbanos derivados a cauces hídricos que concurrían a la cuenca principal Sali-Dulce.

El momento en que los problemas de la vinaza tuvieron un abordamiento con miras a modificarse, fue poco después del reclamo que la Provincia de Santiago del Estero interpuso ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación. Esta presentación y el posterior convenio para realizar controles compartidos entre ambas Provincias y Ministerio de Ambiente de la Nación, con la obligatoriedad de elevar resultados a la Corte, de alguna manera mostro importantes avances, que aunque no hayan alcanzado la madurez y los resultados finales que se esperan alcanzar el futuro, muestra la decisión de trabajar en un marco regulado y con controles por parte del estado como custodio indispensable de las buenas prácticas a ser implementadas.

El 30 de marzo de 2017, la Secretaria de Medio Ambiente de Tucumán (SEMA) a través del Decreto 148/17 resuelve aprobar el Protocolo de Presentación, Autorización y Fiscalización del sistema de aplicación de vinaza en suelo. Este decreto en sus distintos artículos integra casi todas las resoluciones que el SEMA desde el año 2011 viene elaborando y de alguna manera permite establecer los mecanismos y procedimientos que deberán cumplirse por parte de las empresas productoras de Biocombustibles. Esta reglamentación exige que el 1° de abril de cada año como fecha límite, cada empresa o persona jurídica productora de bioetanol, informe volumen de producción mes a mes y anualizado, sitios y alternativas de disposición del efluente generado, volumen de efluentes aplicado por sitio y método y georeferenciación de los predios donde la aplicación de vinaza se llevara a cabo.

La SEMA a su vez en los últimos años fue incorporando estructuras informáticas como equipos de control y medición de parámetros ambientales de interés, que le permiten tener en tiempo real la situación en las salidas desde cada industria como también monitoreos en puntos de vuelco a cauce público de alta sensibilidad. A la red de información y tramado de la distribución de los equipos se adiciona la capacidad de transmitir en tiempo real a una central de monitoreo que permite tener trazabilidad de la información en sitio específico.

Esta información permite contar con datos en tiempo real como también historiar la información de un punto determinado en el tiempo. Cuenta con una red de información, equipos de control automatizados en sitios críticos de vuelco a cauce público como también en cada punto de origen donde se elabora el bioetanol. Los equipos instalados controlan parámetros ambientales de proceso y remiten en tiempo real o periódicamente, toda información relevada. Esta información concurre una central que analiza e integra la misma con estándares de referencia, evaluando valores normales y valores fuera de estándar.

A nivel nacional, la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable publicó la resolución 232-2019 que en el marco que la ley de Presupuestos Mínimos resuelve temas asociados al control de la vinaza y su trazabilidad hasta si disposición en suelo u otras alternativas posibles. Las provincias como natural autoridad de aplicación emitirán un certificado de buenas prácticas cuyos lineamientos se han descripto en los respectivos anexos de esta resolución. El certificado otorgado por cada autoridad de aplicación provincial, habilitara a las empresas oferentes de biocombustibles a comercializar el mismo con las empresas petroleras.

#### 17.2.2.1 Gestión de la vinaza en Empresa Los Balcanes S. A.

La Empresa Azucarera los Balcanes a través de Bioenergía La Florida SA produjo 122.700 m<sup>3</sup> de bioetanol durante el ejercicio 2018, siendo el Ingenio Florida de mayor producción a nivel Provincial. El Ingenio Florida, como comúnmente se lo reconoce, realizó inversiones que le permiten administrar tanto la vinaza como sus residuos sólidos en un predio de 185 ha Dicho predio se encuentra distante a 5 kilómetros del emplazamiento Industrial.

La vinaza generada en el proceso de producción de alcohol es derivada en la industria a una etapa de concentración del orden del 30 al 35% de reducción de volumen. Esto permite alcanzar una relación de 6,8 litros de vinaza en relación a cada litro de alcohol producido, habiendo partido de una relación 10:1.

El proceso de concentración hoy funciona con su capacidad reducida. Cuando los evaporadores de múltiple efecto estén plenamente operativos permitirá alcanzar una concentración de 1,8 litros de vinaza por cada litro de alcohol, lo que representa alcanzar una reducción de volumen del 80%.

La vinaza una vez concentrada luego de la destilación es derivada a un predio de 185 ha siendo transportada por un vinazoducto de 8,5 kilómetros. Por cuestiones topográficas, solo en un sus inicios requiere un bombeo de mínima presión que permita superar un punto de mayor nivel altimétrico. Desde allí se desplaza gravitacionalmente por diferencia de nivel positivo hasta el predio de disposición y gestión de efluentes agroindustriales

El predio está dividido según funciones operativas en tres áreas funcionales:

- 32 ha del predio de aireación forzada a través del bombeo y asperjado del efluente. Cuenta con 7 bombas de 30 HP de las cuales operan simultáneamente tres de ellas. Impulsan el efluente hacia columnas de 8 metros que en su parte superior tienen aspersores evaporadores. Se busca obtener micro gotas, que expuestas al ambiente, reduzcan el volumen de agua. Este proceso

gana eficiencia cuanto menor es la humedad ambiente y se presentan jornadas de altas temperaturas.

- 33 ha de pista de compostaje que incluye tres hectáreas como sitio de maniobras e instalaciones. Allí se concentran efluentes sólidos que son retirados desde el sector industrial. Para ello cuenta con 12 camiones con bateas de 25 m<sup>3</sup>. Estos residuos lo integran la cachaza, cenizas de calderas provenientes de lavadores de gases retenidas en tres filtros de malla como también cenizas de grilla de calderas. A esto se suman fibras excedentes del proceso que no son derivadas al proceso de combustión. Estos materiales darán lugar al futuro compost con el aporte de vinaza durante su etapa de elaboración. Esta proviene del proceso de doble concentración. Para transportarla y distribuirlas a lo largo de las pilas de compostaje cuentan con camiones tanques con los que cierran el circuito para el desarrollo y elaboración de la futura enmienda. Destacamos que en el entorno del predio Industrial se construyeron los tres filtros de malla de nueve metros de altura y 45 metro de diámetro cada uno, los cuales reciben el agua de lavadores de gases, operando dos simultáneamente y unos en proceso de vaciado y limpieza. En dichos filtros quedan retenidas la fase sólida que el agua del lavado de gases de chimeneas transporta, retornando esta, ya limpia y filtrada, nuevamente al proceso industrial, previo paso por una laguna de enfriamiento.
- 120 has de disposición en suelo de vinaza concentrada donde la vinaza que supera los volúmenes de aporte a compost son aplicadas directamente suelo por distintas vías de disposición.

Todo lo descripto permite que la vinaza generada sea administrada en dicho sitio sin riesgo de vuelco a cauce público.

#### 17.2.2.2. Gestión de la vinaza en Empresa con aplicación con equipos Rolappi

La mayoría de los Ingenios han adoptado como alternativa distribuir la vinaza con equipos de aplicación con cañones tipo Rolappi a una tasa de aplicación que varía según tipo de suelo, textura y capacidad de intercambio catiónico de cada uno. La EEAO ha llevado adelante un sinnúmero de ensayos que permiten identificar de manera resumida tres niveles caudales de aplicación de vinaza por ha año, tomando en cuenta vinaza proveniente de jugo en su mayor proporción. Estos valores son 50, 100 y 150 m<sup>3</sup>/ha/año.

Los ingenios que han adoptado el uso del Rolappi o sistema de cañón y que distribuyen la vinaza en sectores bajo cultivo son Ingenio Concepción, Santa Bárbara, Famaillá, (Ex Minetti), Santa Rosa, Corona y Trinidad.



Ingenio Leales, empresa que ingresó recientemente a la producción de bioetanol, incorporaron en la Industria equipos concentradores de vinaza que permite reducir el caudal del efluente. 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.

La cachaza, componente principal del compost, proviene de la industria producto de la depuración de los jugos por decantación y separación en filtros de vacíos. Fibrillas y tierra son componentes de la cachaza, la que posee altos valores de materia orgánica como también nitrógeno fosforo y potasio, siendo el primero el de mayor concentración. De una tonelada de caña molida, el 4% se convierte en cachaza. Para Tucumán, con una molienda anual de aproximadamente 15 millones de toneladas de caña, se obtendrían 600.000 toneladas de cachaza base húmeda. Este volumen integrado con la vinaza aporta un mix nutricional de alto impacto en la producción de caña.

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.

La EEAOC a lo largo de años de investigación sugirió que los volúmenes de aplicación de vinaza en sectores agrícolas podría variar entre 50 y 150 metros cúbicos de vinaza por ha. En la Tabla 38 se evalúa la superficie de cultivo necesaria para disponer la vinaza producida según distintos niveles de producción y caudales por hectárea.

Tabla 38. 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                   |

Tucumán, en la campaña 2018 produjo, 280.978 m<sup>3</sup> de alcohol y una producción de vinaza estimada de un volumen 10 veces superior o sea 2.8 millones de m<sup>3</sup> de vinaza. Se necesitarían entre 18.600 y 55.000 has para disponer el total producido según la dosis mínima o máxima de aplicación de

m<sup>3</sup>/ha. Si consideramos la alternativa de menor volumen de vinaza por hectárea, se requerirían 55.000 ha, solo el 20% del total de superficie bajo cultivo.

### 17.2.2.3. Evaluación EEAOC de aplicación de vinaza en campos de caña<sup>101</sup>.

El Ing. Miguel Morandini, quien fuera técnico del área de suelos de EEAOC investigo y evaluó los resultados de la aplicación de vinaza en campos agrícolas con distintas dosis y en distintos tipos de suelo. Estas evaluaciones fueron seguidas durante cuatro años

En Marzo del año 2015, en un extenso reportaje expuso los resultados preliminares de aquellas evaluaciones.

*“El riego controlado con vinaza en los campos permite inferir hasta ahora que no perjudica al suelo ni al cañaveral”* Agregó además que *“lo más significativo es que no se observaron modificaciones negativas: el suelo está en iguales condiciones productivas que al principio; la relación de potasio mejoró respecto de otros cationes -aunque son aumentos mínimos- y la salinidad no se incrementó, factor éste que constituye una fuente de duda sobre el uso de la vinaza”*.

Señaló también, *“después de cuatro años de aplicaciones no se observan efectos adversos perjudiciales relacionados con la salinidad ni con el potasio en las más de 800 ha de lotes comerciales tucumanos. Los niveles productivos son más que satisfactorios y si se observa disminuciones en la cantidad de azúcar producida por tonelada de caña”*

*“Por otro lado, están en estudios alternativas de manejo que aprovecharían la potencialidad de la vinaza para producir fertilizantes, energía, etc.”*, concluyó Morandini.

### 17.2.3. Otras opciones de gestión de efluentes

#### 17.2.3.1. Disposición de vinaza en Suelos no productivos

Áreas de suelos no productivos también han sido incorporadas al proceso de disposición final. En aquellos en que la concentración de sodio es elevado, deteriorando su estructura y su capacidad de infiltración, la incorporación de vinaza aportando materia orgánica y altos contenidos de potasio está siendo evaluado como un proceso de recuperar capacidad productiva.

---

<sup>101</sup> Publicado Diario La Gaceta 15 de marzo 2015

Se está analizando si altas concentraciones de potasio logran reducir altas concentraciones de sodio que permitan recuperar la capacidad de infiltración y reducción de densidad aparente. Saturar la solución del suelo con el ion potasio podría contribuir a este proceso. La adición de cachaza a este proceso aporta además Calcio y Magnesio. Estos ensayos se están llevando adelante solo a nivel experimental en búsqueda de resultados. Saturar la solución de suelos con ion potasio y el complemento de calcio y magnesio que aporta la cachaza, permitiría desplazar sodio de la micela. Este cambio a nivel micela podría mejorar recuperando estructura e infiltración.

El efecto de las vinazas aplicadas al suelo, debido a su acidez elevada, es causa de la disolución de las diferentes formas de carbonatos, fosfatos de calcio y otros compuestos precipitados facilitando su lavado vía drenaje, con lo cual se puede lograr una mejor nutrición de las plantas debido a una mayor disponibilidad de nutrientes acompañada de un mejor balance entre ellos.

Por ejemplo, la fijación de nitrógeno requiere teóricamente 1.7 g de carbono por cada gramo de nitrógeno fijado, así que si el suelo tiene bajos contenidos de carbono, la adición de vinaza puede mejorar este proceso. O sea, que la vinaza se puede utilizar como promotor de la actividad microbiana para la descomposición de residuos en campo.

Adicional a esto, varios investigadores le han atribuido a la materia orgánica parte de la responsabilidad por mejorar la estructura física del suelo al aumentar su población y actividad microbiana e incrementando la infiltración del agua, atribuyendo éstos efectos a los productos y secreciones de los microorganismos al descomponer la materia orgánica, lo cuales son aptos para unir las partículas del suelo entre sí.

### **17.3. Tratamiento de efluentes**

Las alternativas de tratamiento de vinazas, a diferencia de los modelos de gestión, estudian y evalúan las distintas tecnologías disponibles que sumen agregado de valor a los efluentes generados.

La vinaza es en realidad un activo energético y nutricional que requiere de tecnologías ya disponibles e implementadas en distintos países. En Argentina, en la Provincia de Tucumán se construyó una planta de tratamiento de vinaza en una actividad distinta a la de azúcar. La misma se encuentra en plena operación de la cual hablaremos más adelante.

Cada variante tecnológica presenta ventajas y desventajas según sea la condición y sitio donde se desea instalar. Esto será evaluado a lo largo de este análisis.

La Generación de Biogás a partir de residuos orgánicos se realiza en modo genérico con tecnología anaeróbica. La elección de cuál es la más conveniente de aplicar, dependerá de las características del sustrato a tratar, la

cantidad, tipo y concentración de sólidos, el pH, la digestibilidad etc. sumando a éstos, los objetivos de generación de biogás y tipo de tratamiento del efluente saliente o digestado.

Una vez que se conoce con suficiencia el efluente y el objetivo deseado, se determina el tipo de reactor que mejor se adecúe al proyecto. Los reactores pueden ser tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket o Lodo Anaeróbico de Flujo Ascendente) o derivados o digestor en todas sus variantes, mezcla completa, híbrido, flujo pistón, mesófilo, termófilico, baja, alta tasa, etc. El tipo de reactor define los parámetros de funcionamiento, temperatura del proceso, tiempos de residencia del efluente y lodos, recirculación del sustrato y otros elementos que en su conjunto terminan ajustando los equipos y sistemas que deben emplearse para el objetivo determinado. Las alternativas tecnológicas de tratamiento de vinaza que en la actualidad se han puesto en marcha son reactor anaeróbicos de baja tasa y algunos reactores UASB de alta tasa entre otras alternativas similares.

Los reactores anaeróbicos de baja tasa logran transformar en energía aproximadamente entre el 65 al 68 % de la carga ingresante, desplazándose en el digestado saliente el remanente energético no degradado. La carga refractaria de estructuras complejas no son degradables por los microorganismos intervinientes.

Los reactores UASB tienen una capacidad mayor y un tiempo de residencia hidráulica sensiblemente menor. Esta tecnología muy eficiente en sus resultados y mayor nivel de abatimiento de carga, requiere un estricto control de los parámetros en tiempo real y una carga ingresante homogénea y estable. Variaciones menores generan caídas en la actividad del reactor ya que carece de la capacidad de amortiguamiento ante variaciones en la calidad o en el caudal ingresante. La vinaza, al variar la calidad según la fuente de origen no contribuye a la estabilidad que este tipo de tecnología requiere.

Estos inconvenientes en los biodigestores de baja tasa no se presentan por el elevado buffer o amortiguamiento que poseen. Esto está dado por el gran volumen total en el reactor como también el largo tiempo de residencia hidráulica que esta tecnología demanda. Los procesos en los biodigestores de baja tasa tienen mínima demanda energética ya que la degradación biológica es la fuente de transformación de DQO (Demanda Química de Oxígeno) en energía disponible a partir del metano. La desventaja es que genera un digestado de casi idéntico volumen al ingresado pero con un remanente de algo más del 30% de la carga ingresante, expresada en DQO. A partir de esto es necesario administrar este efluente saliente del proceso, el cual mantiene el potencial nutricional intacto.

Se suman a estas, la tecnología de incineración, siendo la propia vinaza la fuente de energía del proceso. La demanda energética para el funcionamiento la toma de la misma vinaza, dejando al final del proceso un

remanente energético positivo. El proceso demanda la adición de bagazo u otra fuente complementaria de cualquier cultivo energético. La diferencia entre biodigestores e incineración está dada por los efluentes que generan y la energía final neta disponible a ser utilizada en otros procesos.

La tecnología de incineración genera menos energía por m<sup>3</sup> de vinaza procesada y pero el total de la vinaza que ingresa al proceso se transforma en energía y la ventaja mayor es que no tiene excedentes de vinaza al final del proceso. Comúnmente la llaman "Vinaza cero"

Gran parte de la energía generada es requerida para el propio funcionamiento de la caldera, restando un saldo positivo de energía térmica para ser derivada a un turbo generador que podría operar a contrapresión o a condensación. Los únicos efluentes que se obtienen de los procesos son las sales resultantes de la incineración de la materia prima. Por un lado las sales del bagazo incinerado en grilla. Por otro lado las sales resultantes de la incineración de la vinaza, la que se quema en el hogar de la caldera separado de las de bagazo. Una son separadas por filtros electrostáticos y las otras son derivadas neumáticamente hacia tolva de recepción. Estas sales son óxidos de potasio de alta pureza que pueden luego ser procesados para obtener sulfato o cloruro de potasio de alta demanda en los sectores agrícolas.

### 17.3.1. Biogás

#### 17.3.1.1 Biodigestores anaeróbico de baja tasa para tratamiento de vinaza

El efluente obtenido luego del tratamiento de la vinaza en el digestor anaeróbico (biodigestor) alcanza distinto nivel de abatimiento según sea el tipo de efluente tratado.

El diseño de los biodigestores está directamente asociado al sistema de producción y destilación que tiene cada industria. Destilar en periodos de receso como también refinar fuera de zafra incide en la eficiencia energética pero también el diseño hidráulico del biodigestor.

Los reactores de baja tasa tolera como máximo 3 kilos de DQO/m<sup>3</sup> y el tiempo de residencia hidráulica requerido es de aproximadamente 28 a 30 días. Cuanto menor es la carga por m<sup>3</sup>, con relación al nivel de diseño, la eficiencia del reactor será menor. En receso, donde ya no hay jugo disponible, el funcionamiento del mismo operaría a partir de vinaza proveniente de melaza con alta carga por lo tanto fácilmente se alcanza la concentración de diseño. El justo equilibrio es operar con diseños y niveles de carga lo más homogéneos posibles en zafra como en receso con el objeto que el reactor opere con altos niveles de eficiencia a lo largo del año. De esta manera se logra generar un

volumen más o menos estable de biogás a partir de una carga lo mejor distribuida durante el año.

El diseño deberá ser determinado por la condición o periodo que genere el efluente de mayor carga. Esa información permitirá garantizar que la capacidad de digestión no presente limitaciones operativas y pueda tratar todo el efluente generado. Para evitar tener vinazas con DQO extremos como el de melaza Vs vinazas de Jugo con DQO de muy bajo grado, se busca mixturar la destilación con mieles o melazas según el caso, buscando reducir la cargas de uno y aumentar el otro. En caso que no se cuente con refinería operando el receso, la destilería funcionará solo con melazas y la vinaza resultante de melazas puras que alcanzan DQO iguales o mayores a 100,000 mg/l de DQO

Cuando se refina fuera de zafra, la melaza es la principal materia prima y lo ideal es adicionan mieles provenientes de refinería refundiendo azucares y poder contar con un sustrato con menor carga que de melaza pura.

Si se refina fuera de zafra los valores posibles los observamos en la Tabla 39.

Tabla 39. Posibles valores de carga orgánica en vinaza a tratar

| Parámetro               | Unidad               | Vinaza jugo con agregado de melazas y mieles | Vinaza melaza con agregados de mieles de refundición. |
|-------------------------|----------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| DQO                     | mg O <sub>2</sub> /l | 50.000                                       | 80.000                                                |
| DBO5                    | mg O <sub>2</sub> /l | 13.500                                       | 54.000                                                |
| pH (25°C)               | -                    | 4 – 4,5                                      | 4 – 4,5                                               |
| Conductividad eléctrica | uS/cm                | 43.000                                       | 58500                                                 |
| N (Nitrógeno total)     | mg/l                 | 800                                          | 2.500                                                 |

Estos diferentes niveles de carga orgánica en el efluente ingresante a ser tratado, alcanza niveles de abatimiento también distintos. En zafra se logran reducciones de carga del 68 % mientras que en receso no superan los 60 % como valor promedio. 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:

- Hidrólisis
- Etapa fermentativa o acidogénica
- Etapa acetogénica
- Etapa metanogénica

La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas

extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos.

Como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga) que serán metabolizados por las bacterias acidogénicas dando lugar, principalmente, a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios.

Los ácidos grasos de cadena corta son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono mediante la acción de los microorganismos acetogénicos.

Por último, los microorganismos metanogénicos producen metano a partir de ácido acético,  $H^2$  y  $CO_2$ .

La producción de biogás rico en metano se acumula dentro del digestor, y su recolección se hace en la parte superior del digestor. El biogás allí almacenado se bombea mediante sopladores para su tratamiento y posterior utilización como combustible.

Para vinazas provenientes de jugo se estiman reducción de DQO promedio año en el orden de 67 al 70% y para vinazas provenientes de melazas las reducciones varían entre 60 al 62 % en relación a la carga original ingresante. La tecnología de baja tasa ha sido desarrollada para manejar contaminantes orgánicos difíciles de degradar como los que se presentan en efluentes de destilerías de alcohol.

El digestor funciona con mezcla completa, por lo que debe incorporar un sistema de recirculación para maximizar el tiempo de retención de la biomasa y recircular la alcalinidad para aumentar la performance y la estabilidad.

El sistema de recirculación de lodos también colabora en su remoción, aunque esta es una operación infrecuente ya que el digestor provee un tiempo de retención de sólidos (SRT) alto, y la mayoría de los sólidos que ingresan al sistema son digeridos en el reactor y se convierten en biogás.

Con esta tecnología ningún químico alcalino es necesario adicionar durante la operación normal para el control del pH y, como el efluente ya contiene nitrógeno y fósforo, la dosificación de nutrientes puede ser evitada.

Así, las características salientes de la tecnología anaerobia de baja tasa son de bajo riesgo y consistencia y seguridad en la operación. El sistema es fácil de operar con resultados satisfactorios bajo temperaturas operativas de amplio rango.

No es necesario contar con un almacenaje de biogás ya que un exceso puede ser temporariamente almacenado bajo la extensa cobertura flotante si fuera necesario. En caso de excesos el sistema contempla derivar hacia antorchas de quemado el biogás que no es retirado temporalmente por razones varias.

En las Tablas 40 y 41 podemos ver los valores de carga expresada en DQO de las vinazas según periodo. Las vinazas provenientes de jugo pueden tener un de DQO no superior a 25.000 ppm y las provenientes de melazas hasta 110.000 ppm. Lo que se desea es equilibrar y evitar operar con valores extremos que en definitiva alterarían la eficiencia del biodigestor. Los valores que se pueden alcanzar con mezclas en los sustratos a destilar lo observamos en los cuadros siguientes:

Tabla 40: Mejora de parámetros de salida. Valores de carga de salida para vinazas de alcohol de jugo y mezcla con melaza

| Parámetro        | Unidad | Antes de los biorreactores | Después de los biorreactores | Mejora %    |
|------------------|--------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| DQO              | mg/l   | 50000                      | 16000                        | 68          |
| DBO              | mg/l   | 20000                      | 2000                         | 90          |
| TSS              | mg/l   | 60708                      | 4128                         | 93          |
| pH               | S.U.   | 4,3                        | 7                            | 63          |
| Temperatura      | DegC   | 36                         | 34                           | 6           |
| Otros nutrientes | mg/l   | constante                  | constante                    | sin cambios |

Tabla 41: Mejora de parámetros de salida. Valores de carga de salida para vinazas de alcohol de melaza y mieles de refinería

| Parámetro        | Unidad | Antes de los biorreactores | Después de los biorreactores | Mejora %    |
|------------------|--------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| DQO              | mg/l   | 80000                      | 32000                        | 60          |
| DBO              | mg/l   | 55000                      | 5500                         | 90          |
| TSS              | mg/l   | 60708                      | <4000                        | 93          |
| pH               | S.U.   | 4,3                        | 7                            | 63          |
| Temperatura      | DegC   | 36                         | 34                           | 6           |
| Otros nutrientes | mg/l   | constante                  | constante                    | sin cambios |

#### 17.3.1.2. Depuración del biogás

El biogás tiene concentraciones de H<sub>2</sub>S que debe ser depurada y eliminada previo a su uso en caderas o motores turbo generares a explosión. Las concentraciones no deberían supera 150 a 180 ppm de H<sub>2</sub>S para evitar que con trazas de humedad en los circuitos se forme ácido sulfúrico y deteriore estructuras en calderas o cabezales de pistones de los motores a explosión.

Los métodos son fisicoquímicos o biológico. Los primeros pueden ser de adsorción o de absorción.

**Métodos de purificación por adsorción:** Los métodos de purificación fisicoquímicos por adsorción también llamados de lecho seco, se llevan a cabo sobre un material sólido fijo, sobre el cual el sulfuro de hidrógeno es adsorbido por adherencia. Por lo general, los materiales sólidos



utilizados como adsorbentes son carbón activado, sílicagel y tamices moleculares de zeolitas o tamices moleculares de carbón. El proceso de adsorción ocurre sobre la superficie del adsorbente, donde las moléculas son retenidas por fuerzas electrostáticas. El proceso de adsorción que requiere menos energía es cuando se utiliza carbón activado, porque opera con temperatura y presión menor, donde la reacción se realiza en los poros y el sulfuro de hidrógeno reacciona con el oxígeno produciendo azufre y agua.

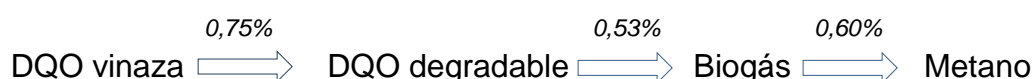
**Métodos de purificación por absorción:** Los métodos de purificación por absorción se utilizan ampliamente, debido a la eficiencia y reactividad del sulfuro con la mayoría de los metales. En otros casos, presentan costos relativamente bajos. Los sistemas más empleados son de absorción con compuestos de hierro: Se utilizan limallas de hierro colocadas en columnas de purificación que se encuentran humedecidas de forma discontinua con agua y rellenas con otro material por ejemplo, el aserrín; para ayudar a la hidrodinámica del sistema.

**Métodos Biológicos:** Además de las técnicas fisicoquímicas para la purificación de biogás, existen métodos biológicos o de biofiltración, que han sido probados a escala de laboratorio y piloto. Estos métodos, utilizan la capacidad metabólica de algunos microorganismos que degradan sustancias contaminantes. El uso de microorganismos en la remoción de sulfuro de hidrógeno presente en el biogás, se basa en la oxidación microbiana de  $H_2S$  a compuestos de azufre de fácil eliminación, como azufre elemental ( $S^0$ ) o sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), fijando  $CO_2$  simultáneamente como función estequiométrica de la oxidación del sulfuro. De esta forma, se puede lograr un enriquecimiento en metano, al remover  $CO_2$  y eliminar el elemento  $H_2S$  más corrosivo y limitante respecto a usos posteriores del gas purificado. La gran ventaja que presentan estas técnicas, respecto de los sistemas fisicoquímicos es la carencia de contaminantes secundarios, menores costos de inversión y operación por el bajo consumo de reactivos, menor consumo energético al poder trabajar a temperatura ambiente, altas eficiencias de degradación, biomasa inmovilizada en el sistema el procedimiento es lento, siendo necesario contar microorganismos que reduzcan los tiempos de residencia y hagan más competitivo el proceso a nivel industrial.

### 17.3.1.3. Generación de energía a partir de la vinaza

La fuente de energía es la materia orgánica contenida en la vinaza. Se expresa como DQO (Demanda Química de Oxígeno) y se cuantifica en ppm (partes por millón) o mg/litro (miligramo por litro).

Del total de DQO que contiene un determinado volumen solo el 75 % de dicha carga se transforme en DQO degradable. De este total, el 53% se convertirá en Biogás. El biogás tiene una concentración de metano promedio de 60 %Lo ejemplificamos en el siguiente diagrama:



El biogás después de ser depurado puede ser utilizado directamente en reemplazo de gas de fuentes fósiles o derivado a moto generadores que funciones a biogás y generen Energía eléctrica para los procesos.

Tomando como ejemplo de un ingenio que produce diariamente 200 m<sup>3</sup> de alcohol y una relación de vinaza-alcohol del 12:1, nos permite inferir la producción de biogás y metano a generar diariamente (Tabla 42)

Tabla 42: Evaluación teórica de obtención de metano a partir de Vinaza

| Descripción                         | Valores originales |                          |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------------|
|                                     | Valores            | Parámetro                |
| Producción de alcohol por día:      | 200                | m <sup>3</sup>           |
| Relación Vinaza/alcohol             | 12,00              | Relación                 |
| Vinaza total día                    | 2400               | m <sup>3</sup>           |
| Concentración de DQO en la vinaza   | 50000              | mg/litro                 |
| Carga de DQO por m <sup>3</sup>     | 50                 | kg/m <sup>3</sup>        |
| Total de DQO                        | 120000             | Kilos de DQO             |
| DQO degradable ( 75% de la carga)   | 90000              | Kilos de DQO             |
| Biogás a partir de la DQO (0,53%)   | 47700              | m <sup>3</sup> de Biogás |
| Conc. de metano en el Biogás ( 60%) | 28620              | metano                   |

Esta información típica de resultados de un biodigestor anaeróbico de baja tasa permite inferir que la producción de 200.000 litros de alcohol, a partir de la carga orgánica de su vinaza del orden de 50.000 mg/ litro de DQO puede generar un volumen de metano que permite reemplazar más de 28.000 m<sup>3</sup> de gas de origen fósil.

#### 17.3.1.4. En Brasil construirán la mayor planta de biogás de América

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 biodigestor 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.

#### 17.3.2. Reactor anaeróbico de alta tasa UASB

Un reactor de alta tasa comúnmente llamado UASB, trata biológicamente a la vinaza con el fin de abatir su carga, generar biogás y producir un digestado con solo el 10% de la carga inicial.

La diferencia con un reactor de baja tasa y de contacto como los que analizamos precedentemente es la capacidad de procesar concentraciones de materia orgánica (DQO) por metro cúbico hasta 5 veces más altas que los reactores de baja tasa. El tiempo de residencia hidráulico también muestra importantes diferencias permitiendo que en solo 36 horas de ingreso del sustrato, el 90 % de su DQO se transforme en biogás y por ende en metano. El principio del funcionamiento tiene diferencias estructurales y de funcionamiento, al cual lo describimos a continuación.

En primer lugar, la vinaza debe ingresar al proceso de tratamiento con las condiciones adecuadas. Para ello pasa a través de un sistema de enfriamiento, equalización y acondicionamiento. A continuación, la vinaza acondicionada, es conducida a un tanque equalizador que permite homogeneizar las condiciones del flujo ingresante al biorreactor UASB.

El sistema de alimentación es basal de tipo ascendente a velocidad controlada que permite la degradación de materia orgánica y producción de biogás a través de la digestión anaerobia.

El biorreactor cuenta con un sistema de recuperación de agua con calidad de riego y biogás. Para el caso del agua, se recolecta por un sistema de rebalse y canaletas. Una parte del efluente mediante la recirculación se direcciona al estanque acondicionador. La otra parte del efluente tratado sale del proceso y es dispuesto para su uso agrícola.

Para el caso del biogás, el biorreactor cuenta con sistema de separación sólido-líquido-gas, el cual capta el biogás generado y lo conduce hacia los equipos que deberán utilizarlos previas depuraciones con tecnologías similares a las analizadas en reactores de baja tasa.

La instalación cuenta con una antorcha que permite que cuando el biogás generado no es demandado por el proceso, ante suba de presiones de manera automática deriva el biogás para su incineración directa.

#### 17.3.2.1. Identificación de las partes y descripción del proceso

La vinaza saliente del proceso llega al biodigestor con altas temperaturas por lo que es derivada a un intercambiador de calor que disminuye la temperatura de 80-100°C hasta 35-40°C. Posteriormente la vinaza ingresa al estanque ecualizador que cuenta con un volumen equivalente y aproximado al 30% del volumen del biodigestor. Este ecualizador homogeniza la calidad del flujo ingresante y permite mantener un caudal constante, absorbiendo las variaciones de caudal posibles. Al ser estos biodigestores muy sensibles en su rendimiento y resultados ante variaciones de las condiciones, el ecualizado es un proceso clave que garantiza la calidad y continuidad de las operaciones.

Desde allí se alimenta la vinaza al sistema de Digestión Anaerobia. El tanque de biorreactor UASB tiene una capacidad equivalente a la producción de vinaza y a la carga orgánica que la misma posee. Allí se producen las reacciones del tratamiento biológico para reducir la carga contaminante de la vinaza y producción de biogás. Esto se produce por reacciones bioquímicas realizadas por grupos de bacterias presentes en el interior del reactor en forma de gránulos.

La vinaza ingresa desde el fondo del biorreactor donde se encuentra un lecho de lodo e inicia el contacto del fluido con los gránulos que contienen los microorganismos responsables de la degradación. El flujo es ascendente a una velocidad de equilibrio que no debe ser superior a la de diseño pues se corre el riesgo que parte de los gránulos migren junto con el digestado y el reactor pierda capacidad de abatimiento. El contacto entre la vinaza y la biomasa presente en

el biorreactor permite la digestión anaerobia, en la cual el consorcio bacteriano presente en cada gránulo digiere la vinaza y produce biogás.

Sistema de Recuperación de Biogás ubicado en la parte superior está comprendido por una serie de campanas de fibra de vidrio en forma de "V" invertida, dispuestas a lo largo del Biorreactor desde donde es transportada hasta los dispositivos de depuración de H<sub>2</sub>S, antes de su uso final. Si no hubiera demanda del proceso por causas varias, el aumento de presión del biogás generado automáticamente libera una descarga de biogás a la antorcha: que cumple la función de quemarlo, reduciendo la emisión de metano a la atmósfera. La antorcha se controla automáticamente a través de un sistema automático por diferencia de presiones.

El proceso de separación de sólido, líquido y gas se produce en las campanas superiores que por un lado retienen el lodo en el interior del reactor y separa el gas producido debido a la actividad metabólica de la corriente líquida tratada. El principio de la separación se basa en que las burbujas de gas siempre tienen una dirección vertical, mientras que el líquido no. Es por ello que el biogás se recolecta en las o la campana según el diseño y el líquido a través de deflectores se desplaza lateralmente permitiendo que los sólidos que tienen alta velocidad de sedimentación retornen al lecho y eviten su lavado del reactor.

Los parámetros de operación más importantes en la Planta de Tratamiento y que son necesarios de controlar son:

- Velocidad de carga orgánica (VCO)
- Flujos de alimentación y recirculación
- Velocidad superficial del líquido

La velocidad de carga orgánica o VCO para este tipo de reactores puede se determina de la siguiente manera:

$$VCO = \frac{DQO \text{ (Kilos de DQO *m3)} * Q \text{ (Caudal de Vinaza en m}^3\text{/día)}}{VR \text{ (Volumen del reactor)}}$$

El caudal de alimentación al reactor, además, determina el tiempo de residencia hidráulico (TRH). Este representa el tiempo medio que un elemento de líquido permanece en el reactor. Se calcula mediante la expresión:

$$TRH = \frac{Vr \text{ (Volumen del Reactor)}}{Qa \text{ (Caudal de alimentación en m}^3\text{/día)}}$$

La velocidad superficial es una determinación necesaria establecer y controlar. Se refiere a velocidad de ascenso que el caudal ingresante se desplaza en sentido ascendente. Este valor debería no superar el metro por hora siendo el valor normal el de 0,6 metros por hora. Si se supera el valor máximo de diseño se corre el riesgo de pérdida de gránulos que se

desplazarían fuera del reactor junto con el digestado. Se lo determina de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{Q_e \text{ (Caudal de entrada)}}{24 * A \text{ (Área basal del reactor en m}^2\text{)}}$$

Con la información de base del efluente, su carga orgánica expresada en DQO y su caudal en m<sup>3</sup> de vinaza diaria se dispondrían de la información de base para diseñar un reactor a nivel de diseño general pero será necesario contar con determinaciones de laboratorio que aporten justa y clara determinación de los parámetros constitutivos del efluente a ser tratado. Sales constitutivas, concentraciones de estas, variabilidad de los parámetros como el caudal y los niveles de carga de DQO tanto diaria si la hubiera como por periodos serán necesario conocer.

Ya en operaciones será necesario disponer de información de proceso a partir de una rutina de determinaciones que permitan garantizar su funcionamiento en el tiempo.

Los parámetros que deben ser evaluados son los siguientes:

**Potencial Hidrógeno:** El pH es una determinación clave ya que rangos extremos de esto pueden provocar el colapso del reactor si los valores determinados pudieran encontrarse debajo de 5 de pH o que escale a valores de 8. Bajo estas condiciones el reactor pierde capacidad de abatimiento por muerte de los microorganismos contenidos en los gránulos. Los valores normales deben estar entre 6,4 a 6,5. Sabiendo hasta 7 o descenso hasta 6 es aconsejable detener el ingreso del efluente y recircular hasta estabilización. En funcionamiento es necesario controlar el pH con una periodicidad que dependerá de la homogeneidad que presente el sustrato ingresante.

**Alcalinidad:** El grado de alcalinidad parcial y total permite evaluar el desempeño del biorreactor. Se debe titular con ácido una muestra del proceso hasta alcanzar un pH de 5,75 y luego se continúa hasta alcanzar un valor de alcalinidad de 4,3 La relación entre los volúmenes de ácido para cada titulación es lo que se conoce como factor alfa.

Valores alfa de 0,5 a 0,6 muestran baja concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) que es lo deseable. Si el valor fuera superior supone que la carga ingresante puede ser aumentada. Si fuera menor de 0,5 mostraría una concentración mayor que la requerida. Debe suspenderse en ingreso de carga y solo recircular.

La operación exitosa de un reactor anaerobio, se basa en tener una capacidad optima de degradación y un nivel bajo de ácidos grasos volátiles y esto es determinado por el factor alfa.

**Sólidos suspendidos Totales:** El valor de sólidos suspendidos en la alimentación no debe ser superior a los 500 mg/l. Una alimentación con concentraciones mayores puede causar el mal funcionamiento del reactor UASB debido a que la biomasa sintetizada se adhiere a las partículas suspendidas, lo que evita la granulación, con esto se corre el riesgo de evacuar la biomasa con los sólidos suspendidos de la alimentación, agravándose si se componen de pequeñas fibras.

#### 17.3.2.2. Análisis de ventajas y desventajas de un biodigestor anaeróbico de alta tasa.

Las ventajas sin dudas están asociadas a la capacidad de lograr niveles de abatimiento de carga hasta el 90% del total confinado en el sustrato. Los tiempos de residencia cortos de más o menos 36 horas permites que las instalaciones no representen altos costos iniciales.

Las dificultades sin dudas están en la necesidad de un perfecto equilibrio que el sistema biológico de microorganismos requiere para su correcto funcionamiento dentro del biorreactor. Variaciones que no son detectadas oportunamente provocan reacciones que escalan en corto tiempo sacado de operaciones al sistema de manera completa. Su puesta a punto no es inmediata y la disposición de la vinaza a ser tratada también es un importante problema a resolver.

Tiene costos de insumos que deben adicionarse sobre todo en el tanque homogenización para garantizas la estabilidad del reactor.

Estos inconvenientes son restricciones y razones por la que esta tecnología no se ha desarrollado de manera generalizada como si lo ha hecho con otros tipos de sustratos con excelentes resultados.

El Ingenio Trinidad de Tucumán cuenta con una planta piloto de 500 m<sup>3</sup> de capacidad que permite generar 2300 m<sup>3</sup> de metano diariamente y se encuentra en funcionamiento desde su puesta en marcha.

#### 17.3.3. Biodigestores. Efluentes salientes y su tratamiento posterior

Los biodigestor de baja y alta tasa han transformado la mayor parte de su carga orgánica, dando lugar a un digestado con un remanente de solo el 30 y 10% de esta. No ocurre lo mismo con la concentración de nutrientes, manteniéndose el valor de concentración sin cambios. Los valores de DQO se han deprimido en correspondencia con la carga transformada pero el tenor de

salinidad se mantiene, lo que muchas veces, para su aplicación al sistema agrícola como riego superficial o de gravedad, requiere aumentar su dilución.

Entre estos nutrientes, el potasio es el componente de mayor participación porcentual y su recuperación ha sido estudiada. Para avanzar en línea con la transformación de potenciales pasivos en activos, la recuperación del potasio contenido en el digestado de cada uno de los sistemas ha sido analizada y estudiada en varias oportunidades.

En Tucumán un emprendimiento privado desarrollo a escala de laboratorio y planta piloto experiencias de recuperación del ion potasio con el fin posterior de convertir en un fertilizante, tanto como cloruro de potasio a sulfato de potasio, dependiendo del ácido utilizado para su regeneración.

La tecnología de Ecopotasio es una propuesta complementaria a otros procesos de tratamiento disponibles para reducir la capacidad contaminante de la vinaza sucro-alcoholera. Consiste principalmente en la reducción del contenido salino de la misma por medio de intercambio iónico.

Para poder llevar a cabo dicho tratamiento es necesario acondicionar la vinaza para eliminar el material suspendido que podría interferir con las resinas de intercambio iónico. La propuesta de Ecopotasio, por lo tanto, también incluye esta etapa de acondicionamiento que reduce la carga orgánica de la vinaza. Posteriormente en volumen ya acondicionado se presuriza y pasa a través de columnas de intercambio que retienen el potasio exclusivamente, dejando pasar el resto de los componentes. El beneficio para la industria sucro-alcoholera al incorporar esta tecnología está asociado a la eliminación de la salinidad de la vinaza, y darle condiciones óptimas para riego. Al desalinizar la vinaza, la misma se convierte en una fuente de agua y nutrientes valioso para los cultivos.

En este punto es conveniente mencionar que se puede trabajar con la tecnología de Ecopotasio con el efluente saliente de un reactor anaeróbico, donde el contenido de sólidos suspendidos es mucho menor.

También Ecopotasio ha comenzado estudios para poder aplicar su tecnología al tratamiento de cenizas obtenidas en la combustión de vinazas.

La demanda energética del proceso es la que se requiere para su paso del digestado por el tren de columnas de intercambio iónico y la necesaria para cristalizar el potasio obtenido como producto final del proceso de desalinización. Se podría decir que es una demanda energética neta mayor comparada con tecnologías como la combustión de las vinazas y digestión anaeróbica ya que éstas últimas generan energía y/o biocombustibles, pero a diferencia de éstas, el proceso de Ecopotasio produce una sal potásica de gran valor agregado que debe considerarse en la ecuación global del proceso.

Cabe mencionar que ambas propuestas alternativas de tratamiento (calderas y biodigestores), requieren una solución a la gran cantidad de cenizas



potásicas generadas en las calderas de vinaza, o al efluente con baja carga orgánica pero elevada salinidad resultado de los reactores anaeróbicos.

Si se integra la propuesta de Ecopotasio dentro de algunos de los sistemas mencionados, la vinaza entonces podría incorporar un activo independiente de gran valor como fertilizantes.

El costo de tratamiento de la vinaza con la tecnología de Ecopotasio está asociado al consumo de energía del proceso y al de ácido sulfúrico para formar la sal potásica. Una estimación preliminar en base a resultados de laboratorio da un costo de tratamiento aun elevado pero se continúan investigando estos parámetros para alcanzar valores competitivos de solución. Entre las mejoras en análisis está la de menor consumo de energía en las etapas de cristalización. El consumo de ácido está en relación a la concentración de cationes que tenga la vinaza.

#### 17.3.3.1 Déficit de potasio en áreas bajo cultivo

Recientemente el Investigador Ing. Nicolás Wyngaard<sup>102</sup> presentó en el congreso de AAPRESID último las conclusiones que sobre componentes nutricionales de suelos de Entre Ríos y el litoral de Santa Fe y Buenos Aires. Los principales parámetros evaluados fueron el contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, capacidad de intercambio, etc. La información es producto de la Investigación que realizó Fertilizar Asociación Civil, conjuntamente con el INTA de Balcarce y la Facultad de ciencias Agrarias. 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 demandara cambios en el modelo de producción.

Entre los componente 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.

Sin dudas que estas estrategias que analizadas entre oferta y demanda abren la posibilidad de evaluar sinergias de sistemas productivos que generan excesos y podrían ser contribuyentes de otros espacios donde el déficit es un problema real.

#### 17.3.4. Incineración de vinaza concentrada. "Vinaza 0"

La India, a raíz de restricciones ambientales asociadas a mantener la calidad de sus fuentes hídricas se ha visto en la necesidad de desarrollar tecnologías de tratamiento de vinaza donde los riesgos de contaminación sean

---

<sup>102</sup> Fuente Infobae. Periodista Marina Friedlander. Agosto 2019

nulos y los proyectos de producción de alcohol no vean afectados el cumplimiento de sus objetivos.

Los biodigestores durante largo tiempo fueron soluciones que mitigaron y redujeron los riesgos de vuelco a cauce público de vinazas crudas con altos niveles de DQO y DBO.

La tecnología aportante de energía al sistema, si bien fue un gran adelanto a la situación anterior no garantizaba el nulo impacto a los sistemas naturales. Estos nuevos requerimientos legales llevaron a la investigación y desarrollo de la vinaza como fuente de energía directa a partir de la incineración de su materia orgánica.

Tomando como ejemplo los sistemas energéticos de la Industria del papel donde las calderas de recuperación funcionan con la lignina recuperada de las fibras, para luego concentrarlas al 60°brix, paso previo a ser incinerada en caldera de recuperación.

Este proceso y su funcionamiento fueron sin duda visto como una real posibilidad de solución, profundizándose las investigaciones que desde década atrás estuvieron bajo análisis pero sin alcanzar niveles comerciales.

Hoy las calderas de incineración son una realidad y están en pleno funcionamiento. Es también cierto que no tiene larga vida en operaciones pero las que están actualmente en funcionamiento han alcanzado resultados operacionales según diseño.

#### 17.3.4.1. Incineración de vinaza. Proyecto Los Balcanes - Geneia

Los proyectos Renovar que el estado puso a disposición con el fin de generar alternativas de producción de energía renovables, abrió las puertas para que la Industria sucro-alcoholera viera una oportunidad de desarrollar proyectos alternativos a los convencionales. Las garantías ofrecidas de venta de energía a la red a valor dólar llevo a que los Balcanes conjuntamente con la Empresa Geneia, que había adquirido activos en la Provincia de Tucumán, avanzaran en un proyecto de generación de energía a partir de la incineración de vinaza simultáneamente con bagazo.

La nueva sociedad conformada por ambas empresas licito en el llamado de Renovar 2 y su propuesta fue aceptada en Diciembre del 2017. La propuesta técnica fue elevada por la Empresa Bioenergía La Florida, conformada por la sociedad del Ingenio Florida y Geneia S.A.

La propuesta técnica y operativa se divide en dos etapas que se describen a continuación.

**Aporte de Ingenio La Florida:** Ingenio Florida asume el compromiso de entregar el Compañía Bioenergía La Florida S.A. la vinaza concentrada a 25°brix y el volumen de bagazo equivalente al 30% de la energía

requerida para su funcionamiento. Para ello Ingenio Florida construirá una cinta de transporte que permita la entrega del bagazo requerido como también un vinazoducto que entregara la vinaza al nivel de concentración pactado.

**Aporte Empresa Bioenergía La Florida S.A:** Esta nueva empresa, tomara la vinaza y elevara su concentración a 60-62°brix previo a su incineración. De esta manera la caldera contara con dos fuentes de energía. Bagazo de caña de azúcar y vinaza concentrada. con un aporte energético por fuente del 30 y 70% respectivamente. El proyecto estima una generación de 23 MW/hora de los cuales 19 serán entregados a CAMESSA según contrato, utilizando la diferencia para consumo interno del proceso.

#### 17.3.4.2. Proyectos de incineración que actualmente se encuentran funcionando

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.

Estos proyectos mencionados y otras instalaciones más se encuentran en funcionamiento principalmente desde el año 2016 y las dos empresas más importantes de instalaciones y diseño están construyendo ocho nuevos emprendimientos con tecnología de incineración.

Los dos proyectos más grandes en término de vapor generado, Makampur y Balrampur Chini Mills operan con 15.200 kilos de vinaza al 60% de concentración estimándoles un aporte energético de 1.580 kilos/caloría/kilo. Se suma a ello el aporte de 8.100 kilos/hora de bagazo con un poder calorífico de 2.250 kilocaloría/kilo.

### 17.3.4.3. Funcionamiento de una caldera de incineración

El bagazo ingresante lo hace de igual manera que una caldera bagacera incinerándose en la grilla. Observamos diferencias en los volúmenes y aportes de bagazo que reportan los proyectos en funcionamiento en India con respecto a los de los Balcanes, siendo superior los aportes de la fibra de caña en los proyectos de la India y con un poder calórico un 30 a un 35% más elevado que la vinaza.

La vinaza, con una concentración a 60 °brix ingresara a la cámara de combustión a presión a través de picos asperjadores especiales. Estos Nozzles son responsables de lograr la alta eficiencia de incineración a inyectar dentro de la cámara de combustión partículas de mínimo tamaño, las que rápidamente son combustionadas.

El diseño de la caldera es alto para conseguir un tiempo de residencia de las partículas de vinaza del orden de los 8 a 10 segundos y alcanzar una temperatura de los gases de combustión menor a 600°C a la entrada del sobre- calentador. Con esto se busca evitar ensuciamiento y evitar corrosión en los sobre calentadores por acción de los cloruros de las cenizas.

Las sales contenidas en la vinaza, al ser componentes no combustionables son desplazados fuera de la cámara de combustión neumáticamente a través de ductos para al final ser depositadas en tolvas de retención y recuperación.

Las sales provenientes de la incineración del bagazo son retenidas por filtros electrostáticos y recuperadas en un circuito independiente de las sales de vinaza. Esto permite que los óxidos de potasio de la vinaza mantengan su pureza con el fin de recuperarlos y disponerlos para la producción de sulfato o cloruro de calcio. Una alternativa aún en estudio e investigación.

## **17.4. Inversiones requeridas**

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 30 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.

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 digestado saliente y evaluar sus costos y el balance final resultante.

### **17.5. Conclusiones y consideraciones finales**

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 genera. La información aportada permite visualizar alternativas superadoras donde, lo que hoy se visualiza como un pasivo de difícil 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.

## **18. GESTIÓN LOGÍSTICA DEL BIOETANOL PRODUCIDO EN EL NOA**

El espíritu de la Ley 26.093<sup>103</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>104</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 establecida 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

---

<sup>103</sup>Ley de Promoción de Biocombustibles Artículo 4 , Inciso a)

<sup>104</sup>Ernesto Garberoglio. Fuente: Patagonia Ambiental: Publicado Ámbito 09 Octubre 2019

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.

### **18.1 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 no es limitante pero sí 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 contamos con el volumen de naftas para mezclas permitiendo que el blendeo sea realizado el 100% en la región.

### **18.2. 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.

### 18.2.1. 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.

### 18.2.2. 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.

### 18.2.3. 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:

- a) Todo el transporte urbano de pasajeros, incluidos remises y taxis operen con mezclas del 27% de bioetanol con despachos diferenciales.
- b) 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 la 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 34 describe la participación por tipo de transporte y su real incidencia.

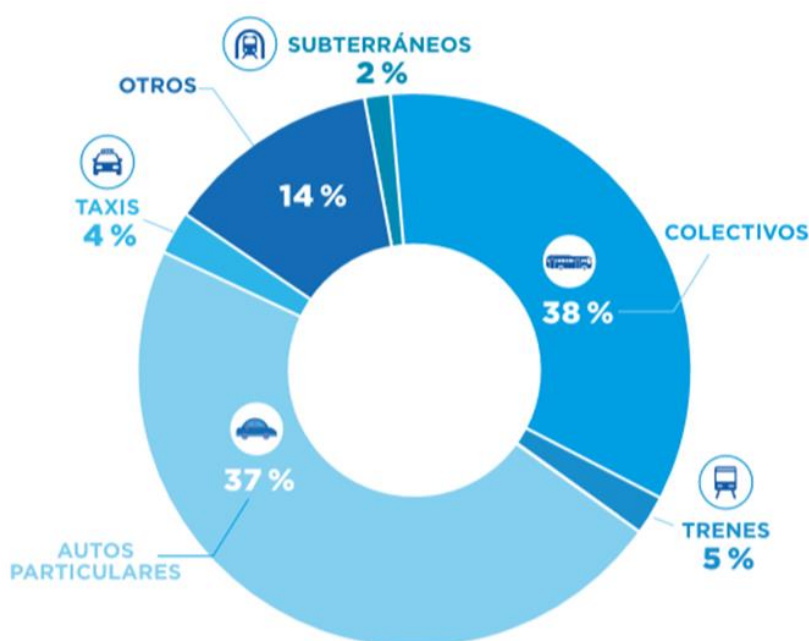


Figura 34. Participación por tipo de transporte en las emisiones urbanas. Fuente: Ministerio de Ambiente de la Nación

#### 18.2.4. 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>105</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 35).

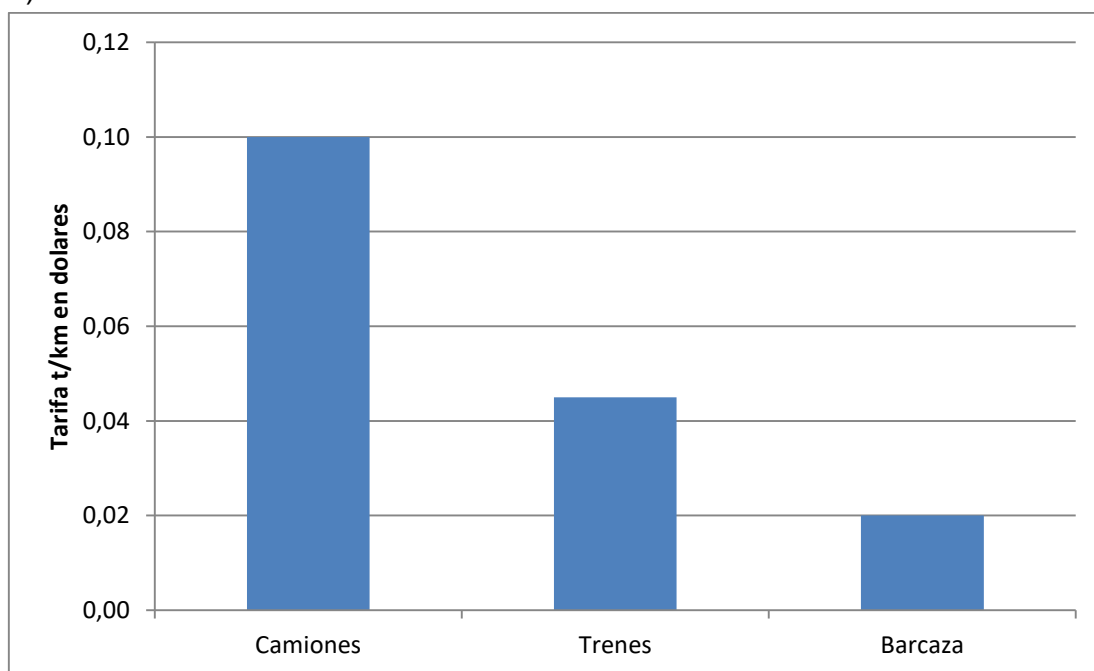


Figura 35. Costo de transporte según sistema. Fuente CEU – UIA en base a datos propios

La composición de costos (Figura 36) muestra una elevada incidencia de combustible en el transporte por carretera, impactando además en la tasa de emisiones.

<sup>105</sup> Decreto 679. Ministerio de transporte

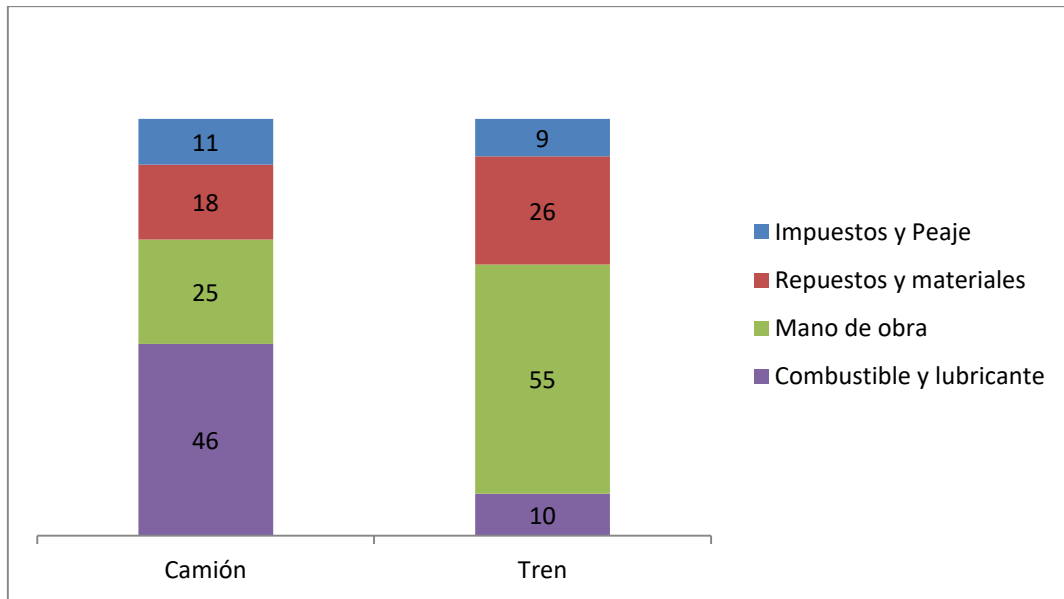


Figura 36. Composición de la estructura de costos según medio de transporte. Fuente CEU – UIA en base a datos propios

El reporte que desde la Secretaría 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 37). 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

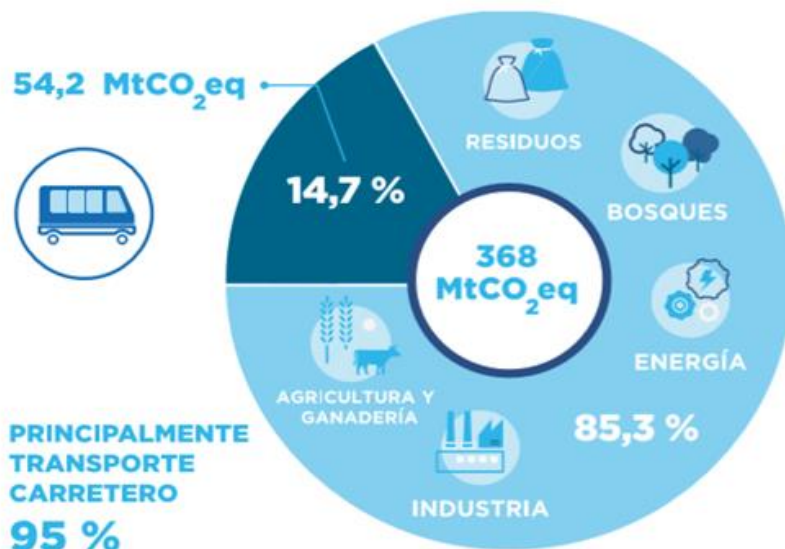


Figura 37. Aporte de emisiones GEI del sector transporte. Fuente. Secretaria de cambio climático Ministerio de Ambiente

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 Alumbreira 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 38 podemos observar los compromisos que debe el sector transporte alcanzar al 2030



Figura 38. Compromiso del sector transporte en la reducción de emisiones. Fuente: Secretaria de cambio climático Ministerio de Ambiente

### 18.3. 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 39 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.

**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).

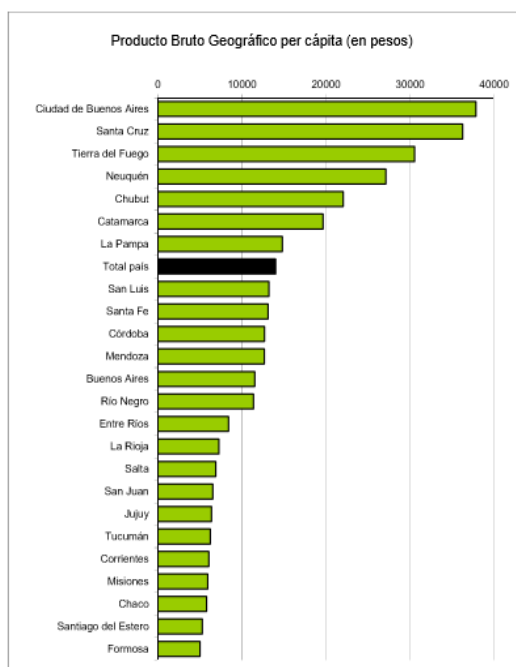


Figura 39. PBG<sup>106</sup> por Provincias y Promedio País Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

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.

<sup>106</sup> PBG: Producto Bruto Geográfico: Valores de unidades institucionales residentes dedicadas a la producción

## 19. CONCLUSIONES FINALES

El escenario mundial de emisiones de GEI muestra un camino inverso a lo que el colectivo mundial reclama. Intereses sectoriales inhiben los cambios que urgen implementar. Los resultados de las COP son una evidencia de ello.

Las obligaciones y compromisos de mitigación que el País asumió son importantes. Las acciones que cada sector responsable asumió aun muestran déficit de cumplimiento. El sector transporte participa en algo más del 14% de las emisiones a nivel país.

La ley de promoción de biocombustible en sus considerandos definió varios aspectos pero 3 de ellos de gran importancia.

- 1) Desarrollar una matriz energética que reemplace combustibles de origen fósil
- 2) Desarrollo de una bioeconomía que impactara en las economías regionales.
- 3) Reemplazar importaciones por déficit de capacidad de refinación.

Las condiciones que desde el 2010 se generaron mostraron un alto nivel de inversión. Lamentablemente desde el 2017, el estado modificó inconsultamente lo establecido generando un escenario de crisis que aún no se ha revertido. La nueva ley elevada cuenta con el acuerdo del sector público y privado de las provincias involucradas. Se espera rápidas definiciones para recuperar niveles de rentabilidad perdida. No autorizar el incremento de la tasa de corte, importar naftas y simultáneamente deprimir los precios de los biocombustibles hasta niveles de quebranto fue la realidad de los biocombustibles los últimos dos años. La agroindustria del azúcar, con fuerte incidencia en las economías provinciales del NOA sufrió las consecuencias, sumado a una economía sin crédito y menor actividad.

También se analizaron comparativamente las ventajas competitivas de la producción de bioetanol a partir de dos fuentes distintas: Maíz y Caña de Azúcar. Esta última como productora de alimento y energía muestra ventajas. La contribución es por su alta Tasa de Retorno Energético (TRE) como también por su impacto en la generación de empleo y dinámica productiva. Brasil y otros países valoran estas ventajas y han desarrollado estrategias públicas que reconocen esto. Las energías de fuente fósiles son responsables de sostener el desarrollo y el fortalecimiento de los biocombustibles y las energías renovables.

El maíz como productor de bioetanol en la Provincia de Salta fue evaluado describiendo las ventajas de su desarrollo. Permitiría diversificar la oferta de una cadena de valor muy relacionada con de la producción de carnes.

Los efluentes como fuente de energía sin dudas son de gran valor y colaboran con el desarrollo de una bioeconomía circular. Lo significativo de las inversiones requeridas demanda analizar líneas de créditos viables.

La logística de traslado del bioetanol producido en el NOA debe ser reformulada. Se elevaron propuestas de solución. Implementándolas se generaría una importante contribución, eliminando ineficiencias a causa de falta de instalaciones en el NOA.

En síntesis, menor contribución impositiva de los biocombustibles no implica menor tributación. La dinámica productiva genera por otras vías recursos percibidos por el estado superior a los impuestos que no se tributan. Además, la mayor actividad dinamiza la generación de empleo y desarrollo económico y social.

Miguel Fernández de Ullivarri  
Coordinador Convenio Provincias – CFI  
Cadena de Valor de Bioetanol

## 20. REFERENCIAS

### 20.1. Tablas

- Tabla 1. Incremento de la Concentración de GEI.
- Tabla 2. Crecimiento por Tipo de energía y País.
- Tabla 3. Producción Mundial de Bioetanol.
- Tabla 4. Análisis de resultados de sustitución de Naftas importadas poralconafta.
- Tabla 5. Sustitución de Naftas importadas poralconafta. Evaluación de costos.
- Tabla 6. Producción de bioetanol por región y fuente.
- Tabla 7. Producción de bioetanol por empresa y fuente.
- Tabla 8. Empresas productoras de bioetanol de caña de azúcar.
- Tabla 9. Empresas productoras de bioetanol de maíz.
- Tabla 10. Evolución de la superficie con caña periodo 2004- 2018
- Tabla 11. Áreas bajo cultivo y productividad en la serie de años
- Tabla 12. Gastos tributarios. Exención a Biocombustibles
- Tabla 13. Recaudación de IVA por venta de azúcar a mejor precio
- Tabla 14. Recaudación de IVA por venta de Bioetanol a Empresas Petroleras
- Tabla 15. Recaudación por IIBB e Impuesto al Cheque
- Tabla 16. Composición de valor Agregado
- Tabla 17. Empleo por sectores de la empresa Ledesma
- Tabla 18. Empleos y remuneración promedio producción bioetanol de azúcar
- Tabla 19. Empleo y remuneraciones destilación e anhidración
- Tabla 20. Empleo de la cadena de valor de maíz
- Tabla 21. Estimación de costos de producción de bioetanol en Argentina
- Tabla 22. Consumo energético por etapas de producción Bioetanol a partir de maíz
- Tabla 23. Resultado del balance energético
- Tabla 24. Productividad promedio de bioetanol por tonelada y por área para diferentes cultivos
- Tabla 25. Balance energético y emisiones GEI evitadas para diferentes cultivos
- Tabla 26. Rendimientos culturales zonas azucareras del mundo
- Tabla 27. Principales constituyentes de la caña de azúcar
- Tabla 28. Energía producible y consumida en la producción de bioetanol
- Tabla 29. Balance energético de caña de azúcar (Macedo)
- Tabla 30. Balance energético de caña de azúcar (Boddey)
- Tabla 31: Evolución de la producción de maíz en la provincia de Salta
- Tabla 32: Evolución de la producción de maíz en cuatro departamentos de Salta
- Tabla 33. Evolución del stock ganadero de la provincia de Salta
- Tabla 34. Importaciones y exportaciones de insumos alimenticios en la provincia de Salta
- Tabla 35: Análisis de la situación social de la Provincia de Salta
- Tabla 36. Balance Hídrico. Evaporación acumulada
- Tabla 37: Analisis de resultados antes y despues de regar con efluentes industriales
- Tabla 38. Requerimiento de superficie según volumen de aplicación por ha
- Tabla 39. Posibles valores de carga orgánica en vinaza a tratar
- Tabla 40: Mejora de parámetros de salida para vinazas de alcohol de jugo
- Tabla 41: Mejora de parámetros de salida para vinazas de alcohol de melaza.
- Tabla 42 Evaluación teórica de obtención de metano a partir de Vinaza

### 20.2. Figuras

- Figura 1. Incremento e generación de energía por tipo y país
- Figura 2. Autos Homologados
- Figura 3. Diario Pregón de Jujuy
- Figura 4. Evolución de la producción de Bioetanol
- Figura 5. Volumen de Producción por Provincia y Año
- Figura 6. Área cañera de Salta, Jujuy y Tucumán
- Figura 7. Área de grano transformada a área cañera.
- Figura 8. Mapa de Isohietas de la provincia de Tucumán
- Figura 9. Superficie cosechable de caña de azúcar en Tucumán entre los años 2012 y 2013



Figura 10. Clasificación de producción para Zafra 2006  
 Figura 11. Clasificación de producción para Zafra 2013  
 Figura 12. Clasificación de producción para Zafra 2018  
 Figura 13. Variación Interanual de PB de Jujuy y de la Empresa Ledesma  
 Figura 14. Impacto de Ledesma en la Economía de Jujuy  
 Figura 15. Cantidad de energía producida y utilizada según materia prima  
 Figura 16. Participación de Ledesma en el PEA y en los ocupados provinciales  
 Figura 17. Participación de Ledesma sobre el total de empleados privados de Jujuy  
 Figura 18. Brecha entre los salarios de Ledesma en relación a los del sector privado  
 Figura 19. Estación de control de calidad de aguas de riego con efluentes  
 Figura 20. Empleos generados por energías renovables a nivel mundial  
 Figura 21. Empleos generados por tecnología de energía renovable a nivel mundial  
 Figura 22. Empleos generados por principales países productores de biocombustibles líquidos  
 Figura 23. Variación interanual de empleo registrado en la actividad azucarera  
 Figura 24. Consumo mundial de energía por tipo de combustible  
 Figura 25. Consumo mundial de energía por sector  
 Figura 26. Consumo de combustible para transporte por países  
 Figura 27. Balance Energético de la producción de Biocombustibles  
 Figura 28. Participación del transporte en las emisiones totales de gases efecto invernadero  
 Figura 29. Comparación de recaudación entre maíz exportación y maíz procesado exportación  
 Figura 30. Maíz en la región de Chaco Norte  
 Figura 31. Maíz en la región de Chaco Sur  
 Figura 32. Productores cañeros y superficie según tamaño  
 Figura 33. Distribución de sistemas de gestión según periodos  
 Figura 34. Participación por tipo de transporte en las emisiones urbanas  
 Figura 35. Costo de transporte según sistema  
 Figura 36. Composición de la estructura de costos según medio de transporte  
 Figura 37. Aporte de emisiones GEI del sector transporte  
 Figura 38. Compromiso del sector transporte en la reducción de emisiones  
 Figura 39. PBG por provincias y promedio país

### 20.3. Abreviaturas

**AAPRESID:** Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa  
**AGV:** Ácidos Grasos Volátiles  
**BNDES:** Banco Nacional de Desarrollo  
**BP:** British Petroleum  
**CAA:** Centro Azucarero Argentino  
**CAMMESA:** Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.  
**CBIO:** Créditos de descarbonización  
**CE-UIA:** Centro de Estudios de la Unión Industrial Argentina  
**CFI:** Consejo Federal de Inversiones  
**CIC:** Capacidad de Intercambio Catiónico  
**CMNUCC:** Convención Mundial de Naciones Unidas para el Cambio Climático  
**CNPE:** Consejo Nacional de Política Energética  
**COP:** Conferencia de la Partes  
**CSA:** Comité de Seguridad Alimentaria  
**DBO:** Demanda Biológica de Oxígeno  
**DDGS:** Grano de destilería desecado con solubles  
**DQO:** Demanda Química de Oxígeno  
**EEAOC:** Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres  
**EROI:** Tasa de retorno de energía  
**EPA:** Agencia de Protección Ambiental  
**FADA:** Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina  
**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura  
**FARN:** Fundación Ambiente y Recursos Naturales  
**FDN:** Fibra Digestible Neutra  
**FINEP:** Financiación de Estudio y Proyecto  
**FOB:** Libre a bordo  
**FUJUDES:** Fundación Jujuy para el Desarrollo Sustentable

**GEI:** Gases de efecto invernadero  
**HLPE:** Grupo de Expertos de Alto Nivel en seguridad alimentaria y nutrición  
**IEA:** Agencia Internacional de Energía  
**IIBB:** Ingresos Brutos  
**INDEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censo  
**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
**INTI:** Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
**IPAAT:** Instituto de Promoción de Azúcar y Alcohol  
**IPCC:** Panel Intergubernamental de Cambio Climático  
**IRENA:** Agencia Internacional de Energía Renovable  
**ISSCT:** Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros  
**ITC:** Impuesto a la Tránsito de Combustible  
**IVA:** Impuesto al Valor Agregado  
**MTEySS:** Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social  
**NBI:** Necesidades Básicas Insatisfechas  
**NEA:** Noreste Argentino  
**NOA:** Noroeste Argentino  
**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico  
**OMM:** Organización Meteorológica Mundial  
**PB:** Producto Bruto  
**PBI:** Producto Bruto Interno  
**PBG:** Producto Bruto Geográfico  
**PEA:** Población Económicamente Activa  
**PEET:** Población en edad de Trabajar  
**PRSE:** Prácticas de Responsabilidad Empresarial  
**RAC:** Residuo Agrícola de Cosecha  
**RFA:** Asociación de Combustible Renovable  
**RFS:** Estándar de Combustible Renovable  
**RUE:** Eficiencia en el uso de Radiación Solar  
**SEMA:** Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán  
**SIG:** Sistemas de Información Geográfica  
**SIJP:** Sistema Integrado de Jubilaciones y Pensiones  
**SRT:** Tiempo de retención de sólidos  
**TAzH:** Toneladas de azúcar por hectárea  
**TCH:** Toneladas de caña por hectárea  
**THR:** Tiempo de Residencia Hidráulico  
**TRE:** Tasa de Retorno Energético.  
**TSS:** Total de sólidos solubles  
**UASB:** Lodo anaeróbico de flujo ascendente  
**UE:** Unión Europea  
**USDA:** Departamento de Agricultura de Estados Unidos  
**USD:** Dólares estadounidenses  
**VA:** Valor Agregado  
**VAO:** Valor Agregado en Origen  
**VCO:** Velocidad de Carga Orgánica  
**WDGS:** Grano de destilería húmedo con solubles  
**YPF:** Yacimientos Petrolíferos Fiscales