

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



LA DIVERSIFICACIÓN COMO OPCIÓN DE DESARROLLO DE LA  
INDUSTRIA AZUCARERA EN MÉXICO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

RAÚL TREJO SÁNCHEZ

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. KURT UNGER RUBIN

CIUDAD DE MÉXICO

2020



## **RESUMEN**

La cosecha de caña en el país aumentó en los últimas tres décadas, favorecida por el crecimiento del precio de la caña y por la seguridad social que ofrece a los cañeros; sin embargo, el campo cañero acusa rezagos en la productividad del campo cañero, que se manifiesta en bajos rendimientos agrícolas; bajo contenido de sacarosa de la caña y malas prácticas de cosecha. Por otra parte, una tercera parte de los ingenios del país operan con márgenes agroindustriales competitivos; mientras que las dos terceras partes con bajos niveles de productividad.

La baja productividad del sector, el desplazamiento en el consumo de azúcar por fructuosa, parte de la industria refresquera, genera excedentes de azúcar con alto costo, que inevitablemente afectan los precios de azúcar y la rentabilidad del sector; razón por la cual, es apremiante la diversificación del sector. En este estudio se muestra, que dejar de producir azúcar para producir etanol y cogeneración de energía eléctrica son viables, en la medida en que las políticas públicas promuevan y orienten hacia otros usos el cultivo de caña, no hacerlo con oportunidad afectará el cultivo de caña y eventualmente el cierre de ingenios en el país. El viraje de la industria, escapa a una solución propia del sector, representa la oportunidad de producir biocombustibles amigables con el medio ambiente.



# Contenido

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1. Justificación .....	1
2. Referencias de investigación sobre productividad y diversificación de la industria azucarera.....	5
3. Objetivos e Hipótesis de la investigación. ....	12
4. Marco teórico – conceptual.....	14
<b>I. MARCO GENERAL DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO .....</b>	<b>25</b>
I.1 Importancia Económica de la industria azucarera. ....	25
I.2 Desarrollo histórico de la producción de azúcar. ....	29
I.3 La baja productividad y el mercado de edulcorantes en México: retos de la industria azucarera. ....	35
<b>II. ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO .....</b>	<b>63</b>
II.1 Planteamiento del Modelo de productividad de la industria azucarera. ....	63
II.2 Heterogeneidad de la industria.....	76
II.3 Índice de productividad de la agroindustria. ....	81
II.4 Productividad de los grupos azucareros. ....	90
II.5 Productividad respecto a los principales países exportadores.....	101

<b>III. ALTERNATIVAS OPERATIVAS PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL.....</b>	<b>109</b>
III.1 Continuar con el Modelo Mono-productor de azúcar con el consecuente cierre de ingenios no productivos y sustitución de la caña por otros cultivos, en zonas cañeras, por baja productividad. ....	111
III.2 Acciones para lograr mejoras en los índices de productividad de la agroindustria. ....	131
III.3 Cambios normativos para favorecer la productividad. ....	136
<b>IV. CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO. ....</b>	<b>139</b>
IV.1 Privatización, apertura comercial y diversificación de la industria .....	139
IV.2 Elementos a considerar para la diversificación .....	150
IV.3 Propuesta de Diversificación .....	163
IV.4 Modificación de la participación del Estado en la industria: de propietario a promotor de uso de biocombustible y de la cogeneración de energía eléctrica. ....	173
<b>V. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>179</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>193</b>
<b>ANEXO 1. BASE DE DATOS .....</b>	<b>205</b>
<b>ANEXO 2. RESULTADOS ECONOMETRICOS.....</b>	<b>208</b>

# INTRODUCCION

## 1. Justificación

Con el peso histórico que tiene la industria azucarera en México, su rol como polo de desarrollo en las zonas donde se ubica y la categoría como bien de utilidad pública que se le ha otorgado al cultivo de la caña de azúcar; el Estado ha participado de diferentes formas para incidir en su desarrollo:

- En la etapa de crecimiento del sector promovió el campo cañero y a la industria, estableciendo instituciones y normatividades; así como, la intervención directa para asegurar el abastecimiento nacional del azúcar.
- Posteriormente promovió la privatización de los ingenios, buscando en el contexto de apertura comercial, mayores niveles de producción con economías de escala, para mejorar la competitividad del sector y estar en condiciones de exportar los excedentes al mercado americano.

Sin embargo, a pesar de que actualmente los volúmenes de producción de azúcar rebasan los 6 millones de toneladas de azúcar, se percibe rezago en la productividad del campo y

mejoría marginal de la industria; por otro lado, la creciente importación de alta fructuosa en México y la limitación de cuotas de exportación de azúcar a Estados Unidos, generan excedentes de azúcar que representan una presión para exportar al mercado mundial, donde México con su estructura de costos no es competitivo.

Se distinguen limitaciones estructurales para mejorar los rendimientos del campo, debido a que las dos terceras partes de la superficie cañera son de temporal y ejidales: hay zonas donde se cosecha la caña con rendimientos menores a 40 ton/ha cuando el promedio nacional es de 70 ton/ha con menor contenido de sacarosa en la caña, generando menores rendimientos en fábrica.

Para lograr un cambio estructural, es imprescindible un crecimiento intensivo en el campo cañero; con plantas nuevas, nuevas variedades, sistemas de riego, mayor tecnificación; sin embargo, su aplicación se dificulta en zonas ejidales, por no disponer de recursos para renovar el campo, mejorar semillas y tecnificar el campo. Una alternativa es que los ejidatarios formen grupos de productores para compactar el campo; mientras que los ingenios deberán arrendar tierras, celebrar contratos de aparecería o comprar tierra.



El problema central de la baja productividad de la agroindustria azucarera se explica:

- Por la baja productividad del campo
- Obsolescencia de los equipos en fábrica, que limitan la continuidad de la molienda y mayor extracción de azúcar.
- Leyes que normalizan la actividad agroindustrial de la caña de azúcar, sin favorecer, la eficiencia operativa del sector;
- La caña de azúcar al considerarse como un bien de utilidad pública, a través de la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA) que norma la compra de caña, no privilegia la calidad de la caña por productor en la compra, se promedian las calidades y sobre ese resultado se paga la caña, desalentando a los buenos cañeros de entregar caña de calidad, afectando así el contenido de sacarosa y los costos operativos al incurrir en mayores gastos para extraer el azúcar.
- Contrato Ley que rige las relaciones contractuales en la industria azucarera, que superan a las prestaciones sociales ofrecidas a los trabajadores en la Ley Federal del Trabajo, sin que haya una correspondencia en mayor productividad.

Los anteriores conceptos, obligan a una reflexión de cómo operan los ingenios y que ajustes deberán realizarse para coadyuvar a mejorar su productividad, y sobre esa base diversificar la industria; de no hacerlo a tiempo, continuará el cierre de ingenios, que pondrían en riesgo el arraigo y la derrama económica que logran éstos, en sus zonas de influencia.

La reconfiguración de la industria azucarera en México es dinámica y se ha adecuado a las nuevas condiciones de mercado. Actualmente, la industria azucarera está nuevamente en manos privadas; en estos cambios se distingue mayor concentración en grupos azucareros; alianzas estratégicas con sus acreedores y bróker para capitalizarse; ventas de ingenios a inversionistas extranjeros; sin embargo, la diversificación de la industria no se ha manifestado como una política de fomento a la productividad y de resolución a la problemática del exceso de azúcar en el mercado nacional.

Sin duda, hay que hacer ajustes en el sector, los grupos que tienen en propiedad varios ingenios deberán consolidarse, especializando a sus ingenios en producir calidades de azúcar diferentes, o diversificar su producción; y aquellos ingenios independientes, sobrevivirán sólo los que inviertan dinero en el campo y la fábrica para mejorar las condiciones de productividad y diversificación.

**La pregunta central para resolver en este trabajo es la siguiente: ¿Qué factores limitan la productividad de la industria, para avanzar hacia la diversificación?**

## **2. Referencias de investigación sobre productividad y diversificación de la industria azucarera.**

Hay varias experiencias en otros países, que muestran que la productividad de la industria azucarera es clave para mejorar la capacidad exportadora de azúcar al mercado mundial; y es base, para lograr que la cosecha de caña se destine a otros productos diferentes a la producción de azúcar, a través de la transformación de mieles finales, que en lugar de venderlo como melaza, produzcan alcohol etílico o etanol para su uso como carburante de motores de combustión interna, es decir, para uso como combustible<sup>1</sup>.

Ante el agotamiento de los recursos fósiles, se requieren de fuentes alternas de energía, existe una gran posibilidad y diversidad por explorar, a través de la energía hidráulica, eólica, solar y la de biocombustible, a partir de cultivos como

---

<sup>1</sup> Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, “*La Industria Alcohólica de México ante la Apertura Comercial*”, Cámara de Diputados. H Congreso de la Unión, (diciembre de 2002). <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0452002.pdf>.

la caña de azúcar. En México, la concentración de energía primaria está en los hidrocarburos y es marginal la producción de energía por biocombustible.

Desde hace varios años se produce alcohol en los ingenios que disponen de destilerías, para el uso de bebidas embriagantes fundamentalmente. La producción de alcohol promedia 14 millones de litros por año, aun cuando la industria tiene una capacidad instalada de alrededor de 100 millones de litros; es pertinente aclarar que solo dos ingenios (San Nicolás y La Gloria) en el país tienen la capacidad de producir 25 millones de litros de alcohol anhidro, que actualmente no lo producen. Respecto a la cogeneración de electricidad para venta, solo tres ingenios: Adolfo López Mateos, Tres Valles y el Molino lo hacen; por otra parte, la mayoría de los ingenios han avanzado en reducir el consumo de petróleo por bagazo, para el consumo de sus calderas y a su vez han mejorado en la autosuficiencia en el consumo de energía eléctrica, dejando de comprar electricidad a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Hay varios estudios en México, que refieren sobre los bajos índices de productividad sobre todo en campo que limitan la eficiencia en fábrica, manifestándose en altos costos de producción, que los dejan fuera de competencia tanto en el mercado nacional con el JMAF y en el mercado mundial del azúcar.

En el trabajo de Noé Aguilar (2012), referente al paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera mexicana<sup>2</sup>, señala que “... los indicadores de productividad 1999/2009 de la agroindustria azucarera mexicana pone de manifiesto que la agroindustria no puede diversificarse bajo las condiciones actuales; debido a que no hay crecimiento de la producción, productividad en los factores de producción, recursos y capacidades; térmica y energéticamente no es autosuficiente y transita cada zafra entre la cima del éxito y el abismo de la crisis. Ha estado caracterizada por patrones sobresalientes de indefinición e incertidumbre sin opciones claras de mejoramiento tecnológico y comercial con una insuficiente infraestructura social y productiva, y obligada a producir en tierras de muy baja calidad y a procesar caña de calidad heterogénea en fábricas obsoletas...”<sup>3</sup>. Dichas conclusiones de hace diez años no son diferentes con las que hoy día opera la industria azucarera; por tal razón, es pertinente definir políticas que favorezcan la productividad y diversificación de la industria.

---

<sup>2</sup> Noé Aguilar Rivera, “*Paradigma de la Diversificación de la Agroindustria Azucarera de México*”, *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, vol. 19, núm. 59, Universidad Autónoma del Estado de México, (mayo-agosto 2012): 187-213. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-14352012000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352012000200008).

<sup>3</sup> Aguilar, “Paradigma”, 198.

Respecto a las experiencias de otros países en la producción de etanol y cogeneración de electricidad, el trabajo de Cárdenas (2014), destaca:

“Brasil

Primer lugar mundial en volumen de producción de azúcar y exportaciones tanto de azúcar como de etanol a base de caña. Desde la década de los 80' la industria azucarera brasileña integró la producción de azúcar con la de bioetanol, durante la zafra 12/13 un 50.5% del total de jugo de caña obtenido se destinó a la producción de bioetanol y el resto a la elaboración de azúcar, resultando en 21.36 miles de millones de litros de bioetanol y en 34 millones de toneladas de azúcar. A partir de la década pasada la legislación Brasileña ha incentivado la venta de excedentes de energía eléctrica de los auto generadores privados, como resultado el sector azucarero ha incrementado su capacidad de generación eléctrica de tal modo que al 2011 se generaron 22,240 GWh en los ingenios brasileños...

Isla Mauricio

...actualmente cuenta con los ingenios azucareros más modernos y eficiente del mundo, generando en promedio 122 kW de electricidad por cada tonelada de caña procesada. La generación eléctrica en los ingenios contribuye con el 17.2%

(481.GWh en 2012) del total de la producción de electricidad de la isla”<sup>4</sup>

“Comparativamente entre México e Islas Mauricio, en la zafra 11/12 la generación de energía eléctrica promedio por tonelada de caña procesada en la primera fue de 16.75 kW, mientras que en el segundo fue de 122 kW, que equivale a más de 7 veces lo que genera en los ingenios mexicanos”<sup>5</sup>

“Si se plantea el objetivo de generar electricidad excedente en los ingenios, los sistemas de cogeneración tendrían que modificarse y modernizarse, se propone... esquemas... de presión alta en las calderas y turbinas a condensación)”<sup>6</sup> “En México, actualmente la mayoría de los ingenios azucareros generan vapor a los niveles de presión que se utilizaban en Brasil hace 30 años, las plantas de generación de energía eléctrica de los ingenios mexicanos no se han modernizado, esto a pesar de que la regulación permite la comercialización de electricidad por parte de un particular bajo los esquemas en la “Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica”<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> José Carlos Rojas Cárdenas, “*Consumo y alternativas energéticas de la industria azucarera mexicana*”, (Tesis Grado de Maestro en Ingeniería. Maestría en Ingeniería en Energía, UNAM, 2014), 56.

<sup>5</sup> Rojas, “Consumo y alterntivas”, 66.

<sup>6</sup> *Ibíd*, 67.

<sup>7</sup> *Ibíd*, 81.

Por lo que respecta, a los estudios de diversificación de la agroindustria azucarera mexicana, destaca el documento elaborado por investigadores de la Universidad de San Luis Potosí, (Aguilar, Galindo, Fortanelli y Contreras, 2009)<sup>8</sup>, los cuales sostienen que en la medida en que se logre disminuir los costos de producción de la caña y azúcar la diversificación como complemento de la producción de azúcar, mejorará la explotación de caña y continuará la sostenibilidad de la economía azucarera en México, como señalan los autores “... las potencialidades para la diversificación de la agroindustria genera durante la producción de azúcar y de los elementos fisiológicos que constituyen la materia prima y de la composición química de los coproductos y subproductos del proceso agroindustrial (residuos de cosecha, bagazo, cachazas o lodo de los filtros, melazas, vinazas y aguas residuales) debido a que todos están compuestos básicamente de azúcares, carbohidratos estructurales del complejo lignocelulósico y material inorgánico, los cuales ofrecen diferentes posibilidades de industrialización con diversas rutas físicas, químicas y biotecnológicas”<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Noé Aguilar Rivera, et al., “¿Porque diversificar la agroindustria azucarera en México?”, *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, vol.3, núm.1 (2009): 62-75. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511851320002>.

<sup>9</sup> Aguilar, “¿Porque diversificar”, 65.



Conviene señalar que donde se puede lograr un cambio estructural es el aprovechamiento de la biomasa residual de la caña de azúcar sobre todo para la obtención de energía.

El Centro Mario Molina (2007), en el estudio que elaboró sobre las políticas para la eficiencia energética en sectores clave de la economía<sup>10</sup>, reconoce que “Existen profundas diferencias entre el desempeño energético entre los diferentes ingenios, ello debido a que la mayoría de las instalaciones son muy antiguas y operan con tecnologías, equipos y prácticas productivas obsoletas. Si se pudiera replicar los sistemas y métodos utilizados de los ingenios más eficientes del país al resto de los ingenios, sería posible lograr ahorros cuantiosos en el consumo de combustible y de electricidad, es de hecho factible que la industria azucarera sea un exportador neto de energía, si se aprovechara integralmente el contenido energético de la biomasa.”<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Centro Mario Molina, “Sector Azucarero” en *Proyecto: Formulación de lineamientos de política en materia de eficiencia energética en sectores clave de la economía para el programa especial de cambio climático*, Instituto Nacional de Ecología, (Noviembre 2007).

<sup>11</sup> Centro Mario Molina, “Sector”, 166.

### **3. Objetivos e Hipótesis de la investigación.**

#### **Objetivo General:**

Identificar las variables más relevantes de campo y fábrica que determinaron la productividad de la agroindustria durante el período, 1994-2018, que coincide con el de proceso de apertura comercial del sector, en el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y evaluar la viabilidad de la diversificación del sector.

#### **Objetivos específicos:**

- Evaluar los determinantes que favorecen el mayor contenido de sacarosa en la caña industrializada y los mayores rendimientos en campo; así como las variables que explican la mayor eficiencia en fábrica en México
- Determinar un índice de productividad, para evaluar el grado de heterogeneidad de los ingenios.
- Determinar las variables que favorecen la diversificación de la industria azucarera, como alternativa que le de viabilidad operativa al sector.

#### **Propósito de investigación**

El propósito del trabajo es determinar los factores que inciden en la productividad agroindustrial, para lograr la

diversificación de la industria azucarera, considerando una serie de variables que influyen en los dos eslabones: campo y fábrica.

### **Hipótesis.**

Si la industria azucarera acusa de bajos índices de productividad, como consecuencia del crecimiento horizontal del campo cañero por bajos rendimientos en campo y bajo contenido de sacarosa en caña; y, de altas pérdidas de sacarosa y tiempos perdidos en fábrica, afectando el rendimiento agroindustrial y la posibilidad de diversificar al sector.

Si mejora la productividad en la industria, se generarán economías de escala, no sólo para producir azúcar a menor costo, sino para diversificar la industria, en la producción de alcohol y cogeneración de energía eléctrica, como una política que le de permanencia y modernización de los ingenios que actualmente operan en el país.

Por otra parte, si no se homogeniza la productividad en la industria, más de una quinta parte de los ingenios cerrarán, sin que esto represente una desabasto nacional del azúcar, por el exceso de inventarios de azúcar que hay en los mercados nacional e internacional; las consecuencias serían que la superficie que deje de cultivar caña, deberá emigrar a otros cultivos o actividades primarias; con la consecuente

disminución de la derrama económica, y la falta de empleos que se dejarían de generar, en las zonas donde se ubiquen los ingenios.

#### **4. Marco teórico – conceptual.**

El trabajo analítico que se presenta es identificar los factores determinan la productividad de la industria azucarera, considerando la información disponible de la industria durante el periodo 1994 – 2018, periodo en que se consolida la total apertura comercial que se negoció en el TLCAN y el proceso de privatización (interrumpido por un decreto de expropiación parcial de la industria).

##### **4.1 Marco de referencia para determinar la productividad agroindustrial.**

Considerando los preceptos básicos de productividad relacionada con la mejora del proceso productivo; es decir, una comparación favorable en la cantidad de insumos que se utilizan y la cantidad de bienes y servicios producidos. La eficiencia de un proceso productivo se puede evaluar, no solo por mayor producción con los mismos insumos, también se puede mejorar la eficiencia porque se producen bienes de mejor calidad con pocos desperdicios, o porque se produce con

menores costos, o mejorar la producción con equipos de menor inversión y poco mantenimiento. La productividad está relacionada así, a mejorar la calidad, el costo, la inversión, etc.

En la medida en que mejora la productividad de los factores, aumentan los rendimientos y se consiguen productos más competitivos.

La productividad de la agroindustria azucarera se evalúa en función a la mayor cantidad de azúcar que se obtiene por hectárea cosechada, que se desglosa en dos eslabones:

- Eslabón de campo.- Rendimiento en campo: Toneladas de caña por hectárea cosechada
- Eslabón de Fábrica.- Rendimiento en Fábrica: Toneladas de azúcar que se obtiene por tonelada de caña molida, en términos porcentuales.

#### **4.2 Alternativas de diversificación de la caña de azúcar.**

El azúcar es el producto que más se conoce y comercializa de la caña de azúcar; sin embargo, hay otros productos derivados de la caña de azúcar, tales como: hojas y cogollos, bagazo, cachaza, miel, alcohol y electricidad (coproductos) de los cuales a su vez se deriva una gran cantidad de subproductos:

- Los residuos agrícolas cañeros que se quedan en el campo después de la cosecha, se utilizan para las calderas de los ingenios.
- El bagazo es un subproducto fibroso, del cual se obtiene por tonelada de azúcar se obtienen aproximadamente 2.5 ton de bagazo con 50% de humedad; se utiliza para la producción de pulpas papeleras, productos aglomerados, furfural y otros; sin embargo, el mayor uso que se le da es utilizarlo como combustible para la generación de vapor y electricidad.
- La cachaza son los lodos después que se obtienen después de clarificar el jugo de la caña de azúcar, se utiliza como composta para enriquecer los suelos para la siembra de la caña, también se produce cera y alimento animal.
- La melaza o miel final, subproducto rico en sacarosa que sale del área de cristalización, del cual ya no se pudo generar cristales de azúcar. De las mieles se puede obtener levadura, alcohol etílico con muy variados fines: para producir alcohol etileno, anhídrido (combustible) industrial, ron y otras bebidas.
- El etanol a partir de la caña de azúcar, ha sido una opción relevante, comparado con otro tipo de cultivos como el trigo, sorgo o maíz. La productividad por

etanol oscila sobre los 6,000 litros por hectárea de caña. La ventaja que tiene el etanol sobre el petróleo es su nivel de concentración de oxígeno, lo que permite una combustión más limpia, mejor desempeño de los motores, lo que conlleva a menor emisión de contaminantes.

El proceso productivo de azúcar, etanol y cogeneración se muestra en el Diagrama 1.

Los tres productos principales que se obtienen de la caña de azúcar como el azúcar, alcohol y energía eléctrica, están sujetos a las condiciones propias del mercado y a políticas económicas que alientan o inhiben su funcionalidad, como señala Muñoz (2015) “Entre los factores más importantes que afectan la producción, la generación, la demanda y el consumo de estos productos son: Las políticas gubernamentales, tanto de los países productores como de los compradores, tales como subsidios o impedimentos arancelarios, los efectos climáticos regionales y las leyes regulatorias para la conservación del medio ambiente, la entrada a los mercados de competencias de economías emergentes, la necesidad de sustitución de las materias primas no renovables, tales como el petróleo y sus derivados, el auge y la búsqueda de biocombustibles y materias primas biodegradables, y en general el crecimiento de

# DIAGRAMA 1- PRODUCCION DE AZUCAR, ETANOL Y ENERGIA ELECTRICA DE LA CAÑA DE AZUCAR.

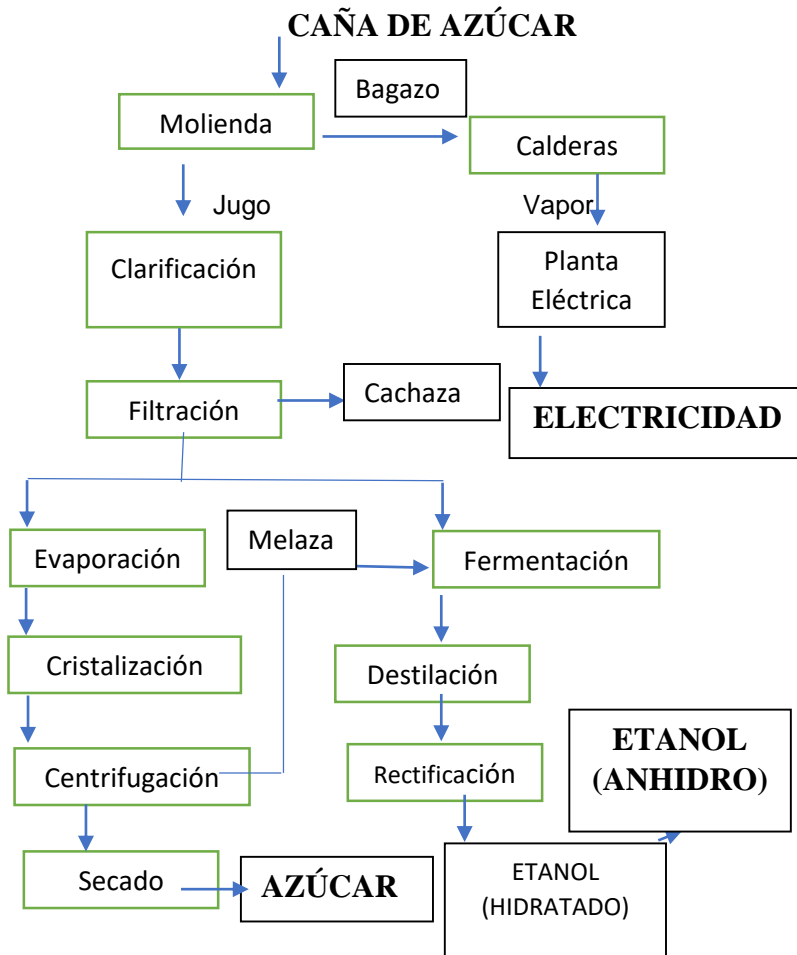


Diagrama propio elaborado a partir de la investigación.



las economías en un mundo cada vez más globalizado.”<sup>12</sup>

Reconociendo que para todos los coproductos y derivados de la caña hay mercados diferentes, con diferente valor agregado y con tecnologías desde las que no requieren de mayor sofisticación hasta aquellas más complejas y de punta, se muestra en el cuadro siguiente, en la primer columna, las diferentes materias primas provenientes de las fases de fabricación de azúcar, a la derecha, las tecnologías y los usos que frecuentemente se dan a los derivados, Cuadro 1, los cuales convencionalmente se clasifican en cuatro generaciones:

1. La primer generación se refiere al uso directo de los subproductos, con bajo nivel de procesamiento.
2. La segunda generación ocupan subproductos y coproductos del proceso azucarero, con tecnologías de baja y mediana complejidad.
3. La tercera generación es el procesamiento de productos con transformación química y biotecnología de derivados de la segunda generación y el azúcar, partiendo de tecnología mediana y alta complejidad.

---

<sup>12</sup> Mario Muñoz, “Perspectivas de los coproductos de la caña de azúcar” en El Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, ed. Mario Melgar, et al., (CENGICANA, Artemis Edinter, 2014), 420-446.

## CUADRO 1. DIVERSIFICACION DE LA CAÑA DE AZUCAR

Diversificación de los coproductos de la caña de azúcar					
Materia Prima	Elemental	Convencional	Compleja	De punta	Usos
		Tecnología (productos/procesos)			
		Convencional	Compleja	De punta	Usos
Hojas y cogollos	Uso directo	Hongos comestibles Densificación			Alimento humano y animal Mejorador de suelo Alimento animal
Bagazo	Mezclado con melaza	Ensilaje con cachaza Aumento digestibilidad Compactado	Pulpay papel Tableros moldeados Furfural Xilitol	Papel y cartones Celulosa macrocristalina Compuestos de lignina Compuesto furánicos	Alimento animal, uso industrial Combustible, uso industrial, farmacéutico Uso industrial, veterinario Uso industrial, farmacéutico
Meollo*	Mezclado con melaza	Aumento digestibilidad			Alimento animal
Jugos y mieles pobres		Alcohol Levadura de recuperación	Glucosa, Fructuosa Citrico, láctico	Derivados de la levadura Enzimas hormonas	Potable y uso industrial, farmacéutico Alimento animal, uso industrial, agrícola
		Aguardiente, ron Gas carbónico	Levadura forrajada Lisina	Control de plagas Alcohol reactivo	Uso humano, alimento, uso agrícola Uso industrial en alimentos, laboratorios
		Deshidratación Alcohol	Destrana, Xantano Alcohol	Bebidas Fitosteroles	Uso industrial, consumo humano Potable y uso industrial, cosméticos
Melaza	Mezclado con bagazo o meollo Bloques nutricionales	Levadura de recuperación Aguardiente, ron Gas carbónico, hielo seco Deshidratación	Glucosa, Fructuosa Citrico, láctico Levadura forrajera Lisina Destrana, Xantano, Alcohol		Alimento animal Alimento animal, uso humano Uso industrial en alimentos Uso industrial Uso industrial Uso industrial
Cachaza	Uso directo Secado al sol	Composteo	Ceras, aceite	Alcoholes de alto peso	Fertilizantes, uso industrial y farmacéutico Fertilizante
Ceniza	Mezclado con cachaza				Fertilizante
Residuales	Tratamiento de lagunas				Fertilizante
Vinaza	Aspersión en campos	Tratamiento de lagunas	Levadura forrajera		Fertilizantes, riego Protección medio ambiente
			Biogas Concentración/incineración		Protección medio ambiente
Nota: * meollo: médula de la caña, residuo de la caña después de haberle quitado la fibra					

Fuente: Cuadro tomado del trabajo de Mario Muñoz, “Perspectivas”, 425.

4. La cuarta generación está vinculada a los productos obtenidos de la segunda y tercera generación, dando lugar a productos de alto valor agregado que parten de tecnologías químicas y bioquímicas de alta complejidad.

Actualmente, hay un replanteamiento sobre las fuentes alimenticias y energéticas -con relación a los hidrocarburos y los biocombustibles; la composición química y estructural de la caña de azúcar, coproductos y subproductos hace que sea atractiva su transformación a través de procesos químicos o biotecnológicos en productos con un alto valor agregado de interés para el mercado.

Como señala Aguilera (2012) “En éste sentido la diversificación se considera como un mecanismo para mejorar la rentabilidad y estabilidad del sector. En caña de azúcar, una decisión clave es si sus componentes estructurales pueden ser mejorados a través de ingeniería metabólica y estos se destinan para la coproducción con la sacarosa para el sector alimentario, o si solo la caña es cultivada para usos industriales no alimentarios.”<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Noé Aguilar Rivera, et.al. “Sucroquímica, alternativa de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar” Multiciencias, Vol.2, Num.1, (enero – marzo 2012), <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90423275002>.

“La constitución de nuevas rutas productivas, la sucroquímica y la alcohóquímica; para las cuales la sacarosa no es un edulcorante sino una sustancia química y el etanol una materia prima, no un solvente, que pueden transformarse en otros productos químicos de mayor valor”.<sup>14</sup>

La utilización del azúcar desde un punto de vista no alimentario, es posible debido a que la alta producción de sacarosa en forma cristalina, lo hace un sustrato para el desarrollo de nuevas tecnologías químicas y microbiológicas; este edulcorante es químicamente versátil porque puede utilizarse en una diversidad de reacciones análogas a la petroquímica, donde se distinguen tres procedimientos: fertilización, degradación y síntesis, de donde se obtienen los derivados de la sacarosa: Véase Diagrama 2.

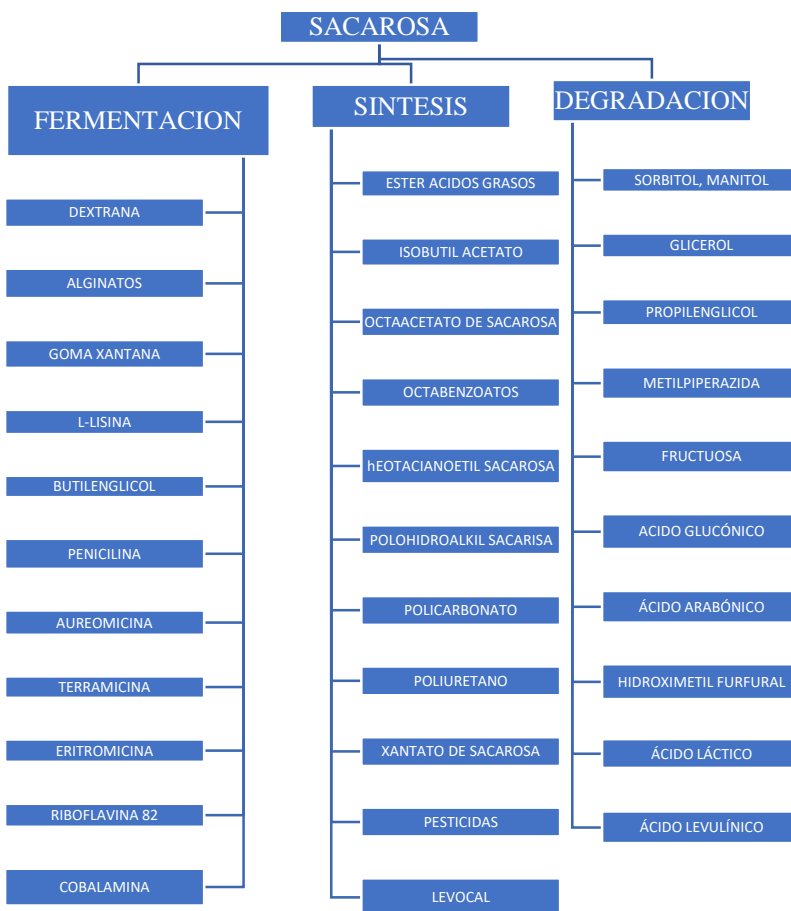
Son amplios los productos que se obtienen de la sacarosa, que se pueden clasificar dentro de las categorías comerciales siguientes: alimentos, piensos, combustible, explosivos, clastómetros, lubricantes, disolventes, acondicionadores de suelo, fibras, adhesivos, papel, plaguicidas, plastificantes, bioplásticos, revestimientos de superficie, medicinas/fármacos y cosméticos. La ventaja de todos ellos es que provienen de la caña de azúcar, que es un recurso renovable y la mayoría de

---

<sup>14</sup> Aguilar, “Sucroquímica”, 9.

las sustancias sacroquímicas son biodegradables, atóxicas, no carcinógenas, lo que contribuyen a un ambiente más amigable.

**DIAGRAMA 2. PRODUCTOS DE REACTIVIDAD DE LA SACAROSA.**



**Funte: Diagrama tomado de Aguilar, “Sacroquímica”, 13.**

Las variables que han restringido o fomentado la diversificación son: la productividad del campo, la eficiencia en fábrica y energética de los ingenios, los precios del azúcar y del petróleo, tecnologías, costo de la materia prima, impacto ambiental, entre otros.

La diversificación se ha manifestado a través del alcohol, vinazas y aminoácidos; además los productos derivados de la fibra de caña representan inusmos para aminoácidos, alimento animal, papel, combustible, detergentes, aceites, lubricantes y pinturas, son mercados poco explorados.

Por la parte que corresponde a los energéticos, como son cogeneración eléctrica, etanol, biodisel y gas sintético, tampoco ha sido explorada, por razones que tienen que ver con regulaciones y la falta de visión de sustitución de industrias fósiles por industrias limpias.

## **I. MARCO GENERAL DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO.**

### **I.1 Importancia Económica de la industria azucarera.**

La relevancia de la industria azucarera nacional es social y económica, en particular en el campo, genera más de 440 mil empleos directos y la derrama económica que beneficia directa e indirectamente a más de 2.2 millones de personas. La cobertura económica de la industria está en 15 entidades federativas, en 227 municipios donde habitan más de 12 millones de personas.<sup>15</sup>

De acuerdo a los resultados de la zafra 17/18, los 51 ingenios que operan en el país, recibieron 53.3 millones de toneladas de caña que fueron cosechadas en una superficie de 784 mil hectáreas (has) para producir 6 millones de toneladas (tons) de azúcar, con un valor de 84 mil millones de pesos y alrededor del 57% de este valor se quedó en los 164 mil productores de caña, en un período que comprendió del 6 de noviembre de 2017 al 16 de junio de 2018. Esta actividad representa el 0.5% del Producto Interno Bruto (PIB), 5% del producto interno bruto del sector primario y el 2.4% del PIB manufacturero.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> SAGARPA, CONADESUCA y SIAP, “Atlas de la Agroindustria de la caña de azúcar 2015”, 1era. Ed. 2016, 23.

<sup>16</sup> Manual Azucarero Mexicano 2018, 25.

En 15 entidades del país se produce azúcar; sin embargo 9 estados concentran el 88% de la producción total, destacando los Estados de Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí como los de mayor producción.<sup>17</sup>

La producción de azúcar nacional se clasifica en 7 regiones, que tienen la particularidad de agrupar a los ingenios en zonas con características comunes. Ver mapa 1.

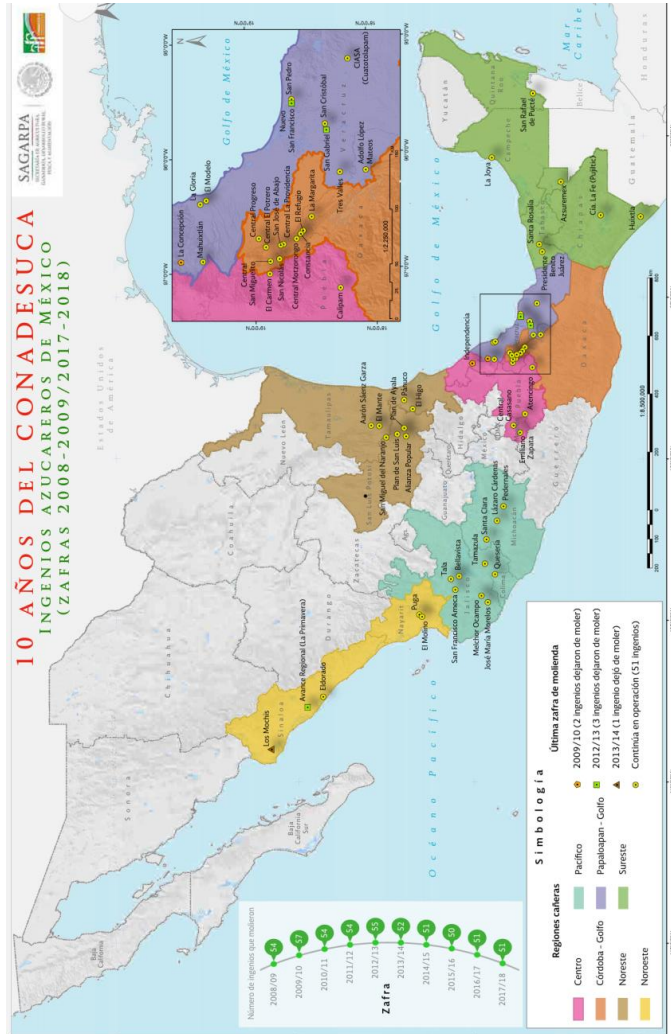
- **Centro:** Emiliano Zapata, Central Casasano, Atencingo, Calipam y el Carmen. (Zonas: Dos de Morelos, dos de Puebla y uno de Veracruz respectivamente).
- **Noreste:** Plan de San Luis, Alianza Popular, San Miguel del Naranjo, Plan de Ayala, Pánuco, Xico, El Higo y El Mante (Zona: cuatro de San Luis Potosí, dos de Veracruz y dos de Tamaulipas).
- **Noroeste:** El Dorado, El Molino y Puga
  - **Pacífico:** Tamazula, Pedernales, Melchor Ocampo, Bellavista, San Francisco Ameca,

---

<sup>17</sup> “5to informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México. Zafras 2008/09-2017/18”, Conadesuca, Documentos. Dirección de información estadística, proyecciones y comunicación (DIEPROC). Consultado el 15 de febrero de 2009. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392732/Nacional\\_y\\_Entidad\\_Federativa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392732/Nacional_y_Entidad_Federativa.pdf)



# MAPA 1. GEOGRAFÍA DE LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA.



Fuente: El mapa de obtuvo de la publicación electrónica de CONADESUC A. [www.siiba.conadesuca.gov.mx/GEO\\_PORTAL\\_CO NADESCUA/IngeniosMexico20162017.html](http://www.siiba.conadesuca.gov.mx/GEO_PORTAL_CO NADESCUA/IngeniosMexico20162017.html).

Lázaro Cárdenas, Quesería, Tala, Santa Clara y José María Morelos (Zonas: seis de Jalisco, uno de Colima y tres de Michoacán).

- **Papaloapan – Golfo:** Tres Valles, La Gloria, Cuatotolapam, Mahuixtlán, San Cristóbal, Adolfo López Mateos, El Modelo y San Pedro. (Zonas: siete de Veracruz y uno de Oaxaca).
- **Sureste:** Pujiltilic, Santa Rosalía, Benito Juárez, La Joya, Huixtla, San Rafael de Pucté y Azsurumex. (Zonas: tres de Tabasco, dos de Chiapas, uno de Campeche y otro de Quintana Roo).

Las dos regiones Córdoba – Golfo y Pacífico son las más importantes por concentrar 20 de los 51 ingenios que operan en el país, participan con el 31% de la superficie industrializada; 32.8% de la caña molida y con el 33% de la producción de azúcar.

Sin embargo, los mayores rendimientos en campo próximos a 100 ton. de caña por ha. se concentraron en la zona centro que incluye los estados de Morelos y Puebla; la misma zona con los mayores rendimientos en fábrica superiores al 12.4%, y los mejores rendimientos agroindustriales superiores a 12 ton. de azúcar por ha. Estos resultados, se concentran en tres ingenios: Emiliano Zapata, Casasano y Atencingo.

En contraste, las regiones con menor rendimiento en campo fueron las regiones del Noreste, Papaloapan – Golfo y Córdoba – Golfo que concentran 26 ingenios; mientras que los menores rendimientos de fábrica se concentraron en las regiones del Papaloapan - Golfo y el Sureste con 15 ingenios.

Lo anterior muestra la heterogeneidad de los resultados por regiones, donde coexisten regiones con rendimientos de campo de 62 a 100 ton. /ha. que se explican por diferentes condiciones climáticas, de variedades de caña, atención al campo, etc. Lo mismo se presenta con los rendimientos físicos de fábrica que van de 10.57% a 12.48%, que se explican por diferencias en la calidad de caña, condiciones de fábrica, de tiempo perdido, etc.

## **I.2 Desarrollo histórico de la producción de azúcar.**

En el recorrido de un siglo, la industria azucarera mexicana pasó en 1918 de producir 44 mil toneladas (ton) de azúcar, a 2018 con 6 millones de toneladas de azúcar <sup>18</sup> Véase gráfico 1.

En cada etapa histórica de la industria azucarera nacional, se construyó la estructura y administración del sector; se diseñaron las normas y se crearon las instituciones para regular

---

<sup>18</sup> El récord de producción de azúcar fue en la zafra 2012/13 cuando se lograron casi 7 millones de ton de azúcar.

su funcionamiento, con un mercado organizado e instituciones financieras para ofrecer crédito para el campo y la fábrica con el objetivo de garantizar la autosuficiencia alimentaria y a través de la legislación cañera se diseñaron los incentivos para que el agricultor, que es propietario de un ejido, cultive caña garantizándole certeza y garantía de la compra de la caña por parte del ingenio y seguridad social.

### GRAFICO 1. PRODUCCION DE AZUCAR EN MEXICO (miles de toneladas) (1918-2018).

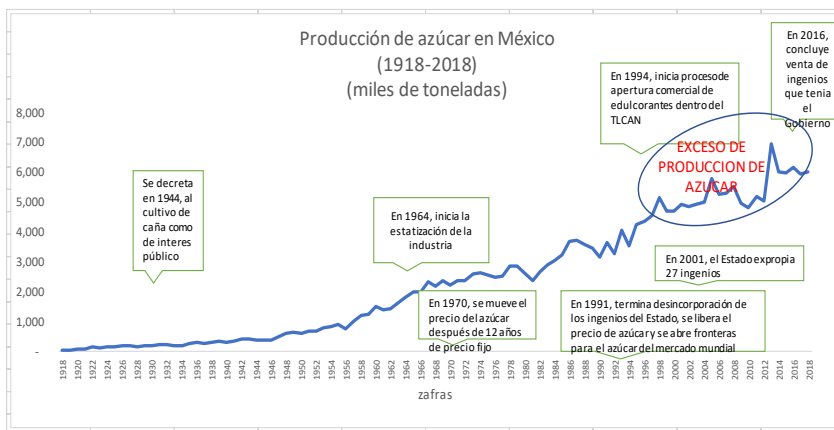


Gráfico elaborado con datos publicados por el Manual Azucarero Mexicano. 2018.

Después del periodo revolucionario, se distinguen cinco etapas de la industria azucarera en México<sup>19</sup>:

<sup>19</sup> Luis Ramiro García Chávez, “La agroindustria azucarera de México frente la apertura comercial”. (Universidad Autónoma de

1. **Recuperación y estabilización (1922-1950).** Una vez concluida la revolución, con la repartición de tierras sobre todo en el régimen de Lázaro Cárdenas, a través del ejido, hubo disponibilidad de tierras entre otras cosas, para el cultivo de caña. Durante la década de los 30' se desarrollan los organismos privados y públicos que regulan la comercialización del azúcar con Azúcar, S.A. (1933) y Unión Nacional de Productores de Azúcar (UNPASA) (1938). En los 40' se establece el Decreto Cañero sobre el cual se determinan las relaciones formales entre industriales y cañeros, en donde se regula entre otras cosas, que cada ingenio disponga de una zona cañera y éste tenga la obligación de contratar la caña que se coseche; se establece el sistema de pago de la caña a través de asegurar el rendimiento en fábrica del 8%; se constituye la Financiera Nacional Azucarera (FINASA), siendo sus accionistas los ingenios afiliados a la UNPASA para garantizar el crédito a través de los ingenios como dispersores del crédito para las labores de siembras y cultivo de la caña.

---

Chapingo. México, 1997), 8. El autor distingue las primeras 5 etapas. La sexta etapa, es la que se analiza en éste trabajo.

2. **Crecimiento acelerado (1951-1968).** Con la segunda guerra mundial y con el embargo comercial de Estados Unidos a Cuba, la demanda externa y los precios externos del azúcar se incrementaron, al incrementarse el cupo de exportación de azúcar al mercado americano, propiciando tasas de crecimiento promedio anual superiores al 8%. Se transforma la banca de desarrollo y otorga créditos a toda la industria azucarera con la estatización de FINASA. Sin embargo, con el modelo de desarrollo de sustitución de importaciones con tasas de inflación baja, se buscó que el mercado doméstico del azúcar mantuviera bajos los precios, manteniéndose fijo el precio del azúcar por más de una década durante 1958-1969. Estatización de los ingenios.
3. **Estancamiento y crisis (1969-1982).** Una vez concluidos los eventos internacionales extraordinarios, los precios bajos del azúcar fueron descapitalizando al sector y endeudando a los ingenios. La modernización de los ingenios fue marginal, solo una cuarta parte contaba con equipos modernos. Con el gobierno de Luis Echeverría se controlaba la mitad de los ingenios del país para rescatarlos de su estancamiento. Para alentar el cultivo de caña se modifica el decreto cañero

para pagar la caña de acuerdo con el contenido de sacarosa, dando resultados favorables. Sin embargo, en virtud de la poca eficiencia en fábrica de los ingenios de nueva cuenta se modifica el decreto cañero, para determinar el pago de la caña en función al rendimiento industrial. Durante la década de los 70' los ingenios disminuyeron su productividad.

4. **Reordenamiento y autosuficiencia (1983-1990).** Se implementa el Programa Institucional de Mediano Plazo que tiene como objetivo central la autosuficiencia en la producción de azúcar, mediante la mejora en la eficiencia productiva. Se indexa el precio del azúcar al Índice de Precios al Consumidor. Se transfieren una serie de subsidios al sector porque los costos de producción eran mayores a los precios de venta. Desincorporación de los ingenios paraestatales.
5. **Privatización, apertura comercial, expropiación y privatización de la industria (1991-2018).** Se privatiza el sector, se libera el precio del azúcar y se abre al mercado mundial del azúcar e inicia el proceso de apertura al mercado americano de los edulcorantes a través del TLCAN; sin embargo, las importaciones del Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa (JMAF), fueron un sustituto del azúcar, afectando su consumo,

generando excedentes, disminuyendo los precios de mercado, que junto con los altos costos financieros derivado de los altos niveles de endeudamiento del sector, desembocó en problemas de insolvencia, obligando la intervención del gobierno, expropiando en 2001, a 27 ingenios. Con la intervención directa del Estado en la industria, con la posesión de 27 ingenios, a través del Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA), la industria mejoró su condición de precios, al ser el FEESA la referencia de precios y ordenamiento del mercado a través de la exportación de los excedentes de inventarios al mercado americano; su participación con el 47% de la producción influyó positivamente en el desarrollo de la industria, a través de subsidios en su operación; lo cual no fue sostenible porque los propietarios de los grupos azucareros afectados por la expropiación (Gam, Machado, Santos) promovieron amparos que finalmente resultaron favorables, obligando al Gobierno Federal a devolver los ingenios a sus propietarios originales durante 2004-2008, con excepción de los ingenios que eran del Grupo Escorpión. Se concluye con la privatizan de los ingenios que administraba el FEESA, vendiéndolos a los Grupos: Beta San Miguel, Zucarmex, Piasa y



Porres, concentrando aún más la industria en Grupos azucareros que ya operaban, en el contexto de la apertura plena de edulcorantes bajo el TLCAN a partir de 2009, que a partir de 2014, tuvo su primer revés en limitar el volumen de exportación al mercado americano por subsidios y dumping en México.

### **I.3 La baja productividad y el mercado de edulcorantes en México: retos de la industria azucarera.**

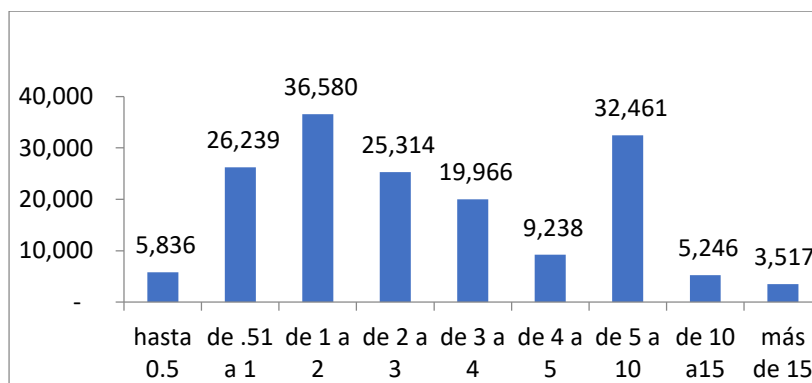
En el presente trabajo de investigación, se analizará una serie de parámetros relacionados con la productividad en dos eslabones de la industria azucarera: el campo cañero donde se siembra, cultiva y cosecha la caña; y la fábrica donde se muele la caña para extraer el azúcar.

#### **I.3.a Campo Cañero**

Aproximadamente participan en el campo cañero 165 mil productores, con tenencia de tierra predominantemente ejidal, el 72% de los productores de caña son ejidatarios; tres cuartas partes del campo cañero está integrado por productores que tienen propiedad inferior a 5 has., lo que significa que una

cuarta parte dispone de 5 o más hectáreas. Solo una parte marginal, el 2% de los cañeros disponen de más de 15 has. Véase gráfico 2.

**GRÁFICO 2. CAÑEROS POR PROMEDIO DE TENENCIA DE HECTÁREAS**



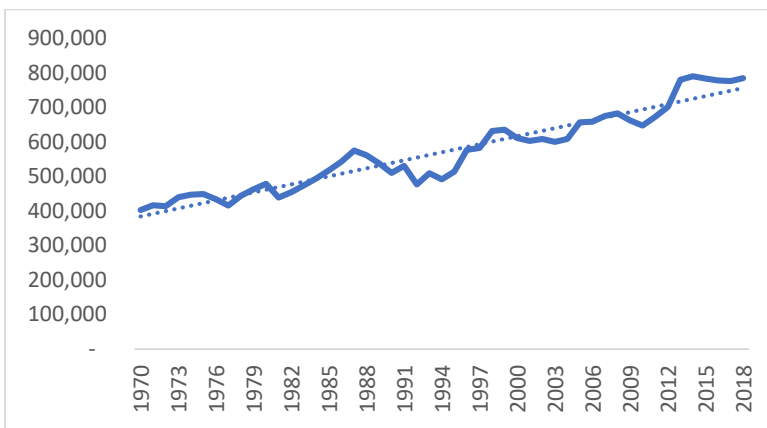
**Fuente: FIRA. Panorama Agroalimentario. 2017**

Con el objeto de valorar en un período de tiempo mayor 1970-2018 el comportamiento del campo cañero se muestran los siguientes datos, que muestran entre otros aspectos los siguientes:

Durante el periodo de 1970-2018 la superficie cosechable de caña pasó de 402 mil a 785 mil hectáreas, véase gráfico 3, registrando una tasa de crecimiento promedio anual del 1.4%, evidenciando un crecimiento extensivo del campo; en el mismo período el número de ingenios paso de 69 a 51 ingenios,

cerrando en dicho período 18 ingenios, sin que afectará el crecimiento de la superficie.

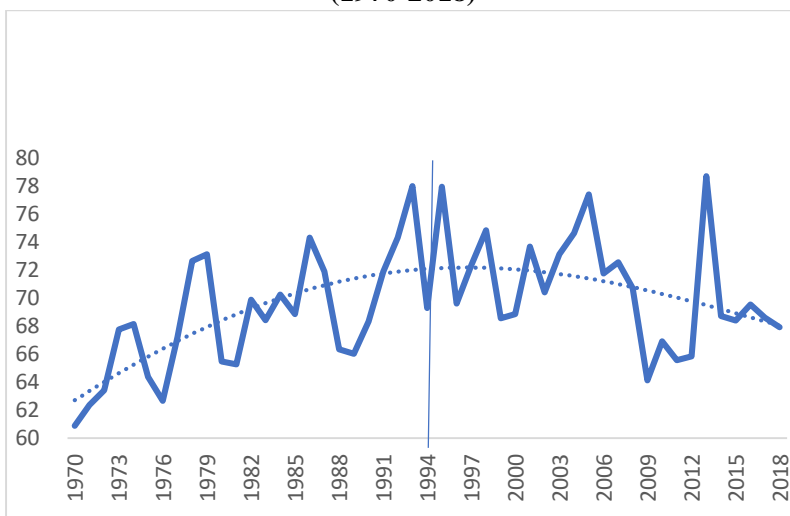
**GRAFICO. 3 SUPERFICIE COSECHADA, (hectáreas)  
(1970-218)**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18.  
Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.**

Por lo que respecta al rendimiento en campo, es decir, el número de toneladas de caña cosechadas por hectárea, el rendimiento en campo paso de 61 a 68 ton/ha, promediando durante el período rendimiento de 70 ton/ha; destaca que durante la primera mitad del período (1970-1994) el rendimiento alcanzó 78 ton/ha; mientras que en el segundo período (1995-2018) se distingue disminución del rendimiento hasta promediar 71 ton/ha. Véase gráfico 4.

**GRÁFICO 4. RENDIMIENTO EN CAMPO, (toneladas de caña/hectárea) (1970-2018)**



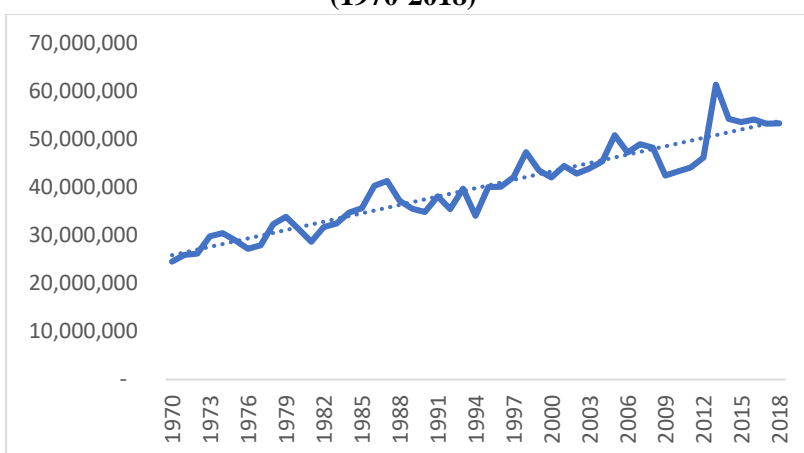
**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR**

Una de las variables que explican éste comportamiento, es que durante los 90's con la privatización de los ingenios, el crédito al campo disminuyó<sup>20</sup> y con ello el rendimiento en campo. Esta variable contrasta con el crecimiento continuo de la superficie cañera, evidenciando el crecimiento extensivo a costa del crecimiento intensivo en campo.

<sup>20</sup> Financiera Nacional Azucarera, la banca de desarrollo de la caña de azúcar, deja de financiar las actividades agrícolas e industriales de los ingenios de forma notoria a mediados de la década de los 90', por el elevado nivel de apalancamiento de los ingenios y el crecimiento de cartera vencida que registraron en ese período.

Por lo que respecta a la caña cosechada, durante el mismo período paso de 24 a 53 millones toneladas, alcanzando en la zafra 2012/13 el record de 61.4 millones de toneladas de caña, registrando tasa de crecimiento promedio del 1.63% anual. Véase Gráfico 5.

**GRÁFICO 5. CAÑA COSECHADA, (toneladas)  
(1970-2018)**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR**

### **I.3.b Ingenios azucareros**

En la zafra 2017/18, operaban 51 ingenios en el país, integrados por 11 grupos por 45 ingenios y 6 ingenios operan de forma independiente, de éstos 2 ingenios San Nicolás forma parte del Grupo Fanjul de Florida y Pantaleón forma parte del Grupo Pantaleón de Guatemala. Véase cuadro 2.

**CUADRO 2. GRUPOS AZUCAREROS EN MÉXICO ZAFRA  
17/18.**

<b>Grupos Azucareros</b>	<b>Ingenios</b>	<b>Tipo de azúcar Estandarista/re finador</b>
1. Beta San Miguel	1. Casasano	Estándar
	2. El Potrero	Refinador
	3. La Providencia	Estándar
	4. San Miguelito	Estándar
	5. Constancia	Estándar
	6. Emiliano Zapata	Estándar
	7. Quesería	Estándar/Refino
	8. San Francisco Ameca	Estándar
	9. San Miguel del Naranjo	Estándar/Refino
	10. San Rafael de Pucte	Estándar
	11. Santa Rosalía	Estándar
2. Zucarmex	12. Pujilic	Estándar
	13. El Higo	Estándar
	14. Atencingo	Estándar
	15. San Cristóbal	Estándar/Refino
	16. Mahuixtlán	Estándar
	17. Melchor Ocampo	Estándar
3. PIASA	18. Adolfo López Mateos	Refino
	19. Plan de San Luis	Refino
	20. Tres Valles	Refino
4. Santos	21. Alianza Popular	Estándar
	22. Bellavista	Estándar
	23. Cuatotolapam	Estándar
	24. Pedernales	Estándar
	25. Plan de Ayala	Estándar
5. Porres	26. San Pedro	Estándar
	27. Huixtla	Estándar
	28. Modelo	Estándar
	29. Santa Clara	Estándar
6. Grupo Azucarero México	30. El Dorado	Estándar
	31. Lázaro Cárdenas	Refino
	32. Benito Juárez	Estándar/Refino
	33. Tala	Estándar

7. Sáenz	34. Xico	Estándar/Refino
	35. El Mante	Estándar/refino
	36. Tamazula	Estándares/refino
8. La Margarita	37. Progreso	Estándar
	38. Morelos	Estándar
	39. La Margarita	Estándar
9. Azucarero del Trópico	40. La Gloria	Estándar
	41. La Joya	Estándar
10. Motzorongo	42. Motzorongo	Estándar
	43. El Refugio	Estándar
11. García González	44. El Carmen	Refino
	45. Calipam	Estándar
Independiente	46. Puga	Estándar/Refino
Independiente	47. Pánuco	Estándar
Independiente	48. Azsuremex	Estándar
Independiente	49. San José de Abajo	Estándar
Independiente	50. El Molino	Estándar
Independiente	51. San Nicolás	Refino

**Datos elaborados con información del Manual Azucarero Mexicano 2018.**

Los grupos líderes son: Beta San Miguel con 11 ingenios; Zucarmex 6 ingenios; Margarita-Motzorongo 5 ingenios; Piasa 3 ingenios; Santos 5 ingenios, Porres 4 ingenios y Grupo Azucarero México 4 ingenios conjuntamente concentran: el 75% de los ingenios y el 79% de la producción de azúcar, en la zafra 2017/18.

Aun cuando hay 51 ingenios en el país, los ingenios de los Grupos más representativos de la industria (Beta San Miguel, Zucarmex, Margarita-Motzorongo, Santos, Sáenz, Piasa, Gam

y Porres) son 38 ingenios y conjuntamente producen 4.7 millones de ton de azúcar, con nivel de concentración de acuerdo con el índice de Herfindhal moderado<sup>21</sup>, tienen la capacidad suficiente para cubrir la demanda doméstica de azúcar y la cuota de exportación al mercado americano.

Durante el período analizado de 1970-2018, llegaron a operar 69 ingenios en el país en 1984, para el año 2000 ya eran 60 en 2010 eran 57 ingenios y actualmente operan 51 ingenios en el país.

El rendimiento en fábrica que corresponde al % de azúcar, en términos de kilos que se muele por tonelada de caña; por ejemplo, si el rendimiento en fábrica fuera del 10%, significa que se obtienen 100 kg de azúcar por tonelada de caña molida. Durante el período analizado, el rendimiento en fábrica paso de 9% en 1970 a 11.27%, es decir, con tasa de crecimiento promedio del 0.47% anual, alcanzando niveles máximos de 11.74% en la zafra 11/12. Véase Gráfico 6.

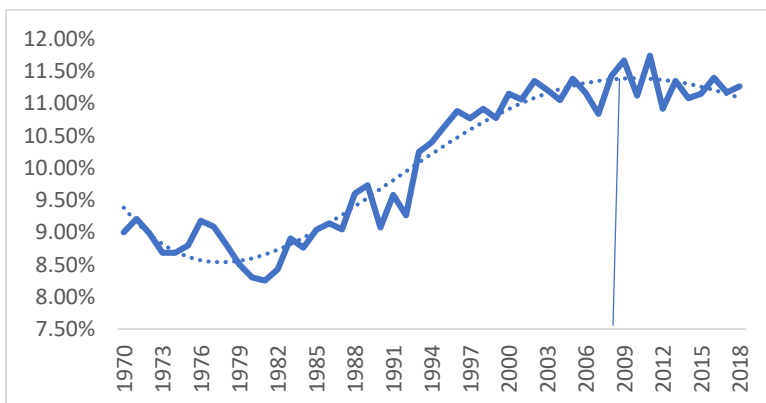
La producción de azúcar en el mismo período analizado paso de 2.2 a 6 millones de toneladas, alcanzando en la zafra 2012/13 la producción récord con 6.97 millones de toneladas

---

<sup>21</sup> De acuerdo al índice de Herfindhal, indicador que mide el grado de concentración de un mercado, el resultado para el caso de los grupos que conforman la industria azucarera, para la zafra 17/18 fue de 1,178 índice de concentración clasificada como moderada.



**GRÁFICO 6. RENDIMIENTO EN FÁBRICA % (1970-2018)**

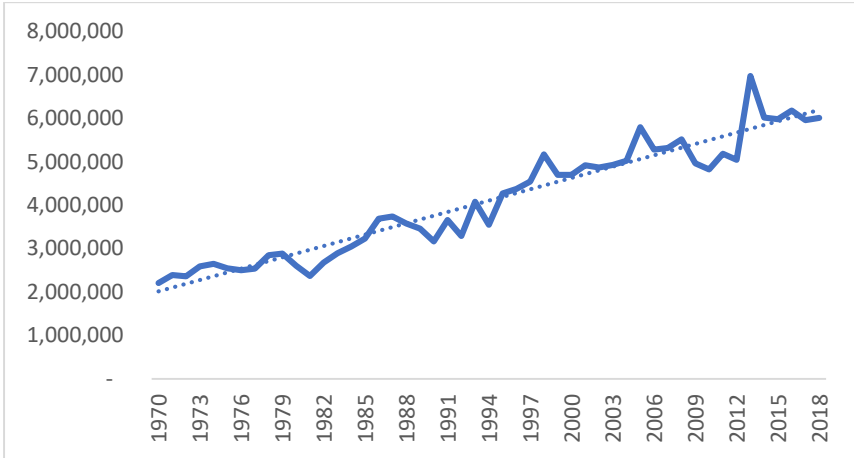


**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.**

de azúcar. La tasa de crecimiento promedio fue del 2.11% anual. Las 3 millones de toneladas de azúcar se lograron en 1984; para 1993 con 4 millones de toneladas de azúcar se pasó de la autosuficiencia de azúcar, a un periodo a partir de 1994, de excedente de producción, del mercado exclusivamente de azúcar al mercado de edulcorantes, después de 25 años, el JMAF se consolida en la industria refresquera. Véase Gráfico 7.

Referente al rendimiento agroindustrial durante el mismo período paso de 5.48 en 1970 a 7.66 toneladas de azúcar por hectárea, registrando tasa de crecimiento promedio de 0.7% anual, alcanzando el máximo nivel en la zafra 12/13 con 8.94

**GRÁFICO 7. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR, (toneladas)  
(1970-2018).**

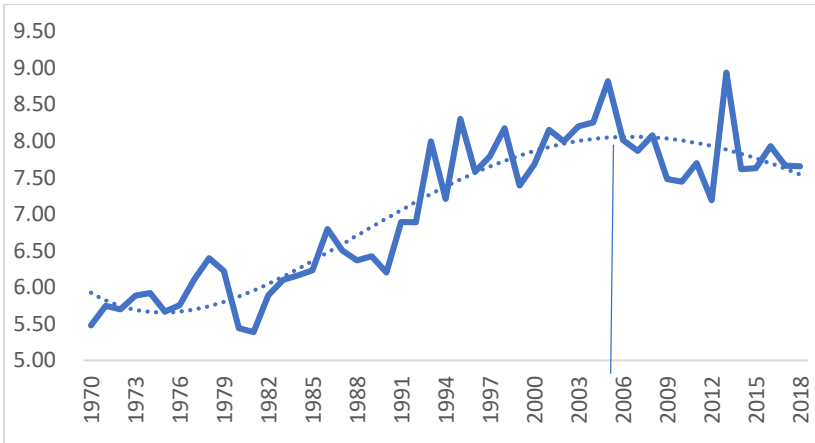


**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18.  
Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR**

ton de azúcar/ha<sup>22</sup>; sin embargo, desde 2006 que se lograron las 8 ton de azúcar por ha, la tendencia del indicador ha sido decreciente, con excepción de la zafra 12/13, donde el campo cañero se favoreció por lluvias en 2012. Véase gráfico 8.

<sup>22</sup> Las lluvias extraordinarias de 2012, favorecieron el rendimiento en campo y el contenido de sacarosa, razón por la cual se lograron no únicamente records en producción sino también en record agroindustrial, lo que de alguna forma, evidencia que con superficie del orden de 785 mil has el potencial de caña está sobre 62 millones; mientras que el potencial de azúcar está sobre 7 millones de toneladas.

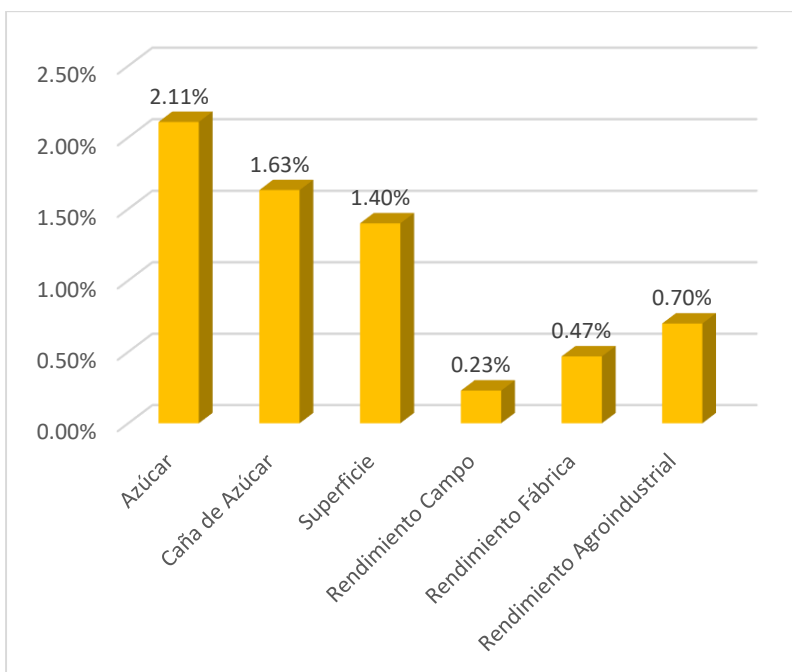
**GRÁFICO 8. RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL  
(toneladas de azúcar/hectárea). (1970-2018).**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.**

En resumen, la tasa de crecimiento promedio anual del azúcar (2.11%) se explica fundamentalmente por la tasa de crecimiento promedio anual de la superficie (1.40%), por la tasa de crecimiento promedio anual del rendimiento en fábrica (0.47%) y por la tasa de crecimiento promedio anual del rendimiento en campo (0.23%). Mientras el rendimiento agroindustrial creció en 0.7% promedio anual, la superficie cosechada creció en 1.40% promedio anual; es decir, el doble, con lo que concluimos que el crecimiento agroindustrial dos terceras partes se explican por un crecimiento extensivo de la superficie y solo una tercera parte por mayor productividad. Véase Gráfico 9.

**GRÁFICO 9. TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE CAMPO Y FÁBRICA (1970-2018)**



Datos elaborados con las Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.

### **I.3.c Exceso de producción de azúcar en el mercado doméstico.**

#### **Producto sustituto el Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa (JMAF) en el mercado interno.**

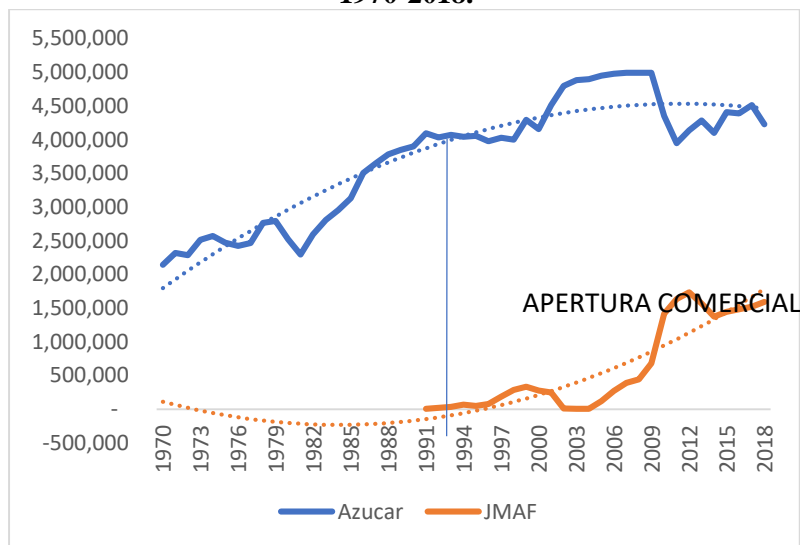
Hasta 1990, el mercado de edulcorantes en México estaba integrado por la producción de azúcar exclusivamente, el consumo de azúcar se cubría con la producción nacional, con

excepción de algunos años que se realizaron volúmenes de importación marginales. Esta situación cambia, con la privatización y apertura comercial en los 90', el mercado de edulcorantes se abre y el JMAF se convierte en producto sustituto, en particular, de la azúcar refinada que se consume en la industria de alimentos y bebidas, en particular, de la industria refresquera. El consumo de edulcorantes paso de 2.1 a 6 millones de toneladas durante el período de 1970 a 2018. En los primero años de apertura comercial, el consumo de JMAF fue marginal; pero a partir de la apertura total del mercado de edulcorantes, el consumo de JMAF promedio 1.4 millones de toneladas, participando con el 25% del mercado de edulcorantes. Mientras que el consumo de azúcar, en el mismo período, redujo su consumo al pasar de volúmenes de 5 a 4.2 millones de toneladas de azúcar, participando con el 75% del consumo de edulcorantes en el país. Véase Gráfico 10.

Es relevante señalar, que los edulcorantes bajos en calorías, también han mostrado crecimiento en su consumo.

Para México, el mercado de edulcorantes en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se concentra en la comercialización de azúcar y jarabe de maíz de alta fructuosa (JMAF) con Estados Unidos. Para nuestro país, se presenta un déficit de JMAF y superávit de azúcar;

**GRAFICO 10. CONSUMO NACIONAL DE  
EDULCORANTES (toneladas)  
1970-2018.**

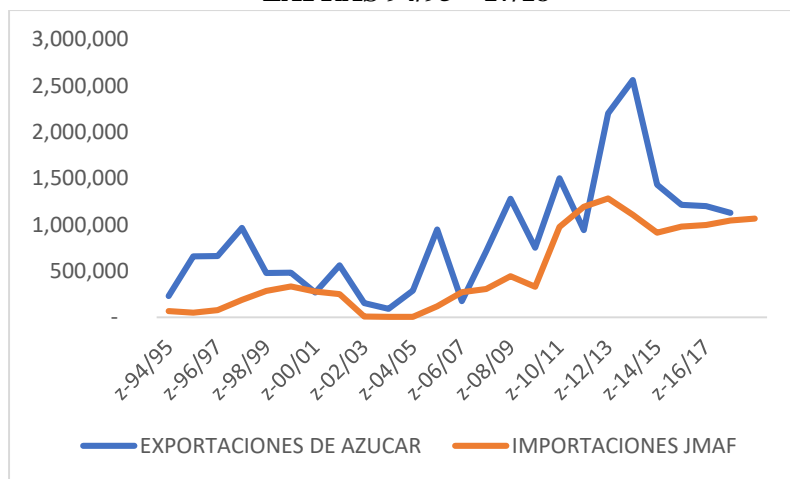


**Cifras elaboradas con información de CONADESUCA. Política Comercial. Balance Nacional de Edulcorantes. Varios años.**  
<https://www.gob.mx/conadesuca/documentos/documentos-politica-comercial-ver-mas>

mientras que, para Estados Unidos, el saldo en azúcar es deficitario y el saldo del JMAF es superavitario; por tal razón, México importa anualmente en promedio un millón de toneladas de JMAF y exporta al mercado americano en promedio 1.4 millones de toneladas de azúcar, a partir de 2008, año en que se consolidó la apertura comercial de los edulcorantes. En la zafra 17/18 las exportaciones de azúcar fueron por 1.12 millones de toneladas de azúcar, mientras que

las importaciones de JMAF fueron por 1.06 millones toneladas. Véase Gráfico 11.

**GRAFICO 11. COMERCIO EXTERIOR DE EDULCORANTES (toneladas) ZAFRAS 94/95 – 17/18**



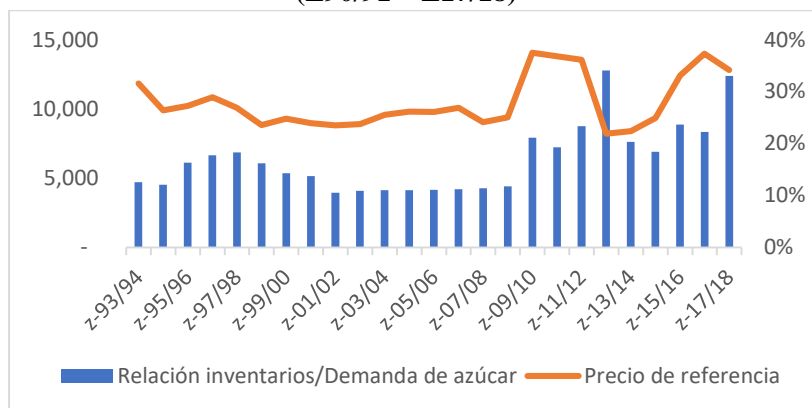
Cifras elaboradas con información de CONADESUCA. Política Comercial. Balance Nacional de Edulcorantes. Varios años. <https://www.gob.mx/conadesuca/documentos/documentos-politica-comercial-ver-mas>

**Límites a las cuotas de exportación de azúcar al mercado americano.**

Cuando la relación de inventario/demanda total supera el 20%, los precios nacionales de azúcar son sensibles hacia la baja; el mecanismo de compensación es liberar inventario para el mercado de exportación, lo cual se pudo lograr con éxito, en virtud de que México, tuvo mayores cuotas de exportación al

mercado de Estados Unidos con valores superiores a 1.5 millones de ton de azúcar. Bajo este mecanismo se logró después de tres zafras con precios contraídos, reponer los precios de venta de azúcar. Sin embargo, en la zafra 2017/18 la relación de inventario final/Demanda aumentó hasta alcanzar el 33%, afectando los precios domésticos de azúcar y en particular el precio de referencia para el pago de caña de azúcar, debido a que no aumentaron los cupos de exportación al mercado americano. Véase Gráfico 12.

**GRAFICO 12. RELACION ENTRE INVENTARIOS DE AZUCAR Y DEMANDA NACIONAL DE AZUCAR (%) VS PRECIO DE REFERENCIA DE AZUCAR ESTANDAR (\$/TON DE AZUCAR). (Z90/91 – Z17/18)**



Cifras elaboradas con información de CONADESUCA. Política Comercial. <https://www.gob.mx/conadesuca/documentos/documentos-politica-comercial-ver-mas>.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/507441/Historico\\_PReferencia\\_18-19\\_Liquidacion\\_FINAL\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/507441/Historico_PReferencia_18-19_Liquidacion_FINAL_1.pdf)



Uno de los problemas estructurales de la industria azucarera en México, consiste en que, entre mayor volumen de azúcar se produzca, con un consumo doméstico que compite con el JMAF, hay mayor presión para exportar el excedente de inventarios; sin embargo, los cupos de exportación al mercado americano están limitados por la política comercial del gobierno estadounidense que se alinean a los intereses de las refinadoras de los Estados Unidos, pese a que a partir de 2008, se podría exportar sus excedentes al mercado americano libre de arancel.

En 2008, México se convirtió en el único país del mundo con acceso ilimitado al mercado estadounidense de azúcar. Pero cuando las exportaciones de México se dispararon en 2013 tras una cosecha abundante, los productores estadounidenses promovieron demandas por prácticas comerciales injustas, argumentando que la azúcar mexicana estaba subsidiada y afectó a los industriales estadounidenses.

A petición de la industria azucarera de los Estados Unidos de América, el gobierno de ese país inició una investigación por subvenciones en contra de las importaciones de azúcar mexicana, derivado de lo cual, el 25 de agosto de 2014 determinó preliminarmente la imposición de derechos compensatorios provisionales, medidas que restan

competitividad a ese producto en su acceso al mercado de los Estados Unidos de América.

Hasta 2014, entre los dos países operaba el libre comercio de azúcar, pero ante la posibilidad que desde 2015 se impusieran derechos compensatorios por dumping y subsidios a las importaciones originarias de México, llegaron los acuerdos de suspensión, con los que se establecen límites cuantitativos a exportaciones mexicanas y precios mínimos de ese producto.

De no llegarse a un acuerdo, Estados Unidos impondría cuotas por dumping de 40.48% a las importaciones originarias de México por parte de los ingenios de las Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA); de 42.14% a las de Ingenio Tala y Grupo Azucarero Mexicano, y de 40.74% a las demás empresas.

También impondría cuotas por subsidios de 43.93% a las compras de los ingenios de FEESA; de 5.78% a las de Ingenio Tala y Grupo Azucarero Mexicano, y de 38.11% a las demás empresas.

Hasta 2014, entre los dos países operaba el libre comercio de azúcar, pero ante la posibilidad que desde 2015 se impusieran derechos compensatorios por dumping y subsidios a las importaciones originarias de México, llegaron los acuerdos de

suspensión, con los que se establecen límites cuantitativos a exportaciones mexicanas y precios mínimos de ese producto.

El Acuerdo por el que se sujeta a permiso previo a la exportación de azúcar y se establece un cupo máximo para su exportación hacia los Estados Unidos<sup>23</sup>, se resume como sigue:

- Celebrado el 18 de diciembre de 2014 y su modificación del 30 de junio de 2017, por medio del cual se suspende la investigación por subvenciones sobre el azúcar de México.
- Azúcar refinada 30%
  - a) Azúcar con una polarización de 99.2 o superior, tal como se produce y se mide sobre una base seca;
  - b) Azúcar que se transporte a los Estados Unidos de América por vía terrestre;
  - c) Azúcar que se transporte envasada en contenedor, bolsa u otro tipo de envase, es decir, que no se transporte a granel, ni fluya libremente en las bodegas de un buque de alta mar independiente de la polarización a que se refiere el último párrafo de la definición de Otros Azúcares, y

---

<sup>23</sup> Acuerdo por el que se sujeta a permiso previo la exportación de azúcar y se establece un cupo máximo para su exportación. Diario Oficial de la Federación 5 de octubre de 2017.

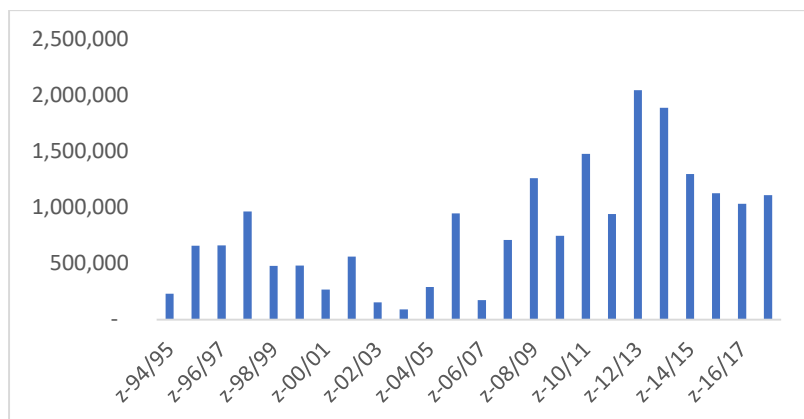
- Otros Azúcares 70%
  - a) Azúcar con una polarización inferior a 99.2, tal como se produce y se mide sobre una base seca, y este tipo de azúcar deberá ser exportado a los EUA a granel, fluyendo libremente (es decir, no en un contenedor, bolsa, u otro tipo de envase) en la bodega de un buque de alta mar. Si el azúcar sale del ingenio en un contenedor, bolsa u otro envase (es decir, no está fluyendo libremente), debe ser vaciado del contenedor, bolsa u otro envase en la bodega del buque oceánico para la exportación.

Con lo anterior, Estados Unidos logro dos objetivos: 1) limitar el abasto de azúcar cruda de México exclusivamente para sus refinерías y 2) eliminar parcialmente la competencia de azúcar refinada de México en el mercado estadounidense. Mientras que México, contrajo el ritmo de exportaciones de traía como tendencia, evidenciando que aún con TLCAN, en su etapa de apertura comercial, se restringieron las exportaciones de azúcar al mercado americano. Véase Gráfico 13.

Para México se obtuvo el beneficio de mantener los mismos volúmenes de azúcar a Estados Unidos; incremento en 10 puntos porcentuales (de 60 a 70%) a los volúmenes que tradicionalmente estaba enviado a Estados Unidos y cualquier necesidad adicional de azúcar en Estados Unidos solo apertura

cupos a terceros países, en caso de que México no cuente con volúmenes suficientes.

**GRAFICO 13. EXPORTACIONES DE AZUCAR AL MERCADO AMERICANO (ton)**



**Fuente: CONADESUCA. Política Comercial. Varios años.**  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537322/Grafico de Precios Estandar y Exportaciones 202001 .pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537322/Grafico_de_Precios_Estandar_y_Exportaciones_202001.pdf)

El acuerdo incluyó provisiones que eviten que las importaciones se concentren durante ciertas épocas del año, limita la cantidad de azúcar refinada que puede ingresar al mercado de Estados Unidos y establece mecanismos de precios mínimos para evitar la subcotización o la mantención de precios bajos en Estados Unidos de forma artificial

Los productores mexicanos acordaron vender a un mínimo de 0.2357 dólares la libra de azúcar refinada y a 0.2075 dólares el azúcar sin refinar.

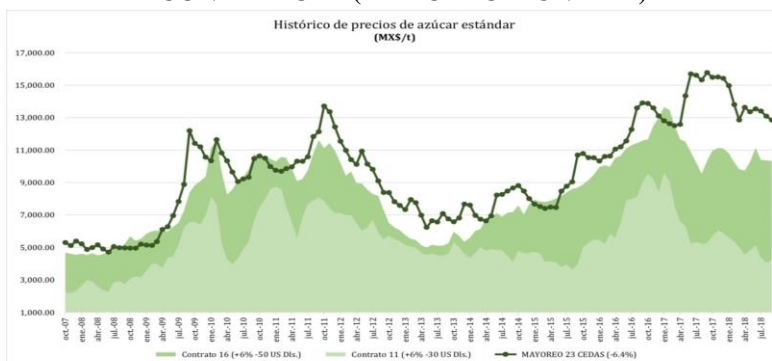
El acuerdo, obedece a las exigencias de los refinadores y productores de Estados Unidos, agrupados en la American Sugar Alliance (ASA), y las autoridades de México prefirieron suscribirlo como “un mal arreglo” para evitar que se cancelaran las exportaciones del azúcar excedente en el país y la imposición de cuotas compensatorias de entre 40.8 y 42.12 por ciento por investigación de dumping y de 5.78 a 43.93 por ciento por subsidios.

La problemática a resolver, es que hay un excedente de inventarios de azúcar, como consecuencia de mayor producción, menor consumo interno y por limitaciones de exportaciones al mercado americano. La alternativa es vender los excedentes al mercado mundial; sin embargo, los precios del mercado mundial se cotizan con el contrato 11 a 12 centavos de dólar por libra, que equivale una tercera parte del precio nacional, quedando incluso por debajo de los costos de producción del azúcar.

Para efectos de exportación, el azúcar estándar se cotiza en el mercado de crudos; el precio de ésta clase de azúcar se cotiza en los Estados Unidos, en el contrato 16 que es el precio de referencia del crudo; y en el mercado mundial con el contrato 11, ambos precios son inferiores al precio de azúcar estándar en el mercado nacional reportado por el Sistema Nacional de

Información e Integración de Mercados (SNIIM), véase gráfico 14.

**GRÁFICO 14. PRECIOS ESTÁNDAR SNIIM MÉXICO, RESPECTO AL CONTRATO 16 (MERCADO AMERICANO) Y CONTRATO 11 (MERCADO MUNDIAL)**



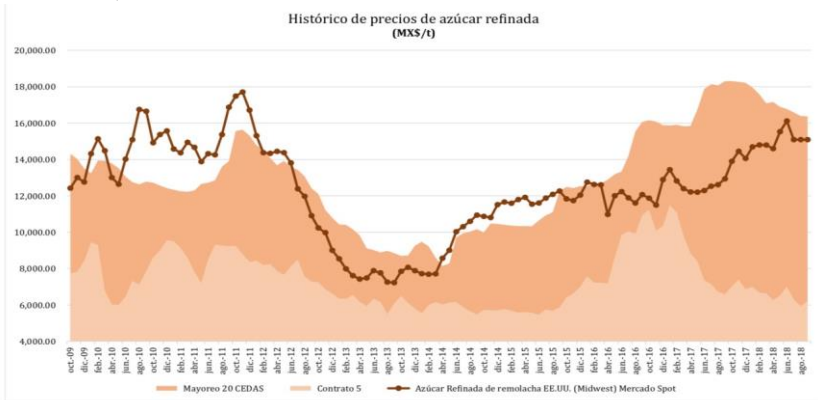
**Fuente: CONADESUCA. Reporte mensual del mercado de azúcar [www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/397416/Reporte\\_Precios\\_5\\_2\\_17-18\\_al\\_180928.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/397416/Reporte_Precios_5_2_17-18_al_180928.pdf)**

Por lo que respecta al azúcar refinado, la referencia en Estados Unidos es el Midwest y el contrato 5 de Londres, ambos precios por debajo del precio SNIIM de refinado que se cotiza en México, véase gráfico 15.

A manera de síntesis de lo analizado en el presente capítulo, se destaca lo siguiente:

1. La importancia de la industria azucarera nacional, radica en la derrama económica en las zonas de influencia en que operan, alrededor del 80% del valor que generan se dispersa entre los miles de

**GRÁFICO 15. PRECIOS REFINO SNIIM MÉXICO, RESPECTO AL CONTRATO 5 (MERCADO DE LONDRES) Y MIDWEST (MERCADO SPOT DE LOS ESTADOS UNIDOS)**



**Fuente: CONADESUCA. Reporte mensual del mercado de azúcar [www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/397416/Reporte Precios 5 2 17-18 al 180928.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/397416/Reporte_Precios_5_2_17-18_al_180928.pdf).**

abastecedores de caña, a través de contrato de abastecimiento de caña regulado a través de la LDSCA; de los miles de trabajadores que emplea, regulado a través del Contrato Ley y de proveedores locales que ofrecen sus servicios.

2. Las 7 regiones como están distribuidos los ingenios en el país, evidencian resultados heterogéneos por las características climáticas, de suelos de las zonas cañeras que influyen en los rendimientos de campo, particularmente.
3. No hay objeción de que los ingenios en el país han incrementado su producción, en la medida que hay más caña de azúcar por cosechar, los ingenios pueden moler



más y por consecuencia producir más azúcar<sup>24</sup>. El tema a resaltar es que la forma en que se logró éste crecimiento, que muestra síntomas de agotamiento, y retos a resolver:

- a. En el campo cañero el 72% son ejidatarios y el 75% son productores con tenencia de tierra menor a 5 hectáreas.
- b. El crecimiento extensivo del campo cañero, está basado en incorporar mayor extensión de superficie cosechable y no en mejoras de rendimiento en el campo.
- c. Los 51 ingenios azucareros en México, están integrados por Grupos, de los cuales 7 agrupan al 75% de ingenios que operan en el país, concentrando el 79% de la producción de azúcar, en la zafra 17/18, con una capacidad de producción de 4.7 millones de toneladas de azúcar, suficiente para cubrir el consumo interno de azúcar que actualmente es de 4.2

---

<sup>24</sup> Hay una correlación entre caña de azúcar cosechada y producción de azúcar de  $R^2 = 0.96$ , durante el período de con un coeficiente de elasticidad de 1.0596; es decir, a la variación porcentual de una tonelada de cosecha de caña, le corresponde el 1.0596 de variación porcentual de azúcar, considerando las series anuales de los resultados de las zafra 00/01 al 17/18, de las variables caña de azúcar y producción de azúcar.

millones de toneladas de azúcar y el excedente de azúcar lo podrían vender al mercado americano.

- d. El rendimiento en fábrica tiende a disminuir a partir de 2008, como consecuencia de que la fábrica muele con menor eficiencia, debido a que la caña que ingresa al batey, es de menor calidad, lo que significa que tiene menor contenido de sacarosa; mientras que las fábricas mantienen niveles de obsolescencia, que se manifiesta en pérdidas de sacarosa y tiempos perdidos.
- e. La tasa de crecimiento promedio anual del azúcar (2.11%) del período 1970-2018, se explica fundamentalmente por la tasa de crecimiento promedio anual de la superficie (1.40%), por la tasa de crecimiento promedio anual del rendimiento en fábrica (0.47%) y por la tasa de crecimiento promedio anual del rendimiento en campo (0.23%). Mientras el rendimiento agroindustrial creció en 0.7% promedio anual, la superficie cosechada creció en 1.40% promedio anual; es decir, el doble. El crecimiento agroindustrial, dos terceras partes

se explican por un crecimiento extensivo de la superficie y solo una tercera parte por mayor productividad.

- f. El mercado de edulcorantes, creció de 2.2 a 6 millones de toneladas, pero dejó de estar integrado solo por azúcar; con la apertura comercial, el 75% de dicho mercado es azúcar y el 25% es consumo de JMAF, lo que nos hace superavitario de azúcar por 1.4 millones de toneladas y deficitario por 1 millón de toneladas de JMAF.
- g. Cuando la relación de inventario/demanda total de azúcar, supera el 20%, los precios del azúcar son sensibles hacia la baja; el mecanismo de compensación, es liberar inventario para el mercado de exportación.
- h. Con la apertura total del mercado de edulcorantes bajo el TLCAN, desde 2008, México tenía la posibilidad de exportar sus excedentes al mercado americano de forma preferencial; Pero cuando las exportaciones de México se dispararon en 2013 tras una cosecha abundante, los productores estadounidenses promovieron demandas por prácticas

comerciales injustas, argumentando que la azúcar mexicana estaba subsidiada y afectaba a los industriales estadounidenses.

- i. Hasta 2014, entre los dos países operaba el libre comercio de azúcar, pero ante la posibilidad que en 2015 se impusieran derechos compensatorios por dumping y subsidios a las importaciones originarias de México, se llegaron a acuerdos de suspensión, con los que establecieron límites cuantitativos a exportaciones mexicanas y precios mínimos de ese producto.
- j. Con lo anterior, Estados Unidos logro dos objetivos: 1) limitar el abasto de azúcar cruda de México exclusivamente para sus refinerías y 2) eliminar parcialmente la competencia de azúcar refinada de México en el mercado estadounidense. Mientras que México, contrajo el ritmo de exportaciones de traía como tendencia, evidenciando que aún con TLCAN, en su etapa de apertura total, se restringieron las exportaciones de azúcar al mercado americano.

## **II. ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO**

En éste capítulo se muestra dos niveles de análisis de la industria azucarera mexicana. El primero, a nivel agregado se plantea el modelo de productividad de la industria, para el período correspondiente a las zafras 1994/95 a 2017/18, periodo de privatización y apertura comercial de la industria; y el segundo, la estructura de los ingenios de forma individual y como parte del grupo al que pertenecen, durante el período de las zafras 2008/09 a 2017/18, en un horizonte de tiempo que tiene como referencia, alcanzar la apertura comercial total de la industria después de 15 años, desde que se firmó el TLCAN en 1994, plazo otorgado para que los ingenios recién privatizados, hicieran las inversiones en campo y fábrica, para mejorar las condiciones operativas y estuvieran en condiciones para competir.

### **II.1 Planteamiento del Modelo de productividad de la industria azucarera.**

En éste apartado se determinan las relaciones sobre las cuales se define la productividad de la industria azucarera, durante el periodo de privatización y apertura comercial, de la zafra 1994/95 a 2017/18, que comprende 24 años de operación de la

industria, anexo 1; la fuente de la información fueron dos: La Conadesuca y Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.

Las variables que se presentan en las siguientes relaciones de identidad y de regresión que explican la productividad de la industria azucarera, se muestran en el cuadro 3.

**CUADRO 3. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES DEL MODELO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA.**

<b>Variables dependientes</b>	<b>Variables independientes</b>
Producción de azúcar (ton)	Caña cosechada (ton)
Rendimiento agroindustrial (ton/ha)	Rendimiento campo (ton caña/superficie Has)
	Rendimiento fábrica (%)
Superficie industrializable (has)	Precio de la caña (\$/ton de caña)
Precio de la caña (\$/ton de caña=	Karbe
	Precio de referencia de azúcar estándar (\$/ton de azúcar estándar)
Rendimiento Campo (ton/ha)	Precipitación pluvial (mm)
	Contenido de fibra en la caña (%)
	Siembras
Pol% caña	Pureza de jugo mezclado %
	Tiempo perdido de campo y por lluvia
Eficiencia en Fábrica (%)	Pérdidas de sacarosa %
	Tiempo perdido total %

**Variables determinados en el desarrollo de la investigación.**

Las variables que no se obtuvieron de información primaria, se estimaron como sigue:

- La variable precipitación pluvial a nivel nacional y por entidad federativa se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. De dicho valor, se seleccionaron únicamente los estados donde se ubican los ingenios azucareros del país, y se pondero el valor de la precipitación pluvial de acuerdo a la participación de las entidades cañeras, respecto a la superficie cañera en el país. De ésta manera de cálculo el valor de la precipitación pluvial de las zonas cañeras del país.
- No hay estadísticas respecto, a la cantidad de hectáreas que se cosecharon de planta; es decir, del primer corte de la caña. Se estimó un porcentaje, sobre el volumen de caña, de acuerdo a los alcances de cañeros y de los créditos refaccionarios para siembras.

De acuerdo al valor de los coeficientes de cada una de las ecuaciones que se exponen, se interpretan como elasticidades en la medida en que el modelo se especificó logarítmicamente. El detalle del ejercicio de cada una de las ecuaciones, está contenido en el anexo 2 del presente documento, identificado cada uno de ellas, por el número de relaciones que se muestran.

Los ejercicios de modelación econométrica se hicieron con el modelo computacional R.

### **Modelo de Productividad de la Industria Azucarera Mexicana**

1.  $\ln(\text{azucar}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{cane}) + u$
2.  $\ln(\text{agroin}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(\text{rencam}) + \alpha_2 \ln(\text{renfis}) + u$
3.  $\ln(\text{sup}) = \tau_0 + \tau_1 \ln(\text{pcane}) + u$
4.  $\ln(\text{pcane}) = \gamma_0 + \gamma_1 \ln(\text{karbe}) + \gamma_2 \ln(\text{pra}) + u$
5.  $\ln(\text{rencam}) = \epsilon_0 + \epsilon_1 \ln(\text{fibcan}) + \epsilon_2 \ln(\text{lluv}) + \epsilon_3 \ln(\text{pla}) + u$
6.  $\ln(\text{pol}\%) = \theta_0 + \theta_1 \ln(\text{jm}) + \theta_2 \ln(\text{tpcll}) + u$
7.  $\ln(\text{ef}) = \pi_0 + \pi_1 \ln(\text{ps}) + \pi_2 \ln(\text{tpt}) + u$

#### **1. Relación de identidad:**

En la medida en que aumenta el volumen de toneladas caña, se producen más toneladas de azúcar.

Azúcar=F(cane), la unidad de medida son toneladas.

$$\ln(\text{azucar}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{cane}) + u$$

$$\ln(\text{azucar}) = -3.24825 + 1.05965 \ln(\text{cane}) + u$$

En la primera relación de identidad, hay una correlación positiva entre el volumen de caña cosechada y el volumen de



azúcar producida, de acuerdo al valor del coeficiente  $\beta_1$ , la elasticidad es de 1.05965, lo que significa, que por cada 1% en que se incrementa el volumen de caña, la producción de azúcar lo hace en 1.059%.

## 2. Relación de identidad:

El rendimiento agroindustrial (Ton de azúcar/ha)=  
rendimiento campo (ton caña/ha) + rendimiento fábrica (%)

$$\ln(\text{agroin}) = \ln(\text{rencam}) + \ln(\text{renfis})$$

$$\ln(\text{agroin}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(\text{rencam}) + \alpha_2 \ln(\text{renfis}) + u$$

$$\ln(\text{agroin}) = -4.60565 + 1.001682 \ln(\text{rencam}) \\ + 0.997172 \ln(\text{renfis}) + u$$

En la segunda relación de identidad, hay una correlación positiva entre los rendimientos en campo y físico de fábrica, con el rendimiento agroindustrial; de acuerdo al valor del coeficiente  $\alpha_1$ , la elasticidad es de 1.0016, lo que significa, que por cada 1% en que mejora el rendimiento en campo, es decir, se obtiene más toneladas de caña por hectárea cosechada, el rendimiento agroindustrial mejora en 1.001%; mientras que el valor del coeficiente  $\alpha_2$  muestra una elasticidad del 0.99%, lo que significa que en la medida en que aumenta en 1% el rendimiento físico, el rendimiento agroindustrial mejora en 0.99%.

### 3. Ecuación de Regresión:

La Superficie cosechable = F(precio de la caña)

(superficie cosechable)      (precio/ton caña<sup>25</sup>)

$$\ln(\text{sup}) = \ln(\text{pcane})$$

$$\ln(\text{sup}) = \tau_0 + \tau_1 \ln(\text{pcane}) + u$$

$$\ln(\text{sup}) = 12.28114 + 0.18802 \ln(\text{pcane}) + u$$

En la relación 3, se muestra que la superficie cañera se explica por el mayor precio de la tonelada de la caña, (RegModel.3) se muestran en el Anexo 1 del presente capítulo, se observa que los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos, en todas los casos de las pruebas t brindan probabilidades que permiten rechazar la hipótesis nula de que dichos coeficientes son nulos a cualquier nivel de significancia estadística: en el recuadro los niveles de significancia están marcado con asteriscos. Por otra parte, El coeficiente de determinación es del 67% por la variación de las variables del modelo, lo que implica que hay un ajuste lineal elevado. Respecto al estadístico F tiene un valor de 47.71 y un p-valor prácticamente de cero.

---

<sup>25</sup> El precio de la tonelada es en términos reales, considerando el Índice Nacional de Precios al Consumidor, base 2018.

De acuerdo al valor del coeficiente  $\tau$  1, la elasticidad es de 0.18802, lo que significa, que por cada 1% en que aumenta el precio de la tonelada de caña, la superficie cañera aumentará en 0.188%.

#### 4. Relación de identidad:

El precio de la caña= F(Karbe<sup>26</sup>, Precio de referencia del azúcar<sup>27</sup>)

(precio/ton caña) karbe precio por ton de azúcar

$$\ln(\text{pcane}) = \ln(\text{karbe}) + \ln(\text{pra})$$

$$\ln(\text{pcane}) = \gamma_0 + \gamma_1 \ln(\text{karbe}) + \gamma_2 \ln(\text{pra}) + u$$

$$\ln(\text{pcane}) = -7.87202 + 1.07428 \ln(\text{karbe}) + 1.00546 \ln(\text{pra}) + u$$

---

<sup>26</sup> KARBE (Kilogramos de azúcar recuperable base estándar). Toma como referencia dos elementos: el primero se refiere a la calidad de la caña de azúcar que está determinado por el contenido de sacarosa (Pol% caña), del contenido de fibra% y pureza de jugo mezclado; el segundo, se refiere a la eficiencia de fábrica mínima del 82.37%, es decir, el porcentaje de aprovechamiento de extracción de la sacarosa. El Karbe aumentará en la medida en que la caña tenga mayor sacarosa y en la medida en que el ingenio opere con mayor eficiencia en fábrica, para extraer el mayor contenido de sacarosa que contiene la caña que muele.

<sup>27</sup> Precio de referencia del azúcar, es el promedio ponderado de los precios del mercado doméstico cotizado en 25 centrales de abasto del país; y los precios de exportación para los mercados americano y mundial.

En la cuarta relación de identidad, hay una correlación positiva entre el Karbe y el precio de referencia de la tonelada de azúcar, con el precio de la tonelada de caña. De acuerdo al valor del coeficiente  $\gamma 1$ , la elasticidad es de 1.07428, lo que significa, que por cada 1% en que mejora el Karbe, es decir, en la medida en que la caña contenga más sacarosa y el ingenio tenga la capacidad de extraerla, el precio de la caña mejorará en 1.07428%; mientras que el valor del coeficiente  $\gamma 2$  muestra una elasticidad del 1.00546%, lo que significa que en la medida en que aumenta en 1% el precio de referencia de la tonelada de azúcar base estándar, el precio de la tonelada de caña de azúcar mejorará en 1.00546%.

## 5. Ecuación de regresión

Rendimiento en campo=F(fibra % en caña<sup>28</sup>, precipitación pluvial,<sup>29</sup> planta<sup>30</sup>)

$$\begin{aligned}\text{Ln}(\text{rencam}) &= \text{ln}(\text{fibcan}) + \text{ln}(\text{lluv}) + \text{ln}(\text{pla}) + u \\ \text{ln}(\text{rencam}) &= \epsilon_0 + \epsilon_1 \text{ln}(\text{fibcan}) + \epsilon_2 \text{ln}(\text{lluv}) \\ &\quad + \epsilon_3 \text{ln}(\text{pla}) + u \\ \text{ln}(\text{rencam}) &= 3.81580 - 1.49788 \text{ln}(\text{fibcan}) \\ &\quad + 0.5207 \text{ln}(\text{lluv}) + 0.19551 \text{ln}(\text{pla}) \\ &\quad + u\end{aligned}$$

En la relación 5, se muestra que el rendimiento en campo se explica por el contenido % fibra en la caña, por la precipitación pluvial que favorece el desarrollo de la planta, en el período de

---

<sup>28</sup> El contenido de la fibra en caña, evidencia la edad de la caña; es decir, la caña es un cultivo perenne que se puede cortar por varios ciclos, en la medida en que son mayores, el contenido de fibra aumenta en aras de menor sacarosa; lo mismo sucede si no se atiende el cultivo de la caña con las recomendaciones técnicas para su mejor desarrollo. Estos son dos aspectos que se identifican en el campo cañero, cañas con cortes de ciclos muy avanzados, lo que propician envejecimiento y mayor sacarosa; y por otro, por la falta de crédito o liquidez del cañero, no se efectúan las dosis de fertilizaciones recomendadas.

<sup>29</sup> Precipitación pluvial, se refiere a la serie estadística de precipitación pluvial de los ciclos de cultivo y siembra de la caña de las zonas cañeras.

<sup>30</sup> Planta. Se refiere al primer corte de la planta donde se obtiene el mayor rendimiento de toneladas de caña por hectárea. En la medida en que se repongan las plantas con varios cortes, por nuevas plantas el campo se renovará.

cultivo, y por la incorporación de nuevas plantas. Los resultados del ejercicio de regresión (RegModel.4) se muestran en el Anexo 1 del presente capítulo, se observa que los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos, en todos los casos de las pruebas t brindan probabilidades que permiten rechazar la hipótesis nula de que dichos coeficientes son nulos a cualquier nivel de significancia estadística: en el recuadro los niveles de significancia están marcados con asteriscos. Por otra parte, El coeficiente de determinación es del 66% por la variación de las variables del modelo, lo que implica que hay un ajuste lineal elevado. Respecto al estadístico F tiene un valor de 12.9 y un p-valor prácticamente de cero.

De acuerdo al valor del coeficiente  $\varepsilon_1$ , la elasticidad es de -1.49788, lo que significa, que por cada 1% en que aumenta la fibra% caña, el rendimiento en campo disminuye 1.49%; por otro lado, el coeficiente  $\varepsilon_2$  tiene un valor de 0.52507, lo que muestra que en la medida en que haya una precipitación pluvial de un cambio de 1%, favorecerá el mejoramiento del rendimiento en campo del 0.525%; y, finalmente, en el caso del coeficiente  $\varepsilon_3$  que tiene valor de 0.19551, evidencia que en la medida en que se renueve el campo, con nuevas plantas en 1%, el rendimiento en campo mejorará en 0.1955%.

## 6. Ecuación de regresión

(Pol% caña)= F(pureza del jugo mezclado, tiempo perdido en campo y por lluvia<sup>31</sup>)

$$\ln(\text{pol\% caña}) = \ln(jm) + \ln(tpcll) + u$$

$$\ln(\text{pol\%}) = \theta_0 + \theta_1 \ln(jm) + \theta_2 \ln(tpcll) + u$$

$$\ln(\text{pol\%can}) = -2.681839 + 1.217042 \ln(jm) \\ - .038974 \ln(tpcll) + u$$

En la relación 6, se muestra la pol% caña (contenido de sacarosa) se explica por la mayor pureza del jugo mezclado y por el menor tiempo perdido en campo y lluvia. Los resultados del ejercicio de regresión (RegModel.5) se muestran en el Anexo 1 del presente capítulo, se observa que los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos, en todas los casos de las pruebas t brindan probabilidades que permiten rechazar la hipótesis nula de que dichos coeficientes son nulos a cualquier nivel de significancia estadística: en el recuadro los niveles de significancia están marcado con asteriscos. Por otra parte, El coeficiente de determinación es del 69.5% por la

---

<sup>31</sup> El tiempo perdido en campo y lluvia se refiere a los paros de molienda por falta de abastecimiento de caña por falta de frentes de corte (cortadores, cosechadoras, camiones o alzadoras) para la cosecha de caña más el tiempo perdido por lluvias que limitan ingresar al campo a cosechar.

variación de las variables del modelo, lo que implica que hay un ajuste lineal elevado. Respecto al estadístico F tiene un valor de 23.93 y un p-valor prácticamente de cero.

De acuerdo al valor del coeficiente  $\theta_1$ , muestra el valor de la elasticidad es de 1.217042, lo que significa, que por cada 1% en que aumenta la pureza de jugo mezclado, la pol% caña mejora 1.217%; por otro lado, el coeficiente  $\theta_2$  tiene un valor de -.0389, lo que muestra que en la medida en que menor tiempo perdido en campo y lluvia de 1%, favorecerá la pol% caña del -0.389%.

### 7. Ecuación de regresión.

Eficiencia en Fábrica = F(pérdida de sacarosa, tiempo perdido total)

$$\ln(ef) = \ln(ps) + \ln(tpt) + u$$

$$\ln(ef) = \pi_0 + \pi_1 \ln(ps) + \pi_2 \ln(tpt) + u$$

$$\ln(ef) = 4.611274 - 0.188116 - .012668 + u$$

En la relación 7, se muestra la eficiencia en fábrica (aprovechamiento de sacarosa) se explica en la medida en que hay menores pérdidas de sacarosa y por el menor tiempo perdido total. Los resultados del ejercicio de regresión



(RegModel.6) se muestran en el Anexo 1 del presente capítulo, se observa que los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos, en todas los casos de las pruebas t brindan probabilidades que permiten rechazar la hipótesis nula de que dichos coeficientes son nulos a cualquier nivel de significancia estadística: en el recuadro los niveles de significancia están marcado con asteriscos. Por otra parte, El coeficiente de determinación es del 85.37% por la variación de las variables del modelo, lo que implica que hay un ajuste lineal elevado. Respecto al estadístico F tiene un valor de 61.29 y un p-valor prácticamente de cero.

De acuerdo al valor del coeficiente  $\pi_1$ , muestra el valor de la elasticidad es de -0.188116, lo que significa, que por cada 1% en que disminuyen las pérdidas de sacarosa, la eficiencia en fábrica mejora 0.188116%; por otro lado, el coeficiente  $\pi_2$  tiene un valor de -.012668, lo que muestra que en la medida hay menor tiempo perdido total de 1%, favorecerá la eficiencia en fábrica mejor en -0.01266%.

En el anexo 1, se muestran los resultados econométricos de cada una de las relaciones anteriormente descritas.

Lo relevante a destacar, respecto la productividad, las variables que la explican son los mayores rendimientos en campo y fábrica. El rendimiento en campo depende del mayor contenido de sacarosa, que su contraparte, equivale a menor

contenido de fibra% en caña y de la precipitación pluvial, considerando que el 70% de la superficie cañera es de temporal. La mayor sacarosa dependerá de la pureza del jugo mezclado que se obtenga, en la medida en que la calidad de la caña mejora (menor materia extraña); así como del tiempo perdido en campo y lluvia que en la medida en que es bajo, favorece la frescura de la caña.

Por lo que respecta a la eficiencia de fábrica mejorará en la medida en que las pérdidas de sacarosa sean menores y haya menor tiempo perdido, lo que asegura molienda continua y menor deterioro de los jugos, para asegurar mayor cristalización y por ende mayor azúcar, lo que garantiza un mayor rendimiento en fábrica.

## **II.2 Heterogeneidad de la industria.**

Uno de los problemas estructurales de la agroindustria, es su heterogeneidad, en la industria coexisten ingenios con índices de productividad tanto en campo como en fábrica muy dispersos. De los 51 ingenios que operan en el país, si los clasificamos de acuerdo con el rendimiento agroindustrial promedio en las diez últimas zafras (Z-08/09 a Z-17/18), Véase Cuadro 4, se obtienen los siguientes resultados:

**CUADRO 4. CLASIFICACIÓN DE LOS INGENIOS POR EL RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL PROMEDIO DE LAS ZAFRAS 2008/09-2017/18.**

<b>Grupos</b>	<b>Numero de ingenios</b>	<b>Rendimiento Agroindustrial (toneladas de azúcar / hectárea)</b>
1	9	Mayor a 10
2	13	Entre 8 y 10
3	14	Entre 6.5 y 8
4	15	Menor a 6.5

Datos elaborados con información de Conadesuca. Sinfocaña. Informe de Fábrica

[www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1](http://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1)

- El primer grupo está integrado por 9 ingenios que tienen rendimientos agroindustriales mayores a 10 ton de azúcar por hectárea; rendimientos en campo superiores a 85 ton de caña/ha y rendimientos físicos sobre 11.8%, dichos ingenios son de alta productividad: Casasano, Atencingo, Emiliano Zapata, Tamazula, Melchor Ocampo, Pujilic, Pedernales, San Francisco Ameca y Santa Clara, que en su conjunto producen sobre 1 millón de ton de azúcar.
- El segundo grupo está conformado por 13 ingenios, que registraron rendimientos agroindustriales entre 8 y 10 ton de azúcar por hectárea, con rendimientos en

campo que promedian 80 ton de caña por ha y rendimientos físicos del 11.3% promedio, dichos ingenios son de buena productividad: Tala, La Gloria, Bellavista, Lázaro Cárdenas, El Modelo, El Molino, El Dorado, Pánuco, Puga, Quesería, Mahuixtlán, Huixtla y el Higo; en conjunto producen 1.5 millones de ton de azúcar. Este grupo de ingenios alcanzan la productividad de Brasil, Tailandia y los Estados Unidos.<sup>4</sup>

- El tercer grupo integrado por 14 ingenios, registran rendimientos agroindustriales entre 6.5 y 8 ton de azúcar por hectárea, con rendimientos en campo que promedia 65 ton de caña por hectárea y rendimientos físicos del 11% promedio, dichos ingenios son de productividad regular, debido al menor rendimiento en el campo: San Miguelito, El Potrero, Morelos, Calipam, Motzorongo, San Nicolás, Plan de San Luis, Xico, Progreso, San Miguel del Naranjo, Tres Valles, El Refugio, La Providencia y San Pedro; en conjunto producen 1.5 millones de ton de azúcar.
- Finalmente, el cuarto grupo de 15 ingenios, registran rendimientos agroindustriales menores a 6.5 ton de azúcar por hectárea., con rendimientos en campo que promedia 56 ton de caña por ha. con rendimientos en

fábrica del 8.5 al 11.8%, promediando 11%. La producción de este grupo es de 1.5 millones de ton de azúcar.

El diferencial de los rendimientos agroindustriales representa para los cañeros como para los ingenios, variaciones significativas en los márgenes de rentabilidad. Tenemos entonces que hay ingenios con márgenes de rentabilidad altos, que coexisten con ingenios de baja rentabilidad. Coexisten en la industria ingenios con un rendimiento agroindustrial superior a 10 ton de azúcar por hectárea, con ingenios con resultados equivalentes a la mitad.

A continuación se muestra en el cuadro 5, la distribución de los ingenios de acuerdo a la productividad agroindustrial, considerando el rendimiento en campo y el rendimiento en fábrica.

**CUADRO 5. DISTRIBUCIÓN DE INGENIOS POR RENDIMIENTOS EN CAMPO EN FÁBRICA.**

<b>Número de ingenios</b>	<b>Rendimiento en campo Mayor a 70 ton/ha</b>	<b>Rendimiento en fábrica mayor a 11.5%</b>
9	Si	Si
15	Si	No
7	No	Si
20	No	No

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación**

En el gráfico 16 se muestra la distribución de los ingenios por rendimientos en campo y fábrica; los ingenios que se ubican en el cuadrante superior derecho, con rendimientos en campo mayor a 70 ton/ha y fábrica mayor a 11.5%, son 9 ingenios; los ingenios que se ubican en el cuadrante inferior izquierdo, son los ingenios con menor rendimiento en campo y fábrica son 20 ingenios; mientras que los ingenios que se ubican en la parte superior derecha que tienen rendimientos en campo mayores a 70 ton/ha y bajos rendimiento en fábrica, son 15; y, finalmente los ingenios que tienen rendimiento en fábrica mayor a 11.5% y bajo rendimiento en campo se ubican en la parte inferior derecha del cuadrante, son 7 ingenios.

**GRÁFICO 16. DISTRIBUCIÓN DE INGENIOS POR RENDIMIENTOS EN CAMPO Y FÁBRICA. RESULTADOS PROMEDIO DE LAS ZAFRAS 2008/09 A 2017/18.**

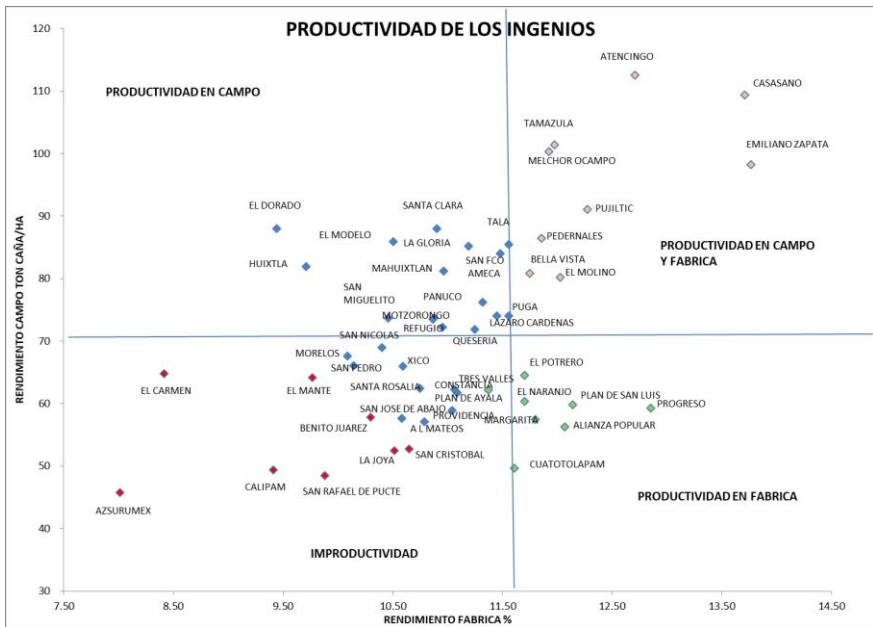


Gráfico elaborado con los resultados de la investigación

### II.3 Índice de productividad de la agroindustria.

La productividad de la agroindustria azucarera equivale a la mayor cantidad de azúcar que se obtiene por hectárea cosechada, que se desglosa en dos eslabones:

- Eslabón de campo.- Rendimiento en campo: Toneladas de caña por hectárea cosechada.

- Eslabón de Fábrica.- Rendimiento en Fábrica:  
Toneladas de azúcar que se obtiene por tonelada de caña molida, en términos porcentuales.

Considerando en general que la caña está compuesta por agua (70%), fibra (15%) y sacarosa (15%), ésta última es el componente relevante para obtener azúcar; es decir, la calidad de caña dependerá de la cantidad de sacarosa que se puede obtener de una planta (caña) en términos porcentuales; lo cual depende, de la variedad de la caña, de los trabajos de cultivo (labores, fertilización, agua, sol y aire) que recibió la caña en su período de desarrollo, en la medida en que el porcentaje de sacarosa es alto, se obtiene más azúcar. Entre más joven es la planta, y mejor se aplica el paquete tecnológico, y mayor cantidad de agua recibe, su desarrollo aumenta, la cantidad de tallos que se obtienen de una cepa aumenta y el contenido de sacarosa es mayor (Pol% Caña).

Por otro parte, la calidad de la cosecha es básica: por un lado, las cañas cosechadas deberán contener la menor cantidad de materia extraña (hojas, puntas y tierra) que no contiene sacarosa; por el otro, la frescura de la caña es fundamental, apenas se corta la caña se comienza a revertir la sacarosa, de tal suerte, que en el menor tiempo posible deberá trasladarse la caña al batey, para que sea molida; entre menos tiempo tarde en molerse menos pérdida de sacarosa registrará.



Entonces, la productividad del campo está determinado por las toneladas de caña por hectárea y por el contenido de sacarosa que se obtenga de la caña, las cuales dependen de las buenas prácticas de siembra, cultivo y cosecha, de la variedad de caña, del ciclo de la caña y de las condiciones climáticas. Los parámetros promedio de referencia a nivel nacional están sobre el rendimiento en campo en 70 ton/ha y 16% de sacarosa en campo, menos de esos parámetros, las condiciones comienzan a ser adversas para la productividad agroindustrial.

Cuando la caña se cosecha, contiene materia extraña del 4 al 8%, dependiendo del tipo de cosecha (manual o mecánica). Por otro lado, la sacarosa que se pierde con el transcurrir del tiempo entre el corte y la molienda, es del 2%. Si los parámetros de materia extraña y pérdida de sacarosa son mayores, porque hubo tiempo perdido en campo por falta de corte, de alce o de transporte, o por lluvias que limiten la cosecha de la caña, el contenido de sacarosa se ve afectado, es la sacarosa que se pierde en campo por problemas de logística de cosecha o por lluvias durante el período de cosecha.

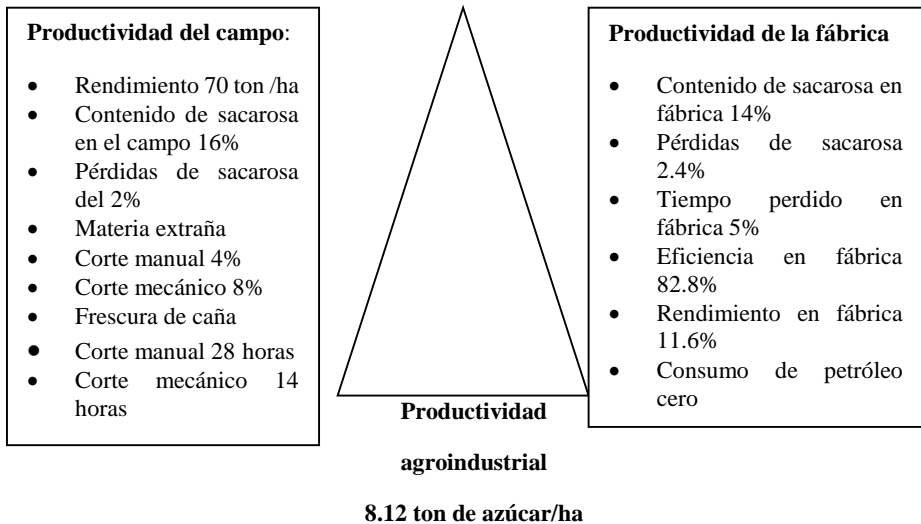
Mientras que los parámetros de fábrica, se refiere a indicadores que muestran la capacidad de los ingenios para extraer de la caña, la pureza del jugo que contiene la sacarosa, depende de dos variables:

- Continuidad de la molienda. En la medida en que no pare el proceso de molienda, la descomposición de los jugos es menor y el aprovechamiento de la sacarosa es mayor, de tal suerte, que los ingenios se trazan como meta tiempos perdidos en fábrica, menores al 5% de una jornada de 24 horas en tres turnos de trabajo.
- Pérdidas de sacarosa en fábrica. Durante el proceso de molienda, el contenido de sacarosa se pierde parcialmente, en el bagazo se va un contenido de sacarosa; en el proceso de clarificación, es decir, en el asentamiento de materia extraña del jugo también se pierde parte de la sacarosa, en la cachaza que se desecha; en el proceso de cristalización donde las mieles que no se cristalizan, se pierde otro componente de sacarosa. Así la pérdida de sacarosa se pierde en el proceso de fábrica en bagazo, cachaza y mieles. Hay otros componentes de pérdidas durante el proceso de elaboración que se clasifican como indeterminadas. El parámetro de pérdidas de sacarosa en fábrica, deberá ser inferior al 2.4% de la sacarosa, que corresponde a una eficiencia de fábrica del 82.8%. relacionado con un nivel de productividad razonable.
- Equilibrio Energético. Se logra cuando el bagazo obtenido de la molienda se ocupa como combustible

para el funcionamiento de las calderas y no se consume petróleo. Cuando hay excedente de bagazo se vende para fábrica papel o se puede reutilizar en el ingenio para generar excedentes de energía eléctrica, para venderla.

A continuación se muestran los siguientes parámetros operativos tanto de campo como de fábrica, que integran el índice, para medir la productividad de los ingenios; los consideraremos como referencia, para clasificar a los ingenios por nivel de productividad. Véase Diagrama 3.

### **DIAGRAMA 3. PARAMETROS DE PRODUCTIVIDAD DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA**



**Diagrama propio elaborado a partir de la investigación**

Se evaluó el índice de productividad agroindustrial en los dos componentes, respecto a los parámetros de productividad de campo destacan los: rendimientos de campo, contenido de sacarosa en campo, pérdidas de sacarosa en campo, materia extraña y fresca de la caña; referente a los parámetros de productividad de la fábrica destacan: el contenido de sacarosa (Pol% caña) que ingresa al molino, pérdidas de sacarosa en fábrica, tiempo perdido en fábrica, eficiencia en fábrica y tiempos perdidos en fábrica y campo/lluvia y consumo de petróleo.

A cada uno de estos parámetros se les asignó un valor, para diseñar un índice de productividad de referencia para evaluar a cada uno de los ingenios de acuerdo a los resultados promedio de las zafas 2008/209 a 2017/18, para cada una de las variables. Los parámetros son los siguientes:

1. Rendimiento en campo (70 ton/ha).
2. Pol% fábrica (13.5%)
3. Pérdidas de sacarosa en fábrica (2.3%)
4. Eficiencia en fábrica (82.3%)
5. Rendimiento de fábrica (11.2%)
6. Rendimiento agroindustrial (8%)
7. Tiempo perdido en fábrica (5%)
8. Tiempo perdido en campo y lluvia (5%)

Se evaluó de forma binaria cada parámetro, se asignó el valor de 1 si cumple con el parámetro y con 0 si no lo cumple; de tal suerte, que se clasificó el nivel de productividad de acuerdo al valor que alcance del índice de productividad. Véase cuadro 6.

**CUADRO 6. ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD**

<b>Nivel de productividad</b>	<b>Índice de productividad</b>
Alta productividad	8
Productivo	6 a 7
Medianamente Productivo	4 a 5
Baja productividad	2 a 3
Improductivo	0 a 1

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación**

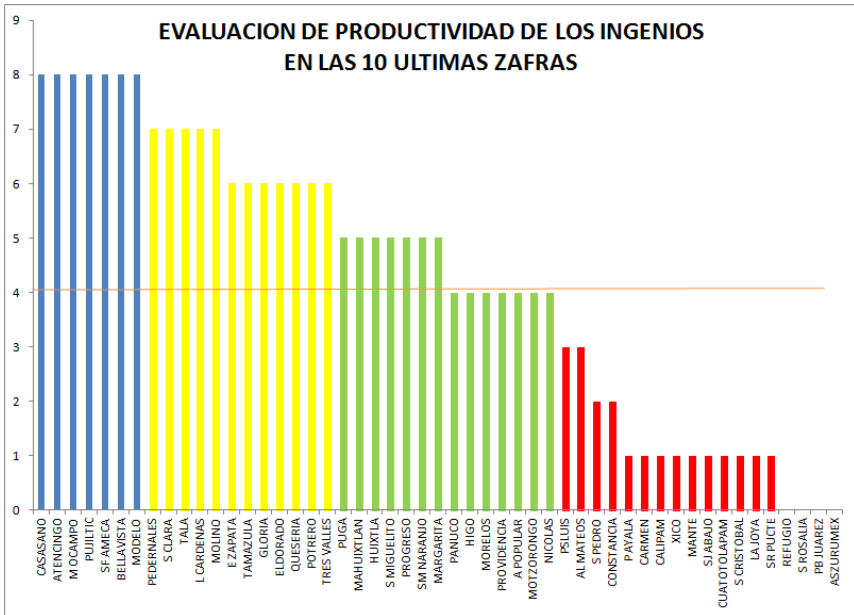
En el cuadro 7 y el gráfico 17, se muestra en orden de productividad a los ingenios del país, considerando el promedio de los indicadores anteriormente señalados, de lo que se desprende lo siguiente:

**CUADRO 7. CLASIFICACIÓN DE INGENIOS POR EL ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD. RESULTADO PROMEDIO DE LAS ZAFRAS 08/09 A LA 17/18**

<b>Nivel de productividad</b>	<b>Número de ingenios</b>	<b>Índice de productividad</b>
Alta productividad	7	8
Productivo	12	6 a 7
Medianamente Productivo	14	4 a 5
Baja productividad	4	2 a 3
Improductivo	14	0 a 1

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación**

## GRÁFICO 17. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE LAS (Z-08/09 A Z-17/18)



Datos elaborados con información de Conadesuca. Sinfocaña. Informes de campo y fábrica. [www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1](http://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1)

De los 51 ingenios en el país, solo 7 ingenios cumplen con todos los parámetros, son: Casasano, Atencingo, Melchor Ocampo, Pujiltic, San Francisco Ameca, Bella Vista y el Modelo, eso significa que son los de mayor productividad en el país y conjuntamente producen 900 mil toneladas de azúcar.

En un segundo bloque, compuesto por 12 ingenios cumplen con la mayoría de los parámetros y conjuntamente producen

1.5 millones de toneladas de azúcar. El problema de estos ingenios son los tiempos perdidos en fábrica y/o campo que provoca mayores pérdidas de sacarosa, como sucede en Tamazula y Emiliano Zapata; mientras que en El Dorado el menor contenido de Pol% en caña afecta el rendimiento en fábrica; mientras que en Potrero y Tres Valles, los bajos rendimientos en campo afectan en rendimiento agroindustrial.

Como tercer grupo, 14 ingenios cumplen con al menos la mitad de los parámetros para ser productivos y conjuntamente producen 1.5 millones de toneladas de azúcar. De éste grupo 4 ingenios tienen bajo rendimiento en campo, tiempos perdidos mayores al 5% tanto en fábrica como en campo y por lluvias, bajos contenidos de sacarosa, Puga y Pánuco con altas pérdidas de sacarosa.

En resumen, en el país operan 33 ingenios que se ubican dentro de un margen de productividad que les permitiría ser competitivos en el mercado nacional y conjuntamente producirían 4 millones de toneladas de azúcar, pero tienen un potencial de producir un 10% adicional, para superar los 4.5 millones de toneladas de azúcar.

A esta lista se podrían agregar 4 ingenios que están en proceso de mejorar su productividad, pero aún persisten bajos rendimientos en campo, en 3 de ellos menores contenidos de

sacarosa, pero bajas pérdidas de sacarosa con excepción de 1, altos tiempos perdidos que inciden en menor rendimiento agroindustrial.

Con 37 ingenios se producen 4.5 millones de ton de azúcar, con posibilidad de alcanzar 5 millones de toneladas de azúcar, suficiente para cubrir la demanda doméstica y disponer de una cuota de exportación al mercado americano por 700 mil ton de azúcar.

Es relevante destacar que hay 14 ingenios que son improductivos y sin rentabilidad, con bajos alcances para los cañeros, que en su conjunto tienen una superficie cosechable de 200 mil hectáreas, caña por moler de 11.2 millones de toneladas de caña y 1.1 millones de toneladas de azúcar, que equivalen al excedente de azúcar, que presiona hacia la baja los precios de azúcar.

#### **II.4 Productividad de los grupos azucareros.**

Sin embargo, como se mostró en el primer capítulo del presente documento, la mayoría de los ingenios están integrados en Grupos y solo 6 de los 51 ingenios que hay en el país, operan independiente. Los grupos azucareros toman decisiones para darle funcionalidad a los ingenios que poseen;



se diseñan una serie de estrategias, ya sea por su posición geográfica y cercanía a los principales mercados nacionales o de exportación; o ingenios del mismo grupo con una cercanía relativa se deriva caña y/o se asignan calidades de producción de azúcar, para darles viabilidad a los ingenios menos productivos; sin embargo, los ingenios de un mismo Grupo están muy dispersos geográficamente, lo que limita la posibilidad de diseñar estrategias de molienda conjunta, con solo algunas excepciones.

Para medir la productividad de los ingenios por Grupo, se consideró el promedio de tres zafras, zafra 15/16 a 17/18, debido a que se concluye el proceso de privatización, después de haber expropiados 27 ingenios en 2001.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el promedio de las tres zafras referidas, solo 4 ingenios alcanzaron la puntuación de alta productividad: Casasano, San Francisco Ameca, Melchor Ocampo y Pujilic; 12 ingenios alcanzaron el puntaje de productividad; 13 ingenios de mediana productividad; 10 ingenios de baja productividad y 12 ingenios improductivos, entre los que no cumplen ningún parámetro de productividad son los ingenios: San Rafael de Pucté, San Cristóbal, Plan de Ayala, Calipam, El Carmen y Azsurumex.

El diagnóstico de productividad por Grupo de ingenios, para el mismo período, los resultados se muestran en el cuadro 8.

El índice de productividad resulto menor por grupo, porque están integrados por ingenios con diferentes niveles de productividad; es decir, tienen buenos, regulares y malos ingenios productivamente.

**CUADRO 8. EVALUACION DE PRODUCTIVIDAD  
PROMEDIO DE LAS ZAFRAS 2015/16-2017/18 DE LOS  
GRUPOS AZUCAREROS.**

Grupo Azucarero	Ingenios	Producción de azúcar (miles de ton)	Capacidad Aprovechada %	Evaluación sobre productividad (8 puntos máximo)
Zucarmex	6	1,000	77	5.17
Margarita/Motz orongo	5	490	79	4.40
Beta San Miguel	11	1,300	79	4.27
Porres	4	400	80	4.25
Gam	4	410	66	4.25
Santos	5	460	83	3.60
Azucarera del Trópico	2	260	79	3.00
Piasa	3	600	85	2.67
Sáenz	3	350	83	2.67
Gargonz	2	55	60	0.50

**Fuente:** Datos elaborados con información de Conadesuca. Sinfocaña. Informes de campo y fábrica.

[www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1](http://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1)

El Grupo con mejor evaluación fue Zucarmex con la calificación de 5.17 de 8 puntos posibles, con 6 ingenios operando al 77% de su capacidad instalada y producción conjunta de 1 millón de toneladas de azúcar:

- Dispone de dos ingenios: Melchor Ocampo y Pujilic de alta productividad (uno en Jalisco y otro en Chiapas),
- Atencingo con calificación de productivo (Puebla);
- Mahuixtlán (Veracruz Centro) y el Higo (Veracruz Norte) medianamente productivos, por bajos contenidos de sacarosa y por altos tiempos perdidos;
- Y San Cristóbal (Veracruz Sur) no cumple con ningún parámetro de productividad, el problema es que es el ingenio con mayor volumen de producción del grupo, participa con el 25% de la producción del Grupo. Aun cuando es un ingenio refinador, la estrategia que se ha diseñado es producir azúcar estándar y mascabado y en la última zafra 17/18 produjo azúcar con Pol < 99.2 y, aun así, no cumplió con parámetros de productividad. El problema por resolver en este ingenio es el bajo rendimiento en campo, los altos tiempos perdidos en fábrica, campo y lluvia, el bajo contenido de sacarosa y la baja eficiencia en fábrica.

El segundo Grupo con mayor puntaje en cuanto a los indicadores de productividad fueron los conformados por Motzorongo y la Margarita con 4.4 de 8 unidades, con 5 ingenios operando al 79% de su capacidad instalada, con producción de 490 mil ton de azúcar. Una de las ventajas del grupo, es la cercanía de 4 ingenios en la región Córdoba-Golfo, donde existe la posibilidad de cosechar caña de un ingenio para derivarlo a otro del grupo y desde hace tiempo Motzorongo y Refugio trabajan integralmente.

- Motzorongo y la Margarita cumplen con parámetros de productividad, con excepción en Motzorongo en el rendimiento en fábrica, aun cuando entre una cuarta parte y dos terceras partes produce azúcar mascabado, y tiempo perdido en campo y por lluvia y en el caso de la Margarita por bajo rendimiento en campo que afecta el rendimiento agroindustrial.
- Progreso tiene el mejor rendimiento en fábrica y mayor contenido de sacarosa, el bajo rendimiento en campo afecta el rendimiento agroindustrial.
- Finalmente, los ingenios de baja productividad son Morelos y el Refugio, el bajo rendimiento en campo del primero, y el bajo contenido de sacarosa, con la baja eficiencia en fábrica afectan el rendimiento agroindustrial; mientras que el Refugio, el bajo contenido de sacarosa y el

menor rendimiento en fábrica, a pesar de que una tercera parte de su producción es mascabado, junto con los altos tiempos perdidos en fábrica, campo y por lluvia afectan el rendimiento agroindustrial

En el tercer grupo, se ubicó a Beta San Miguel, con un puntaje de 4.27 de 8 posibles lo ubica como de mediana productividad, aun cuando es el grupo más grande en cuanto a número de ingenio (11) y producción de azúcar 1.3 millones de toneladas de azúcar, operando al 79% de su capacidad instalada. Cuatro ingenios del grupo están ubicados en la región Córdoba-Golfo)

- Los dos ingenios de alta productividad son Casasano (Morelos) y San Francisco Ameca (Jalisco), ambos ingenios aportan 200 mil ton de azúcar.
- Los ingenios que mantienen un nivel de productividad son: Emiliano Zapata (Morelos) y el Potrero (Veracruz), el primero con problemas en recuperación de sacarosa y tiempo perdido en campo y por lluvia; mientras el segundo con bajo rendimiento en campo, que afecta el rendimiento agroindustrial.
- San Miguelito (Veracruz) que, por la cercanía con Potrero, pueden realizar derivaciones de caña ante una problemática de paro, como sucedió en la última zafra, tiene problemas de rendimiento en campo, fábrica y

agroindustrial, con bajo contenido de sacarosa y elevado tiempo perdido en campo y por lluvias.

- Tiene 4 ingenios con baja productividad: San Miguel del Naranjo (San Luis Potosí), Constanca (Veracruz), Santa Rosalía (Tabasco) y Providencia (Veracruz), con baja rendimiento en campo, altos tiempos perdidos en fábrica, campo y por lluvias, bajo contenido de sacarosa, con excepción de San Miguel del Naranjo y por consecuencia bajo rendimiento agroindustrial, la suma de los 4 ingenios es mayor a 450 mil ton de azúcar.
- Finalmente, San Rafael de Pucté no cumplió con ningún parámetro de productividad, aun cuando es un ingenio que produce sobre 140 mil ton de azúcar, aun cuando la zafra 17/18 más de la mitad de producción de azúcar fue de pol menor a 99.2.

Grupo Porres fue el cuarto grupo con un puntaje de 4.25 de mediana productividad, donde operan 4 ingenios a una capacidad del 80% de su capacidad instalada.

- El Modelo es un ingenio de productividad, con problema de bajo contenido de sacarosa, y bajos rendimiento en fábrica.

- Huixtla y Santa Clara califican con mediana productividad, por bajos contenidos de sacarosa, que afectan el rendimiento agroindustrial.
- San Pedro es el ingenio de mayor producción del grupo y no cumple con parámetros de productividad, bajos rendimientos en campo y fábrica, bajo contenido de sacarosa y altos tiempos perdidos en fábrica, campo y lluvia.

El quinto grupo GAM evaluado en 4.25 lo califica de mediana productividad, integrado por 4 ingenios operando al 66% de su capacidad instalada.

- Lázaro Cárdenas ingenio productivo con bajo contenido de sacarosa y altos tiempos perdidos por campo y lluvia.
- Tala y el Dorado calificados como de mediana productividad, aun cuando Tala es el que más azúcar aporta al grupo más de 200 ton de azúcar, con bajos contenidos de sacarosa y altos tiempos perdidos; mientras que El Dorado su problema es el bajo contenido de sacarosa que aporta el campo.
- Finalmente, Benito Juárez es el segundo ingenio del grupo que más azúcar aporta, más de 140 mil ton de azúcar, pero no cumple con los parámetros de productividad, calificándose como improductivo.

El sexto grupo Santos evaluado en 3.6 lo califica de baja productividad, integrado por 5 ingenios que operan al 83% de su capacidad instalada.

- Pedernales y Bella Vista califican como ingenios productivos, con problemas de tiempo perdido en campo y lluvias y el otro con problemas de recuperación de sacarosa.
- Alianza Popular con calificación de mediana productividad tiene bajos rendimientos en campo y altos tiempos perdidos que afectan el rendimiento agroindustrial del ingenio.
- Plan de Ayala y Cuatotolapam califican como ingenios improductivos, sus bajos rendimientos en campo, altas pérdidas de sacarosa y elevado tiempo perdido afecta los rendimientos en fábrica y agroindustrial.

El séptimo grupo fue el Grupo Azucarera del Trópico calificado de baja productividad, integrados por dos ingenios que operan al 79% de su capacidad instalada.

- La Gloria calificada como productivo, con problemas en tiempos perdidos en fábrica, campo y lluvias; mientras que la Joya no cumple con los parámetros de productividad, con bajos rendimientos en campo, fábrica, agroindustrial,



bajo contenido de sacarosa, altas pérdidas de sacarosa y tiempo elevado en campo y lluvias.

En el sitio octavo se ubicó a Grupo Piasa con una calificación de 2.67 que lo ubica de baja productividad, integrado por tres ingenios que operan al 85% de su capacidad instalada y producen 600 mil ton de azúcar. El principal problema del grupo son los bajos rendimientos en campo, altas pérdidas de sacarosa, con excepción de Adolfo López Mateos, y altos tiempos perdidos.

El noveno grupo fue Sáenz con una calificación de 2.67 ubicándose con baja productividad, integrado por tres ingenios, operando al 83% de su capacidad instalada.

- Tamazula ingenio productivo
- Xico y Mante improductivos por bajos rendimientos en campo, fábrica y agroindustrial, altas pérdidas de sacarosa, baja eficiencia en fábrica y tiempos perdidos elevados.

En el décimo lugar, se ubicó a Grupo Gargonz, con 2 ingenios improductivos que no cumplen con los parámetros de productividad.

A manera de conclusión, la industria azucarera mexicana no es productiva, la evaluación de productividad de las zafras 15/16 a 17/18, sólo 5 grupos del país muestran parámetros de campo y fábrica dentro de márgenes medianamente productivos; por otro lado, hay 4 grupos que alcanzan una baja productividad. Y un grupo, improductivo. Véase Cuadro 9.

**Cuadro 9. Clasificación de Grupos azucareros por el índice de productividad. Resultado promedio de las zafras 08/09 a la 17/18**

<b>Nivel de productividad</b>	<b>Número de grupos</b>	<b>Índice de productividad</b>
Alta productividad	0	De 8 a mayor
Productivo	0	De 6 a menor de 8
Medianamente Productivo	5	De 4 a menor de 6
Baja productividad	4	De 2 a menor de 4
Improductivo	1	De 0 a menor de 2

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación.**

Al evaluar la productividad por grupos azucareros, el resultado que se obtuvo fue que cinco grupos clasificaron como medianamente productivos y 4 grupos clasificaron con baja productividad; porque prácticamente dentro de cada grupo está integrado por ingenios productivos e improductivos. En la consolidación de resultados de cada grupo azucarero, los ingenios productivos financian a los menos productivos. Grupos como Zucarmex, Beta San Miguel, La Margarita-Motzorongo, Porres, Piasa, Azucarera del Trópico y Gam

tendrán que replantear que hacer con los ingenios menos productivos, o les asignan la producción de menos calidades de azúcar para exportar con menos de Pol 92.2 y/o mascabado; o terminan cerrándolos; hay historia reciente del cierre de ingenios que formaban parte de los Grupos, como son: Santo Domingo del grupo la Margarita; San Gabriel de grupo Santos; La Primavera de Grupo Zucarmex; Nuevo San Francisco de Grupo Gargonz.

Mientras que los ingenios como el Carmen, Calipam de Grupo Gargonz y los ingenios independientes como San José de Abajo y Azsurumex, su condición es muy precaria.

## **II.5 Productividad respecto a los principales países exportadores**

Por otra parte, al comparar la productividad de la industria azucarera nacional con los principales productores de azúcar de caña en el mundo y en particular con los principales exportadores de azúcar, porque si el volumen de exportaciones es preponderante en las exportaciones mundiales, significa que sus índices de productividad garantizan costos que les permiten vender grandes volúmenes en el mercado mundial a los precios del contrato #11. En esa situación se encuentran

países como Brasil, Tailandia, Australia, Guatemala, Sudáfrica y Colombia, que tienen en común, la producción de azúcar con caña de azúcar y un alto porcentaje de exportaciones respecto a su producción.

Considerando los parámetros de campo y fábrica que se muestran en el cuadro 10, siguiente podemos concluir lo siguiente:

### **CUADRO 10. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA CON OTROS PAÍSES.**

Análisis comparativo de México respecto a los países que más participan en las exportaciones de azúcar 2018									
Países	Exportación/ Producción	Superficie has	Caña de azúcar ton	Rendimiento campo ton/ha	Azúcar miles ton	Pol sacarosa en caña	Eficiencia en fábrica	Rendimiento en fábrica	Rendimiento agroindustrial
Guatemala	84%	206,061	20,606,061	100	2,645	15.76%	81.43	12.84%	12.30
Australia	79%	418,895	34,428,966	82	4,459	14.97%	86.50	12.95%	10.20
Brasil	73%	4,061,651	304,258,276	75	36,879	13.50%	89.80	12.12%	8.70
Tailandia	69%	1,313,876	98,540,670	75	13,027	17.17%	77.00	13.22%	9.50
Sudáfrica	31%	293,182	18,581,864	63	1,958	12.49%	84.40	10.54%	6.40
Colombia	28%	177,557	18,643,466	105	2,372	14.50%	87.75	12.72%	12.80
India	6%	3,553,669	248,756,846	70	30,783	14.77%	83.80	12.37%	8.30
Estados Unidos	0%	339,313	25,787,788	76	3,173	14.42%	85.30	12.30%	9.80
<b>México</b>	<b>20%</b>	<b>784,661</b>	<b>53,333,408</b>	<b>68</b>	<b>6,004</b>	<b>13.58%</b>	<b>82.87</b>	<b>11.26%</b>	<b>7.66</b>
Nota:									
Se incluyó a Estados Unidos por ser un país importante en la producción y consumo de azúcar y por ser el socio principal de México.									
Se consideró los indicadores para la producción de azúcar con caña, para Brasil no se considero ni la supetrificia ni la caña que se utiliza para la elaboración de alcohol									

#### **Datos elaborados con el Foreign Agricultural Service / USDA y CONADESUCA**

- Los países se ordenaron en función al cociente de exportación más alto respecto a su producción; de tal suerte, que Guatemala exporta el 84%, seguido de Australia, Brasil y Tailandia. Aun cuando la India tiene un

porcentaje marginal y Estados Unidos es un importador neto, se incluyeron en la lista por el alto nivel de producción y consumo de azúcar que tienen y el último por ser el principal socio comercial de México y en específico del azúcar.

- Los rendimientos en campo destacan los de Guatemala y Colombia, todos los países enlistados tienen mayor rendimiento que México, con excepción de Sudáfrica. La variedad de caña, los volteos de caña y la adecuada aplicación de paquetes tecnológicos (que incluye la suficiencia de agua y fertilización) es relevante para alcanzar niveles de rendimientos altos.
- Destaca el alto contenido de sacarosa en caña en Tailandia, Guatemala, Australia y Colombia; prácticamente por las mismas razones que el punto anterior. Todos los países enlistados con excepción de Brasil y Sudáfrica son mayores a los de México.
- La eficiencia en fábrica de Brasil, Australia, Colombia y Estados Unidos destaca altos niveles de extracción de azúcar; con excepción de Tailandia y Guatemala que son inferiores a los de México, en el resto son mejores a los nuestros.

- Los rendimientos en fábrica en todos los países analizados son mejores a los logrados en México, con excepción de Sudáfrica.
- Los rendimientos agroindustriales son mayores a los de México, con excepción de Sudáfrica; lo que significa que hay países donde su productividad está en campo y en otros está en la fábrica, en países como Australia, Brasil, Colombia y Estados Unidos destacan en las dos áreas. Los países con mejores rendimientos agroindustriales son Colombia, Guatemala, Australia y Brasil.

Estos indicadores de productividad son base para evaluar el nivel de competitividad, en el mercado mundial del azúcar. En la medida en que el campo tenga rendimientos elevados y un alto contenido de sacarosa, las fábricas con alta eficiencia tendrán la capacidad de extraer de la caña, el mayor contenido de azúcar y por ende el rendimiento agroindustrial tiene a ser elevado. Mientras Guatemala y Colombia obtienen rendimiento agroindustrial sobre 12 ton de azúcar por hectárea, México alcanza el rendimiento de 7.66 ton, prácticamente una tercera parte menos de los más eficientes, esto sin duda permite que los costos de producir una tonelada de azúcar sean inferiores y por consecuencia su posición competitiva sea elevada.

En resumen, en éste capítulo destacamos a través del rendimiento agroindustrial integrado, por las variables que influyen en los rendimientos en campo y fábrica, que la industria es muy heterogénea; con datos promedio de cada ingenio de las zafras 2008/09 a 2017/18 sólo 9 de los 51 ingenios, que operan en la zafra 2017/18, tienen rendimientos en campo y fábrica mayores de 70 ton/ha y de 11.5%, respectivamente; mientras que 15 ingenios tienen altos rendimientos en campo, con bajos rendimientos en fábrica; 7 ingenios tienen rendimientos altos en fábrica, con bajos rendimientos en campo y 20 ingenios tienen rendimientos en campo menores a 70 ton/ha y rendimientos menores a 11.5%.

Considerando las variables que influyen en el índice de productividad, los resultados son similares; sólo 7 ingenios son de alta productividad; 12 de productividad por encima del promedio, 14 ingenios en la productividad media; mientras que 4 ingenios son de baja productividad y 14 ingenios son improductivos.

Si de la matriz de producción nacional se omiten los 14 ingenios improductivos, es decir, con los 37 ingenios restantes, se produciría lo suficientes para cubrir el consumo interno de azúcar y con excedentes para cubrir la cuota de exportación al mercado americano.

Reconociendo que el 88% de los ingenios están agrupados, cuando evaluamos el índice de productividad de los Grupos Azucareros, 5 de los 10 grupos clasifican como medianamente productivos; mientras que 4 grupos se evalúan con baja productividad, esto obedece a que los grupos tienen ingenios con alta y baja productividad; el reto de los Grupos es que los ingenios con mayor productividad terminan transfiriendo recursos a los ingenios menos productivos, que puede funcionar en el mediano plazo, pero es insostenible en el largo plazo; sin embargo, existe la posibilidad de reorientar su producción diferente a elaborar azúcar.

Comparando la productividad de la industria azucarera mexicana, con respecto a países productores de azúcar con altos volúmenes de azúcar para exportación, los rendimientos agroindustriales son superiores en Colombia (12.85), Guatemala (12.3%), Australia (10.2%), Estados Unidos (9.8%), Tailandia (9.5%), Brasil (8.7%) y la India (8.3%) con respecto al promedio en México de (7.66%). El mayor rezago es en campo, tanto en rendimiento en campo, como en el contenido en sacarosa; mientras que las eficiencias en fábrica y rendimiento físico es un caso similar, de rezago.

De esta forma se confirma la hipótesis de éste trabajo, El problema central de la industria azucarera no es el excedente de producción, es el bajo índice de la productividad, como



consecuencia del crecimiento horizontal del campo cañero con bajos rendimientos en campo, y, de altas pérdidas de sacarosa y tiempos perdidos en fábrica, afectando el rendimiento agroindustrial y la posibilidad de diversificar al sector.



### **III. ALTERNATIVAS OPERATIVAS PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL.**

La reconversión de la industria azucarera se viene planteando desde hace mucho tiempo; por lo menos se identifican tres etapas recientes:

1. Después del período de estancamiento y crisis del sector (1962-1982), durante los 80' se inicia un proceso de reordenamiento y autosuficiencia del sector, operando 69 ingenios en el país, de los cuales 16 ingenios eran privados; se superan volúmenes de producción por 3 millones de ton de azúcar, alcanzando máximo de 3.7 millones en 1987, alcanzando la autosuficiencia. "...Se planteaba la reconversión de la industria azucarera como una industria que debe contar con una planta industrial competitiva, con capacidad suficiente para atender la demanda interna; rentable y autosuficiente financieramente, con un aparato planificador y administrativo capaz de prever la evolución de la demanda y las adecuaciones a la planta productiva, diversificada y con adecuado aprovechamiento de los subproductos..."<sup>32</sup>. El proceso

---

<sup>32</sup> Noé Aguilar Rivera, "La reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz, México", Revista Nova Scientia, Vol.6, núm. 12, (Octubre 2014):3,

concluyó con la desincorporación de ingenios, pasando al sector privado.

2. En los 90' con la privatización de los ingenios, y la apertura comercial del sector bajo el marco del TLCAN, tenía como principio que en manos privadas, los ingenios operarían con mayor eficiencia, por las inversiones que se realizarían para mejorar su eficiencia; sin embargo, con el nivel de pasivos que se contrataron para comprar los ingenios, el servicio de la deuda fue un peso financiero que no liberó recursos para la inversión, lo que provocó ineficiencias operativas, para competir en un mercado libre y con un producto como el JMAF; el resultado de este proceso fue la expropiación de 27 ingenios.
3. Finalmente desde que se alcanzó la apertura total del mercado, 2008, y comenzaron paradójicamente a reducirse las cuotas de exportación, 2014, al mercado americano, con el JMAF, con participación del 25% en el mercado, nuevamente se plantea la necesidad de reconvertir la industria mejorando los índices de productividad tanto en campo como en fábrica como condición para diversificar al sector. Dentro de la

---

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07)

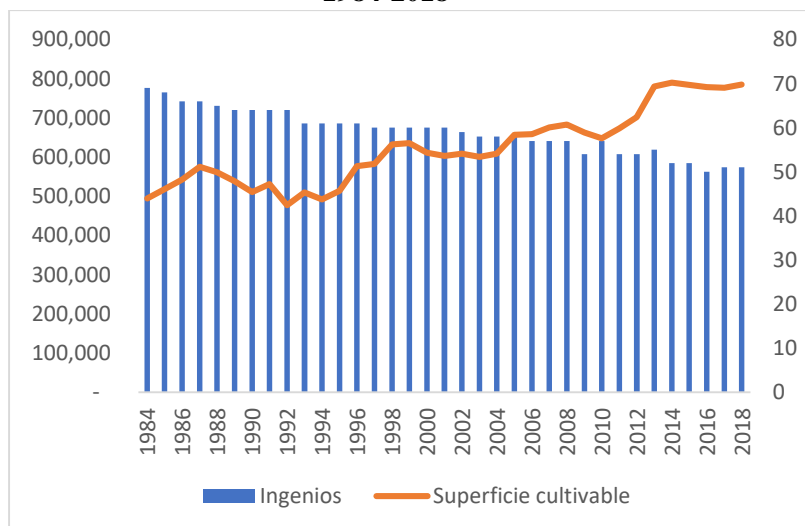
ortodoxia de liberalización económica, la apertura comercial y la privatización de un sector industrial, deberían mejorar los niveles de competitividad a través de una productividad mayor, con menores costos y la posibilidad de ofrecer productos con mayor valor agregado, mediante la diversificación. Sin embargo, este resultado aún no se ha logrado, el objetivo de este capítulo es evaluar los factores que limitan la productividad de la industria azucarera mexicana, durante los ciclos 1993/1994 al 2017/2018, período en que se consolida la apertura comercial de los edulcorantes en México, bajo el marco operativo del TLCAN.

### **III.1 Continuar con el Modelo Mono-productor de azúcar con el consecuente cierre de ingenios no productivos y sustitución de la caña por otros cultivos, en zonas cañeras, por baja productividad.**

A pesar de que desde 1984 han cerrado 18 ingenios en el país, el campo cañero no solo se derivó a otros ingenios, sino que creció tanto la superficie, que se convirtió en el soporte sobre el cual se sustenta las mayores cosechas de caña y producción de azúcar, véase gráfico 18; a pesar de que hubo zonas donde se sustituyó el cultivo de caña por

otros cultivos, como la naranja en Martínez de la Torre, el Berry y el aguacate en Michoacán, el trigo y maíz en los Mochis, el ganado en Veracruz, etc.

**GRAFICO 18 NÚMERO DE INGENIOS VS SUPERFICIE COSECHADA (has) 1984-2018**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.**

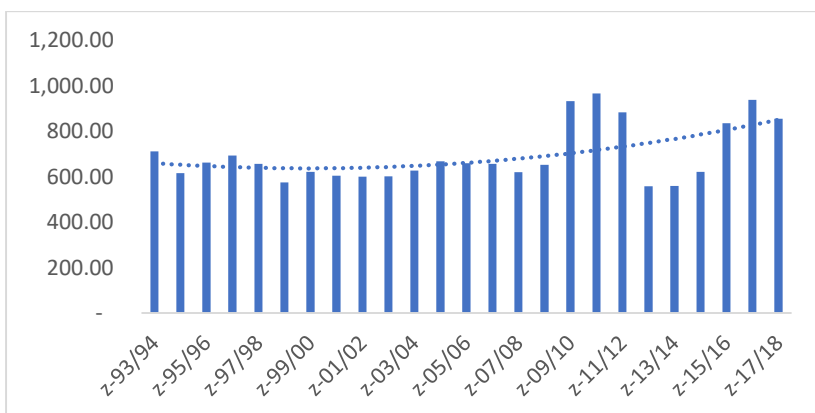
La tendencia de cerrar ingenios puede continuar, sobre todo los ingenios improductivos pero el campo cañero se mantendrá, porque no faltarán ingenios cercanos que estén dispuestos contratar caña que se libere, por el cierre de ingenios, como ha sucedido hasta la actualidad.

La superficie cañera creció, entre otras razones, por las siguientes:

- Por contar con las ventajas de agricultura por contrato, respaldado por la LDSCA, que ofrece seguridad social al cañero y seguridad de venta de la caña con el ingenio con quién realiza el contrato.
- Porque el precio de la tonelada de caña en términos reales, con base a precios de 2018, registró una tasa de crecimiento promedio anual del 0.77%, en un período de 24 años. Lo que evidencia que el precio de la caña ha sido relativamente estable, con las excepciones de cuando se registra una zafra extraordinaria, que acumula inventarios de azúcar, afecta el precio de referencia de azúcar y el precio de la caña, como sucedió en la zafra 12/13. Véase gráfico 19.
- Se incorporó superficie cañera, cada vez más lejana de los centros de molienda y se extendió a terrenos no propicios para el cultivo de caña por el tipo de suelo, o en zonas secas, que no disponen de pozos para realizar riegos de auxilio.

Hay varios aspectos que explican el crecimiento extensivo del campo:

## GRAFICO 19. PRECIO REALES DE LA TONELADA DE CAÑA DE AZUCAR

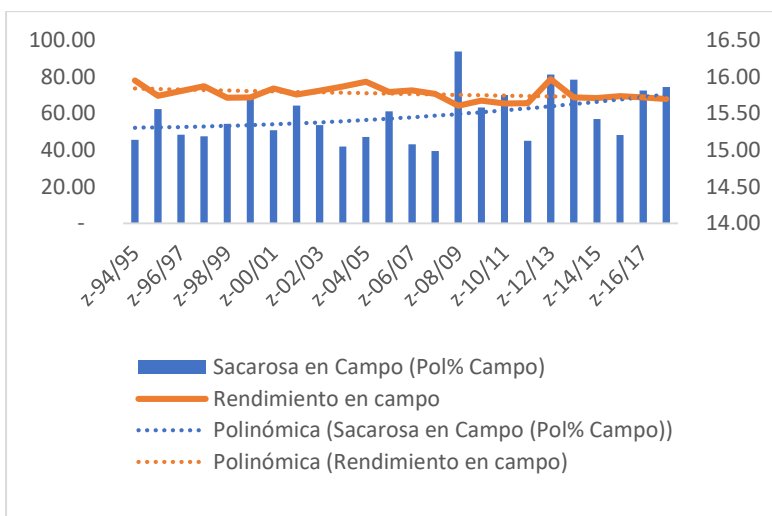


**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR**

- Falta de nuevas variedades de caña para mejorar el rendimiento en campo y el contenido de sacarosa; mientras durante el período de las zafas 94/95 a 2017/18, el rendimiento en campo promedio una caída del 0.08%, el contenido de sacarosa en campo mejoró en 0.19%, valores marginales para un campo de mayor productividad. Véase gráfico 20.
- Envejecimiento del campo cañero por falta de siembras, el parámetro de campo para renovarlo y garantizar mayor rendimiento, equivale a sembrar el



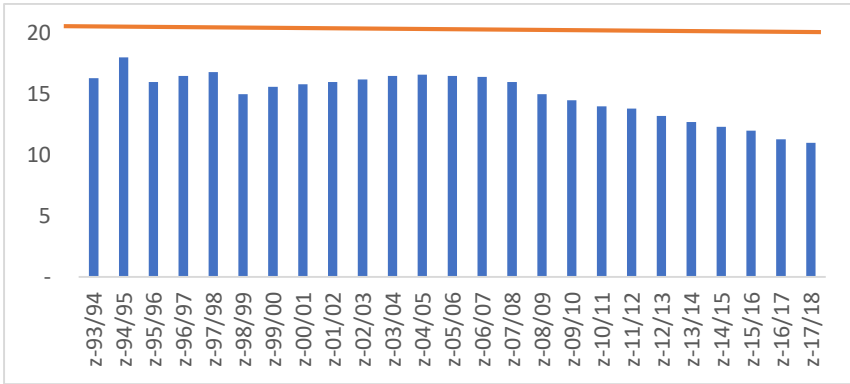
**GRAFICO 20. RENDIMIENTO EN CAMPO (ton de caña/ha)  
VS SACAROSA EN CAMPO%**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR.**

20% de la superficie total. En los últimos 25 años, no se ha logrado renovar el campo con el 20% de la superficie, su tendencia en el período analizado, es hacia la baja. Véase gráfico 21. Aproximadamente la superficie cañera se distribuye con plantas (12.8%), socas (14.9%) y resocas (72.3%). La planta se refiere al primer corte de la caña, la soca al segundo corte y la resoca al tercero o más corte, en varios ingenios la resoca puede llegar a más de 8 cortes; entre más cortes tenga la caña el rendimiento tiende a disminuir.

**GRAFICO 21. SIEMBRAS DE CAÑA/  
SUPERFICIE TOTAL (%) ZAFRAS 1993/94**



**Fuente: Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2017/18. Unión Nacional de Cañeros AC-CNPR**

- Insuficiencia en la aplicación de los paquetes tecnológicos<sup>33</sup>, generalmente las dosis de fertilización recomendadas no se aplican; se hace una dosis de fertilizante y otra de urea, por créditos limitados al campo y/o por falta de liquidez del cañero para atender su campo, esto afecta al rendimiento en campo, sobre todo si no se hace de acuerdo a la programación técnica recomendada.

<sup>33</sup> Sagarpa en sus Reglas de Operación define al paquete tecnológico como “conjunto de actividades del sector (agrícola), el cual comprende desde la preparación del terreno hasta la cosecha y conservación”. Las actividades recomendadas en el Paquete tecnológico se agrupan: Preparación de la tierra; Siembra de semilla; cultivo de la caña; fertilización; Plagas y enfermedades y programación de riegos de auxilio.

- Insuficiencia de agua para el desarrollo de la caña. El 60% de la superficie cañera es de temporal, el 17% de riego de auxilio y el 23% de riego. Esta diferente disponibilidad de agua, afecta los rendimientos en campo. Cuando hay riego suficiente los rendimientos en campo pueden ser del 90 ton/ha; si se dispone de riegos de auxilio el rendimiento es de 65, y si es de temporal de 55 ton/ha. Véase cuadro 11.

**CUADRO 11. COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO TEMPORAL Y RIEGO**

<b>Disponibilidad de agua</b>	<b>Rendimiento campo (ton/ha)</b>	<b>Diferencia en rendimientos</b>	<b>Diferencia en toneladas de caña</b>
Riego	90	-	-
Riego de auxilio	65	72.2%	25 ton
Temporal	55	61.1%	35 ton

**Fuente: FIRA. Panorama Agroalimentario Azúcar 2017**

- Falta de semilleros certificados, para nuevas siembras.
- Ampliación de siembras en zonas de cultivo de bajo rendimiento.

La productividad en el campo cañero no mejoró, propiciado por la falta de tecnificación, sobre todo la parte del sector ejidal

que no ha encontrado nuevas formas de organización, para llevar a cabo las mejoras de rendimiento. “El rezago tecnológico,..., la maquinaria y el equipo utilizado en el sector cañero del país son antiguos, lo que se refleja en baja productividad en comparación a sí estuviera, la maquinaria y equipo adecuados”<sup>34</sup>

En lo que respecta a la efectividad de los frentes de corte<sup>35</sup>, se mide por la frescura de la caña<sup>36</sup>; aproximadamente el 80% de la corte de caña es manual (cosecha con cortadores) y la frescura promedio es de 28 horas, mientras que en el corte mecánico (cosecha con máquinas cosechadoras) es equivalente al 20%, con una frescura de 14 horas; de tal suerte, que la frescura de la caña en un entorno de eficiencia de los frentes de corte (cortadores, cosechadoras, alzadoras y camiones) debería ser de 25 horas, si es más de ese tiempo, la caña pierde sacarosa de forma acelerada. En las zafras analizadas, la frescura de la caña fue superior a 28 horas, con

---

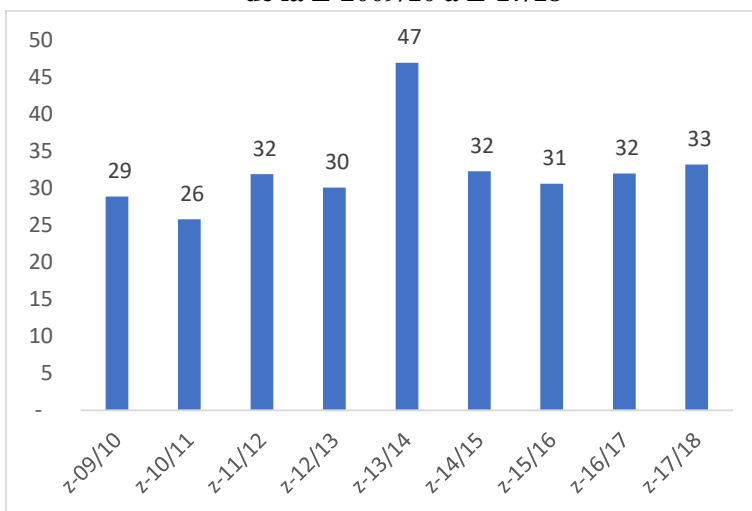
<sup>34</sup> Enrique Mejía, et al., “Estudio de caracterización de zonas potenciales de mecanización en las zonas de abastos cañeras”, Colegio de Posgraduados-SAGARPA, 2010, 12.

<sup>35</sup> Los frentes de corte se refiere a la cantidad de cortadores, cosechadoras, alzadoras y camiones para cosechar la caña durante el período de zafra

<sup>36</sup> La frescura de caña se mide en términos de las horas que pasan desde que se cosechó la caña en el campo hasta su entrega en el batey de la fábrica. Entre más tiempo transcurra, la caña pierde sacarosa.

excepción de la zafra 2010/11, evidenciando dificultades para ofrecer caña fresca a las fábricas. Véase gráfico 22.

**GRAFICA 22. FRESCURA DE LA CAÑA (horas)  
de la Z-2009/10 a Z-17/18**



**Fuente.** CONADESUCA. Sinfocaña. Reportes Campo. <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=2&acu=1>

La calidad de la caña está determinada por la variedad de la caña que se adapte a las condiciones climáticas (sol, aire, lluvia), tipo de suelo, riegos de auxilio, enfermedades y plagas que afecten el crecimiento de la caña; las variedades de caña en el campo cañero de México, se concentran en dos: CP72-2086 y la MEX 69-290, ambas suman el 60% de la superficie cultivada y con el 8.5% le sigue la variedad Mex 79-431,<sup>37</sup>

<sup>37</sup> “Proyecto de sistematización de información del diagnóstico de ingenios azucareros 2009”, CONADESUCA, 2009, Diapositiva 4.

como dato de referencia, los dos primeros dígitos de cada variedad muestran el año en que se propagaron comercialmente.

En los hechos, cada ingenio puede disponer de hasta 10 variedades en la superficie cultivada pero solo una o dos de ellas, concentran el 75% de la superficie, con el riesgo que implica que alguna plaga o enfermedad nociva a esas variedades, afecte el campo cañero. No hay cambios en variedades, se siembran las mismas porque los cañeros son reacios a cambiar de variedades y si cuentan, con la complicidad de las organizaciones y la nula promoción del ingenio, no se dan los cambios en variedades que técnicamente se requieren.

El financiamiento del campo cañero es insuficiente, es un problema estructural que limita las siembras y la aplicación de los paquetes tecnológicos completos. Se terminan realizando solo algunas labores; o peor aún, los cañeros no están dispuestos a voltear sus cepas para sembrar, contraviniendo la recomendación técnica de volteos de cepas cada 7 años, originando el envejecimiento del campo con bajos rendimientos.

---

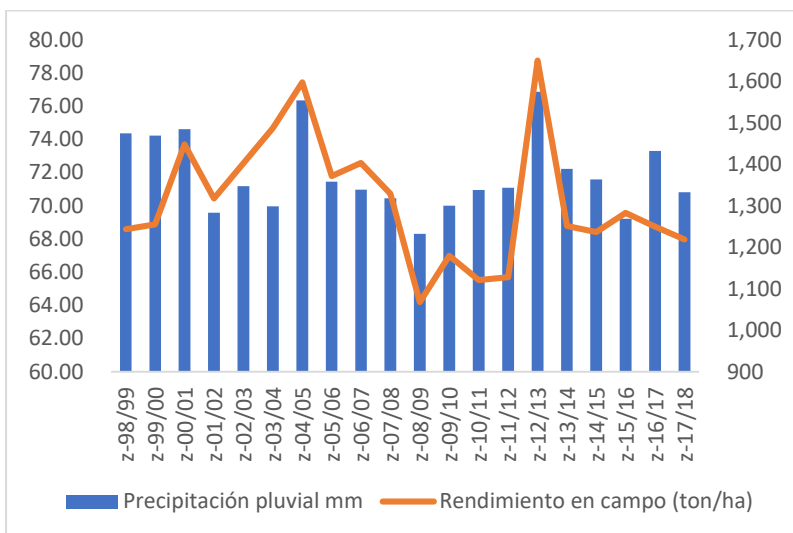
Consultado 20 de febrero de 2009,  
[http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte\\_Diagnosticos](http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte_Diagnosticos).

El campo cañero, es vulnerable a las condiciones climáticas en el campo cañero, cuando la lluvia es insuficiente o sólo se concentra en solo algunas semanas, la planta se estresa y disminuye el contenido de la sacarosa; cuando, las lluvias favorecen el cultivo, como sucedió en la zafra 12/13 se rompió el récord de producción de 7 millones de toneladas de azúcar por las condiciones de lluvia favorables que propiciaron que el rendimiento en campo estuvieran sobre los 79 ton de caña por hectárea y el rendimiento agroindustrial rompiera el récord de 9 ton de azúcar por hectárea; sin embargo, los buenos resultados operativos contrastaron con la caída del precio del azúcar por el excedente de azúcar que genera. Véase gráfico 23.

El bajo rendimiento en campo, la baja calidad de caña y las malas prácticas de cosecha, son los elementos donde se concentra el nudo de la industria; los Comités de Producción Cañera en la mayoría de los ingenios, no alcanzan a emprender proyectos con resultados completos, se discute poco sobre aspectos técnicos de mejora en el mediano y largo plazo; y, se discute más en temas de corto plazo, como es el pago de la caña, como si no existiera una ley que garantice el esquema de pago; los líderes intentan resolver la problemática de sus agremiados y los ingenios la propia, y en la mayoría de las

veces hay permanentes confrontaciones que no abonan a la resolución de la productividad en el campo.

**GRAFICO 23. RENDIMIENTO EN CAMPO (ton/ha) y PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm)**



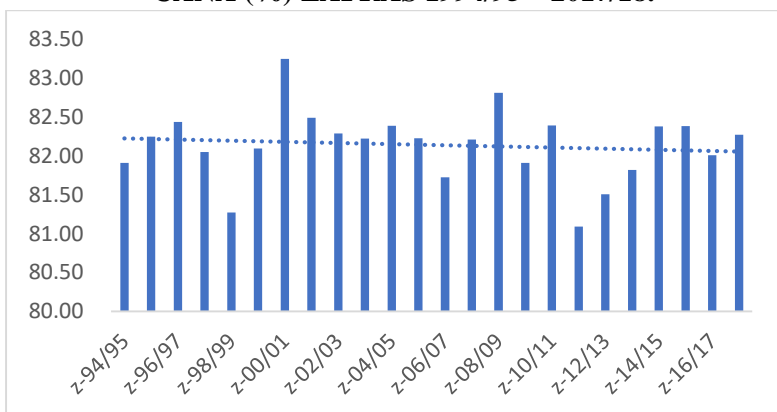
**Fuente.** CONADESUCA. Sinfocaña. Reportes Campo. <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=2&acu=1> y Comisión Nacional del Agua. Servicio Nacional de Metereologia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Otra dificultad de los ingenios, que limita su competitividad es no ser propietarios de la superficie cañera, dependen de un gran número de proveedores que están controlados principalmente por dos organizaciones cañeras, que en los hechos representa una limitante para tecnificar y mejorar las prácticas de cultivo, donde hay de 2 a 5 mil productores por ingenio, con diferente superficie; las dos terceras partes son



ejidos con capacidad técnica y económica limitada para emprender mejoras en las variedades de caña, en los suelos, en la aplicación de paquetes tecnológicos e introducción de sistemas de riego; esta heterogeneidad del campo, le resta productividad al campo; es decir, los ingenios disponen de caña, pero con bajo rendimiento y de mala calidad, que se evidencia con la pureza de jugo mezclado, que en 23 años no ha mejorado, registra una tasa de crecimiento promedio anual es del 0.02%, representando una limitante para la extracción de azúcar en la fábrica. Véase Gráfico 24.

**GRAFICO 24. PUREZA DEL JUGO MEZCLADO DE LA CAÑA (%) ZAFRAS 1994/95 – 2017/18.**



**Fuente.** CONADESUCA. **Sinfocaña. Reportes Campo.** <https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=2&acu=1>.

A parte de estos aspectos técnicos de campo, la estructura operativa de relación entre los ingenios y las organizaciones cañeras, es un elemento que limita la productividad, en virtud

de que los proveedores de caña, a través de las organizaciones cañeras, tienen una gran capacidad de negociación.

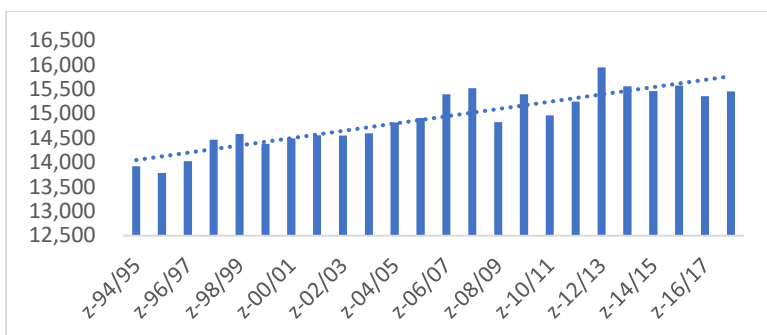
Considerando que la caña de azúcar en la estructura de costos representa entre el 57 y 65% del costo total y proveeduría de la misma está regulada por la LDSCA y que los proveedores de caña están organizados por dos grandes organizaciones cañeras CNC y CNPR, con suficiente poder político por la cantidad de agremiados que representan, tienen una influencia decisiva en la normatividad y reglamentación de la caña de azúcar, sobre todo con el aval del gobierno, al considerar la caña como bien de utilidad pública. Su capacidad de influir sobre pagos adicionales del karbe y del precio de referencia del azúcar, son fundamentales para compensar los menores rendimientos de caña y menor contenido de sacarosa.

Por lo que respecta a la fábrica, el rendimiento físico durante las zafras de 1993/94 a 2017/18, es decir, 25 ciclos, la tasa de crecimiento promedio fue marginal con el 0.34% anual; sin embargo, la molienda medida en términos de caña molida por hora, paso de 13,919 a 15,452 toneladas de caña, en términos absolutos creció en 10%, Véase Gráfico.25.

La eficiencia en fábrica en el período analizado creció a un ritmo promedio anual del 0.16%, como consecuencia de

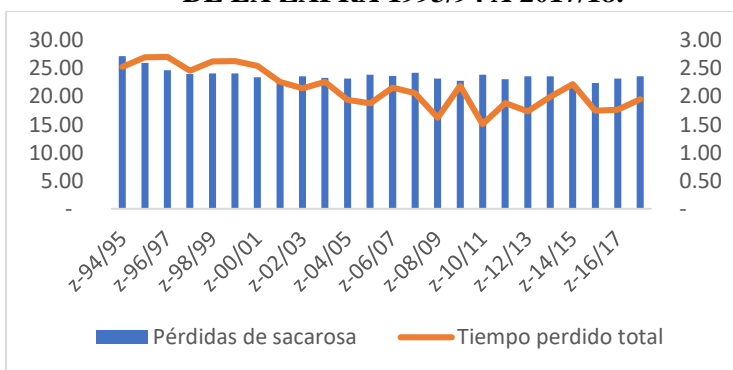
menores pérdidas de sacarosa y de menor tiempo perdido.  
Véase gráfico 26.

**GRAFICO 25. CAÑA MOLIDA POR HORA ZAFRA DE 94/95 a 17/18**



**Fuente. CONADESUCA. Sinfocaña. Reportes Campo.**  
<https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=2&acu=1>.

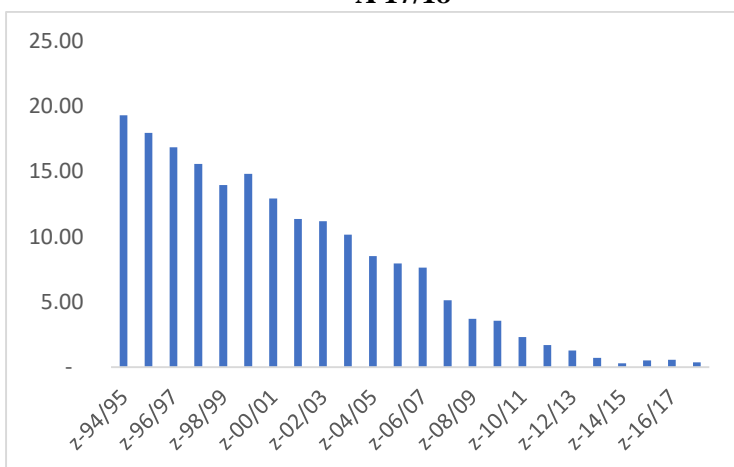
**GRAFICO 26. PERDIDAS DE SACAROSA (%) Y TIEMPO PERDIDO TOTAL DE LA ZAFRA 1993/94 A 2017/18.**



**Fuente. CONADESUCA. Sinfocaña. Reportes Fábrica.**  
<https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>.

Uno de los parámetros donde la industria mejoró sensiblemente fue en el consumo de petróleo por tonelada de caña, al pasar de 19.31 en la zafra 94/95 a 0.38 litros por tonelada de caña, alcanzando como industria un equilibrio energético, con la cantidad de bagazo que se generó, se utilizó como combustible para las calderas. Véase gráfico 27.

**GRAFICO 27. CONSUMO DE LITROS DE PETROLEO POR TONELADA DE CAÑA MOLIDA. ZAFRAS DE 94/95 A 17/18**



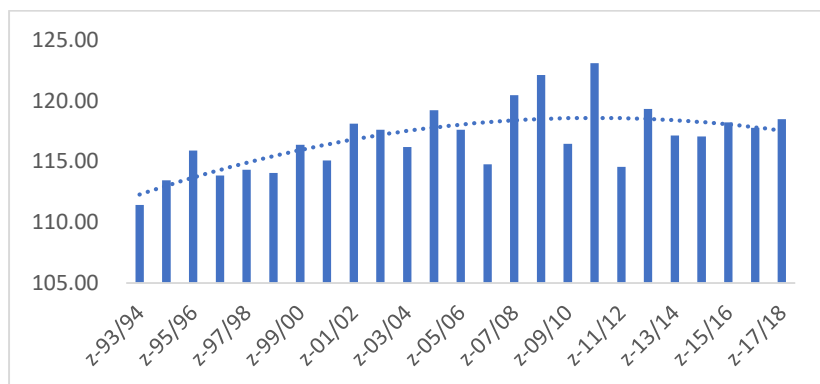
**Fuente. CONADESUCA. Sinfocaña. Reporte Fábrica.**  
<https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>.

Los elevados costos del petróleo, obligaron a la industria a realizar inversiones de nuevas calderas o la reparación de las existentes para hacerlas eficientes, también fue un factor determinante, el menor tiempo perdido, que permitió

continuidad de molienda, con menores paros que al volver a operar las fábricas, el consumo del petróleo se eleva.

Finalmente otro indicador que evidencia la productividad de la agroindustria, es el Karbe neto, que mide la calidad de la materia prima y la eficiencia en fábrica, entre mayor es el Karbe neto, evidencia mejor calidad de la caña y mayor eficiencia de la fábrica, lo que resulta en obtener más kilos de azúcar por una tonelada de caña. El Karbe neto paso de 111.43 a 118.49 kilogramos de azúcar base estándar por tonelada neta de caña molida; sin duda el indicador mejoró, pero muestra una tendencia a disminuir en las últimas zafras. Véase gráfico 28.

**GRAFICO 28. KARBE NETO ZAFRAS DE 1993/94 A 2017/18**



**Fuente. CONADESUCA. Sinfocaña. Reporte Fábrica.**  
<https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>.

Por otro lado, el segundo costo de importancia del azúcar, es la mano de obra, ésta representa entre 12 y 15% del costo total, está regida por un contrato ley que establece las condiciones de contratación y tabulación del salarios y prestaciones de la mano de obra. En los hechos, las prestaciones pueden ser mayores por los convenios específicos que hay en los ingenios, que por una condición especial se firmaron por un período específico y por la presión del sindicato obliga a que se convierta en una prestación permanente, aunque ya no exista la condición de trabajo que la generó. El poder de negociación del sindicato cuenta con la fuerza suficiente para reclamar sus demandas aún a costa de que el ingenio no tenga la capacidad para cubrir las demandas extraordinarias, en más de una ocasión se han cerrado ingenios porque no hay corresponsabilidad entre el costo de la mano de obra y su productividad.

Lo lamentable del caso, es que las demandas que hacen las organizaciones cañeras y sindicales anteponen el beneficio de las organizaciones que al de sus representados y ponen en riesgo el funcionamiento del ingenio; hay varios casos que ésta presión ha sido motivo del cierre de ingenios.

Si continuamos produciendo azúcar sobre niveles de 6 millones, con consumos de 4.2 y exportación de 1.1 millones de ton de azúcar, estaremos acumulando 700 mil ton por ciclo,

afectando la contracción de los precios de azúcar y caña aún más, hará que ambos productos aún en ingenios y predios altamente productivos los márgenes de utilidad se reduzcan, obligando a los ingenios improductivos a salir de la industria. Producir más conducirá a perder, por el acumulación de inventarios, la referencia más cercana fue en la zafra 12/13 cuando los inventarios de azúcar fueron de 1.46 millones de ton de azúcar y los precios de azúcar cayeron, cotizándose en \$6,697 y \$558 respectivamente.

Por lo expuesto anteriormente, en cuanto a la baja productividad del sector, se perfilan algunas alternativas:

Reducir la superficie cañera, la caña y con ello la producción de azúcar, lo que significa cerrar ingenios o establecer cuotas de producción de azúcar.

1. Incrementar la productividad de todos los ingenios, llevaría a mayor volumen de azúcar, aún, cuando los costos disminuyan por efecto de la mayor productividad; los precios también lo harán, por el excedente de azúcar.
2. Ocupar el excedente de caña para diversificar la industria. De acuerdo a los resultados de la evaluación del índice de productividad por ingenios, señalados en el capítulo anterior, se señalaba sobre 14 ingenios que

estaban en la zona de improductividad de las diez zafras evaluadas. A continuación se muestra la relación de dichos ingenios, con los resultados de la zafra 2017/18. Véase cuadro 12.

**CUADRO 12. RESULTADOS DE LA ZAFRA 17/18 DE LOS INGENIOS CON BAJOS INDICES DE PRODUCTIVIDAD.**

Zona	Grupo	Ingenio	Zafra	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento en Campo (t/ha)	Toneladas de Caña Molida	Toneladas Azúcar Producida Total	Rendimiento en Fábrica (%)	Rendimiento Agroindustrial (ton azúcar/ha)
centro golfo	Motzorongo	El Refugio	2017/18	6,204	70.29	436,058	49,323	11.31	7.95
centro	Gargonz	Calipam	2017/18	1,920	78.52	150,765	14,377	9.54	7.49
sureste	Beta San Mig	Santa Rosalí	2017/18	12,269	67.10	823,264	89,551	10.88	7.30
noreste	Sáenz	Aarón Sáenz	2017/18	15,712	62.03	974,657	110,501	11.34	7.03
noreste	Santos	Plan de Ayali	2017/18	18,976	56.57	1,073,513	127,896	11.91	6.74
sureste	Gam	Presidente B	2017/18	24,998	63.01	1,575,189	161,406	10.25	6.46
noreste	Sáenz	El Mante	2017/18	11,884	62.58	743,708	75,880	10.20	6.39
papaolapan	Santos	CIASA (Cuatc	2017/18	15,229	52.51	799,612	90,685	11.34	5.95
cordoba golf	Independier	San José de	2017/18	10,445	57.93	605,076	61,660	10.19	5.90
papaolapan	Zucarmex	San Cristóbal	2017/18	46,398	53.32	2,473,794	264,734	10.70	5.71
cordoba golf	Gargonz	El Carmen	2017/18	6,987	64.22	448,702	39,386	8.78	5.64
sureste	Operadora d	La Joya	2017/18	15,637	53.15	831,122	84,344	10.15	5.39
sureste	Beta San Mig	San Rafael d	2017/18	30,130	54.14	1,631,361	161,054	9.87	5.35
sureste	Independier	Azuremex	2017/18	2,761	54.77	151,209	10,024	6.63	3.63
		<b>suma</b>		<b>219,549</b>	<b>57.93</b>	<b>12,718,031</b>	<b>1,340,822</b>	<b>10.54</b>	<b>6.11</b>

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación.**

Como se puede distinguir, los 14 ingenios concentran el 28% de la superficie total y 24% de la totalidad de la caña, con 219 mil has y 12.7 millones de toneladas de caña. Estos ingenios están ubicados en 5 de las 7 zonas cañeras que hay en el país: 5 ingenios en la zona sureste; 3 ingenios en la zona Córdoba-Golfo; 3 ingenios en la zona noreste; 2 ingenios de la zona del Papaloapan y 1 ingenio de la zona centro. Por otra parte, 2 ingenios del \*Grupo Beta San Miguel; 2 del Grupo Gargonz; 2 del Grupo Sáenz; 2 del Grupo Santos; 1 del Grupo Margarita-



Motzorongo; 1 de Zucarmex; 1 del Grupo Operadora de Trópico y 2 ingenios independientes.

Hipotéticamente si se destinará la totalidad de la superficie y caña de éstos ingenios a producir etanol, se producirán 1,000 millones de litros de alcohol; se dejarán de producir 1.3 millones de toneladas de azúcar, equivalente a los excedentes de inventarios; quitando toda la presión a los precios del azúcar y por consecuencia de la caña. Obviamente éste proceso no es automático, porque no todos los ingenios enlistados disponen de destilerías; pero como éstos ingenios forman parte de Grupos Azucareros que tienen ingenios que si disponen de destilerías, podrían hacer swaps de caña y asignar a éstos ingenios la elaboración de azúcar con menor polarización para la exportación.

### **III.2 Acciones para lograr mejoras en los índices de productividad de la agroindustria.**

México posee un alto potencial para el desarrollo de la agroindustria azucarera nacional, sin embargo, existen diferentes retos para el sector agroindustrial de la caña de azúcar, entre los cuales se encuentran:

- Planear de manera estratégica la producción del cultivo de caña, principalmente ante amenazas

meteorológicas, y las restricciones sobre la tenencia de la tierra, que limitan la tecnificación en predios pequeños como los ejidales; puesto que es un cultivo perenne que requiere de varios cortes para ser rentable y en algunos ciclos se han generado riesgos de desabasto y en otros excesos de oferta.

- Realizar desarrollo científico y transferencia de tecnología que permita tener mejores variedades de caña, mejores suelos, mayor aprovechamiento de los insumos, reducción de costos y mayor sustentabilidad, para consolidar el potencial de desarrollo en este sector.
- Diversificar el uso de la caña, para evitar dependencia de una sola propuesta de valor en el mercado nacional e internacional.
- Incrementar la capacidad competitiva de volumen y precio con respecto a la importación del JMAF.

Todas las acciones anteriormente enlistadas requieren de un programa de alcance de al menos 10 años y la participación de todos los que participan en el sector, donde deberán replantearse nuevas formas de organización menos politizadas y más orientadas a buscar soluciones tecnológicas. Crear el Centro de Investigación de Caña de Azúcar, para que en base a indicadores técnicos, proponga las zonas donde se puede

optimizar el desarrollo de las cañas y el mayor contenido de sacarosa y proponer que hacer con el excedente de caña, la diversificación deberá ser central en cualquier programa de la industria; de lo contrario, continuarán cerrando ingenios improductivos, buscar la sustitución de cultivos de la caña.

Es relevante, introducir variedades que mejor se adapten a los suelos y a las condiciones climáticas de las regiones cañeras, que tengan mayor resistencia a plagas y enfermedades; hay que introducir diversidad, de al menos 4 variedades cañeras, por ingenio, que concentren el 90% de la superficie cañera de cada ingenio; para no depender de una o dos que puedan resultar afectadas por una enfermedad o plaga. Además, deberán introducirse variedades que generen mayor cantidad de sacarosa, con mejores condiciones de cultivo y por ende mayor crecimiento de acuerdo con las condiciones climáticas y de suelos; es decir, variedades que garanticen más sacarosa y más toneladas de caña por hectárea.

Para alcanzar éstos resultados se requiere:

- a. Desarrollo de variedades certificadas y aptas para la sustitución varietal del campo cañero.
- b. La aplicación de paquetes tecnológicos completos y oportunos tanto para las siembras como en los cultivos; es decir, que se hagan todas las labores

agrícolas y aplicación de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y riegos de auxilio para asegurar el crecimiento de la caña.

- c. Fomento al uso de biofertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes, para recuperar la fertilidad de los suelos y mitigar la contaminación de fertilizantes químicos en el suelo.
- d. Renovación del campo. Las cepas deberán voltearse para sembrar al menos el 20% de la superficie y mantener en cultivo no mayores de 6 ciclos (Soca, Resoca 1, R2, R3, R4 y R5), de esa manera se logra un campo joven y productivo, pocos ingenios, por las características específicas de los suelos y el clima, podrían alargar el número de ciclos.
- e. Investigar sobre temas relacionados con la genética molecular, para acortar tiempo de liberación de variedades comerciales.
- f. Trabajos de investigación relacionados con la sanidad de caña de azúcar, para combatir plagas (mosca pinta o salivazo, gusano barrenador), mediante controles biológicos y enfermedades.
- g. Respetar las zonas de abastecimiento naturales de caña, esta dificultad requiere de mayor atención,

en las regiones donde se concentra el mayor número de ingenios.

Para lograr lo anterior, es relevante disponer de suelos aptos con las nivelaciones y drenes adecuados y la introducción de sistemas de irrigación, para los riegos de auxilio. Superficies compactas, es decir, que los predios estén cerca uno de otro, lo mejor es que sean colindantes, y cercanos al ingenio, a una distancia no superior a 50 km, para atenderlo adecuadamente y los costos de transporte de cosecha no sean elevados. Es fundamental, disponer de semilleros certificados de las variedades que el departamento técnico proponga y que el Comité Técnico lo apruebe y obligue al cañero a sembrar el tipo de variedad que conviene al ingenio. Que haya disponibilidad suficiente de crédito para financiar el paquete tecnológico de acuerdo con la programación de las aplicaciones, para garantizar el avance físico de acuerdo con la programación determinada por el departamento técnico de campo.

Para ello, es importante disponer de sistemas hídricos, mantos acuíferos para extraer el agua y a través del uso racional del agua, con sistemas de riego que optimicen su utilización, se puedan regar las zonas donde la precipitación es insuficientes; hay varias alternativas enfocadas al cultivo del agua, que deberán ser sin duda obras hidráulicas que el Estado debe

implementar, en distritos de riego donde existen amplias zonas de cultivo. Este tipo de acciones son estratégicas para el desarrollo del campo en México sobre todo en las zonas centro y sur del país.<sup>38</sup>

### **III.3 Cambios normativos para favorecer la productividad.**

Existen grandes posibilidades de mejora a través de una mayor eficiencia en los procesos o el alineamiento de incentivos, por mencionar sólo algunos. La caña deberá pagarse por calidad que entregue cada cañero, y no un promedio de calidad como se hace actualmente; es decir, por el contenido de sacarosa en caña que cada cañero entregue. Así como aplicar los castigos por materia extraña de la caña y auditar en campo, el corte de la caña; asegurándose que los frentes de corte realicen buenas prácticas de cosecha, lo que significa reducir las pérdidas de sacarosa en el campo. También deberá quedar explícito en la LDSCA, el pago de la caña, en lo que respecta a la diversificación ya sea de etanol o cogeneración, lo que daría certidumbre a emprender éste tipo de proyectos.

---

<sup>38</sup> “*El CITCAÑA herramienta necesaria para el fortalecimiento de la investigación integral de la caña*”, CONADESUCA, Mesa de trabajo, Cárdenas Tabasco, Julio 2010.

Para calcular los precios de referencia de azúcar en el mercado nacional, deberán reducirse las 23 plazas que actualmente se consideran en la estimación del promedio ponderado, a sólo 5 plazas (México, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Toluca), que es donde efectivamente, se comercializa el mayor volumen de azúcar en el país.

Con estos dos ajustes en el pago de la caña, contribuirá a mejorar la productividad del campo cañero y disponer de una referencia de precios más cercana a los precios de venta de los ingenios.

Para emprender todos los cambios que requiere la industria, se necesita liquidez en el sistema; es decir, que los cañeros reciban a tiempo sus pagos y el ingenio disponga de liquidez para cumplir sus compromisos de pago a los cañeros y trabajadores; para lograrlo deberán disponerse líneas de crédito de corto plazo directamente de FIRA/Financiera Rural para prestar dinero a los ingenios, por un plazo máximo de 9 meses, por el equivalente a la programación y monto de pago de las pre liquidaciones y liquidación final de la caña, para que éstos a su vez dispongan de recursos para pagarle a los cañeros y dispongan de recursos, para atender las labores de campo de la superficie cultivable de caña. Se puede pignorar el azúcar, con el 90% de aforo del precio de referencia de azúcar vigente.

Eliminación de convenios específicos que encarecen la mano de obra. El tipo de reformas generales que se sugieren para dar mayor flexibilidad del mercado laboral destacan:

- Aumentar la duración y amplitud de contratos temporales.
- Incorporar salarios diferenciados de aprendiz.
- Flexibilizar máximos y mínimos de horas días de trabajo.
- Suprimir requisitos y autorizaciones para despidos.

La flexibilización de los contratos laborales no implica que el Estado abandone su compromiso de previsión social hace los sectores más vulnerables de la población. Por el contrario, se observa que los países con mayor flexibilidad en los contratos laborales, el Estado y la regulación pueden enfocar su esfuerzo a mitigar las dificultades de coyuntura con iniciativas como el seguro de desempleo.

Los incentivos de pago a la mano de obra deben tener como sustento la calificación de la mano de obra a través de la capacitación y experiencia del área; y las prestaciones ajustarse a los resultados no de mayor producción, sino a indicadores de productividad: menores pérdidas de sacarosa, mayor molienda horaria, menor consumo de petróleo y de energía eléctrica.



## **IV. CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MEXICO.**

### **IV.1 Privatización, apertura comercial y diversificación de la industria**

La apertura comercial al mercado de edulcorantes, debe ser un incentivo para mejorar la competitividad de la industria, mejorando la productividad del campo y la fábrica, modificando los criterios de pago de la caña hacia la calidad y de la mano de obra hacia la capacitación y mayor destreza que garantice incremento de la productividad de la mano de obra; el mercado externo como instrumento para la desacumulación de inventarios y la diversificación de la industria, para añadir valor a la industria y su permanencia.

No es necesario tener muchos ingenios, deberán quedarse los más competitivos y los que incentiven la productividad y el cuidado del medio ambiente, en ese sentido el gobierno fomenta el inventivo de empresa limpia y empresas certificadoras como Bonsucro (sobre criterios de responsabilidad social y ambientales), están obligando a los ingenios que se apegan a las buenas prácticas de campo y

fábrica, con responsabilidad social y cuidado al medio ambiente<sup>39</sup>.

La oferta de azúcar deberá compensarse con mejorar el rendimiento agroindustrial de los ingenios, y el excedente de caña deberá orientarse a la diversificación alcohol y electricidad; los ingenios que no puedan adaptarse a éstos cambios inevitablemente cerrarán.

No sólo sobran ingenios por su baja productividad y exceso de producción de azúcar del sector; también en el campo cañero deberá replantearse, que no todas las zonas de los ingenios tienen las condiciones adecuadas para el cultivo de caña, sobra superficie, sobre todo en zonas secas y poco compactas que encarecen la siembra y la cosecha de caña. Los alcances de los cañeros deberán mejorar con mayor rendimiento en el campo y con mayor contenido de sacarosa en la caña.

Los grupos azucareros más importantes, serán los que marquen la directriz de la industria, desplazando a los ingenios de menor productividad a la condición de diversificar el uso de la caña para cogeneración y alcohol y no exclusivamente a las calidades del azúcar; de no hacer éstos cambios, el mercado corregirá los desequilibrios, con el riesgo de que cierren más

---

<sup>39</sup> Estándar de Producción Bonsucro. [www.bonsucro.com](http://www.bonsucro.com)

ingenios y el cultivo de caña paulatinamente sea sustituido por otros cultivos.

Como se ha reiterado en el presente documento, la industria en la última década incremento la molienda y producción de azúcar, a través de la ampliación de la superficie cañera; sin embargo, la industria está integrada por ingenios con desigual productividad, algunos con alta productividad tanto en fábrica como en campo, alcanzando niveles de productividad como los que se logran en Colombia, Guatemala, Australia, Brasil o Estados Unidos. Pero difícilmente podrían ser competitivos en el mercado mundial, porque en México los pagos de caña y mano de obra son altos. Otra dificultad de los ingenios, que limita su competitividad es no ser propietarios de la superficie cañera, dependen de un gran número de proveedores que están controlados principalmente por dos organizaciones cañeras, que en los hechos representa una limitante para tecnificar y mejorar las prácticas de cultivo; donde hay de 2 a 5 mil productores por ingenio, con diferente superficie, capacidad técnica y económica para emprender mejoras en las variedades de caña, en los suelos, en la aplicación de paquetes tecnológicos e introducción de sistemas de riego. Esta heterogeneidad del campo, le resta productividad al campo; es decir, los ingenios disponen de caña, pero con bajo

rendimientos y de mala calidad, que resulta insuficiente para mejorar las molindas en fábrica.

En el capítulo segundo del presente documento, se mostraron los índices de productividad por ingenio, clasificándolos por nivel de productividad, de acuerdo al promedio de 10 zafras 2008/09-2017/18; también se clasificó el índice de productividad de tres zafras 2015/18, por Grupos Azucareros, para efectos comparativos notamos que en los promedios más recientes, el índice de productividad de los ingenios se modifica, incluso si lo comparamos con la zafra 2017/18. Véase cuadro 13.

**CUADRO 13. RESULTADOS DE LOS PROMEDIOS DE LOS INGENIOS CLASIFICADOS POR NIVEL DE PRODUCTIVIDAD.**

Promedio de zafras	Ingenios	Superficie has	Caña ton	Azúcar ton	Campo	Redimiento	
						Fábrica	Agroindustrial
<b>2008/09-2017/18</b>							
De mediano a alto	33	451,540	34,184,580	3,987,195	75.71	11.66%	8.83
de improductivo a bajo	18	275,618	15,754,208	1,661,853	57.16	10.55%	6.03
suma	51	727,158	49,938,788	5,649,048	68.68	11.31%	7.77
<b>2015/16-2017/1818</b>							
De mediano a alto	29	416,944	31,073,585	3,597,391	74.53	11.58%	8.63
de improductivo a bajo	22	402,908	23,502,761	2,560,394	58.33	10.89%	6.35
suma	51	819,852	54,576,346	6,157,785	66.57	11.28%	7.51
<b>2017/18</b>							
De mediano a alto	25	336,887	26,778,520	3,115,820	79.49	11.64%	9.25
de improductivo a bajo	26	447,774	26,557,196	2,893,700	59.31	10.90%	6.46
Total	51	784,661	53,335,717	6,009,520	67.97	11.27%	7.66

**Cuadro elaborado con los resultados de la investigación**

Nótese que cuando se promediaron 10 zafras (08/09-17/18) los ingenios de mediana a alta productividad clasificaron 33 ingenios con el 62, 68 y 71% de participación en la superficie, caña y azúcar respectivamente; con rendimientos de 75.71, 11.68% y 8.83, de campo, fábrica y agroindustrial respectivamente. Cuando se promediaron tres zafras (15/16-17/18), clasificaron en la categoría de mediana a alta productividad solo 29 ingenios, con menor participación en superficie, caña y azúcar y menores rendimientos en campo, fábrica y agroindustrial. Al incorporar los resultados de la zafra 17/18, la clasificación de ingenios de mediano a alta productiva se redujo a 25, con menor participación en caña y azúcar, pero mejoría en rendimientos.

De lo anterior, se concluye que hay ingenios que perdieron su productividad y que solo 25 ingenios muestran mayor solidez, el resto de los ingenios 26 ingenios tienen que mejorar su campo y fábrica y 14 ingenios que enlistamos en el cuadro 11, son los que requieren de mayores inversiones para reconvertir su campo y modernizar sus fábricas.

La mejora de rendimiento en campo y la calidad de caña y las buenas prácticas de cosecha son el nudo de la industria; los Comités de Producción cañera en la mayoría de los ingenios, no alcanzan a emprender proyectos con resultados completos, se discute poco sobre aspectos técnicos de mejora en el

mediano y largo plazo y se discute más en temas de corto plazo, como es el pago de la caña, como si no existiera una ley que garantice el esquema de pago; los líderes intentan resolver la problemática de sus agremiados y los ingenios la propia, y en la mayoría de las veces hay permanentes confrontaciones, que no abonan a la resolución de la productividad en el campo.

El TLCAN representó ser un instrumento para muchas industrias que mejoraron su productividad y competir en un mercado más abierto; la industria azucarera no lo ha logrado, sin dejar de reconocer que hay un grupo de ingenios que han mejorado su productividad, debido, entre otras cosas, que se ubican en regiones que ofrecen mejores condiciones climáticas para el mejor desarrollo de la caña; sin embargo, es relevante destacar que las variables endógenas que le restan competitividad al sector, en la parte que corresponde a campo son:

- La tenencia ejidal que limita su tecnificación
- Agricultura de temporal y sistemas de riego poco eficientes.
- Falta de renovación de cepas y de variedades que mejoren su rendimiento
- Sistema de pago que no promueve el pago de caña por calidad.

- Programa de cosecha con limitantes en los frentes de cosecha.
- La LDSCA que privilegia el pago de cultivo de caña sin corresponder a las condiciones de precio en los mercados y sin la calidad de caña que deberían recibir los ingenios

Por lo que respecta a fábrica, las variables endógenas que limitan la eficiencia son:

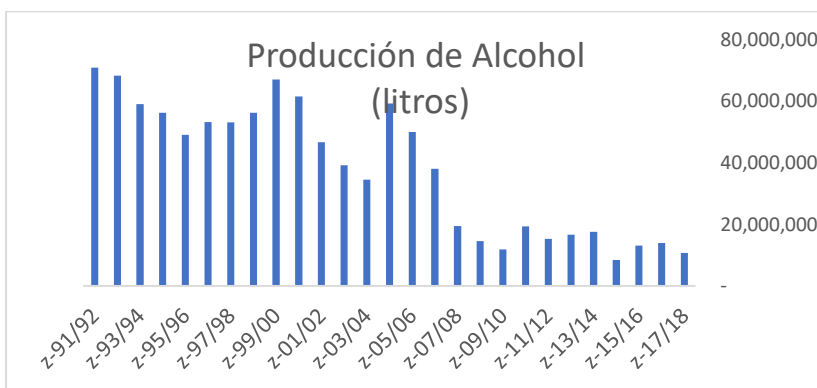
- Equipos obsoletos que no favorecen la continuidad de la molienda y la extracción de sacarosa.
- Falta de conocimiento y capacitación de la mano de obra
- Ingenios que no cumplen con las condiciones de seguridad y de medio ambiente, para certificarse como empresa limpia y segura.
- Contrato Ley que ofrece salarios y prestaciones por encima de la Ley Federal del Trabajo, sin que haya correspondencia a mayor productividad.

Respecto a los factores exógenos, el clima es el principal factor, si llueve hay buena cosecha, hay excedente de producción y los precios disminuyen; contrariamente si no llueve, la cosecha disminuye, menor oferta de azúcar y los precios mejoran. Habrá que avanzar a sistemas de riego, donde

se desarrollen distritos de riego, para que los cañeros puedan obtener beneficios de él, haciendo revestimientos en los canales y sobre todo adoptando sistemas de riego de goteo, para el aprovechamiento óptimo en el consumo de agua.

De los 51 ingenios que operaban en el país, hasta la zafra 2017/18, 16 ingenios disponen de destilería con una capacidad instalada de 97 millones de litros por zafra. En la zafra 1991/92 se produjeron 71 millones de litros, para la zafra 2017/18, el volumen fue de 11 millones de litros, que equivale al 11% de la capacidad instalada. Gráfico 29.

**Gráfico 29. Producción de alcohol en México (litros) 1991-2018**



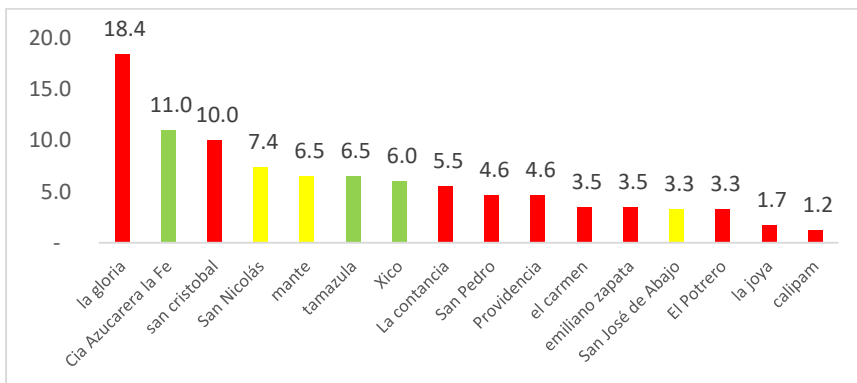
**Fuente:** CONADESUCA. SINFOCAÑA. Reporte de Fábrica. <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>.



La producción de alcohol en ingenios que cuentan con destilerías, se utiliza elaboración de bebidas y no para uso combustible, a partir de melazas de caña de azúcar.

Durante las últimas 10 zafras (2008/09-2017/18), solo tres ingenios (Pujiltic, Xico y Tamazula) produjeron alcohol; mientras que ingenios como la Gloria, Constancia, San Pedro, El Potrero, El Carmen, Calipam, La Joya y Emiliano Zapata, en la última década no produjeron alcohol y el resto de los ingenios (San Nicolás, Mante y San José de Abajo) lo hicieron esporádicamente. Gráfico 30.

**Gráfico 30. Capacidad de Producción de destilerías de ingenios en México**



**Fuente: CONADESUCA. SINFOCAÑA. Reporte de Fábrica.**  
<https://www.siba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>.

Solo tres destilerías producen alcohol etílico, lo que significa que el resto de las destilerías habrá que habilitarlas y modificarlas para que puedan producir etanol. Lo que representa un reto relevante para el sector, prácticamente habrá que comenzar desde elevar la productividad del campo y efectuar inversiones en destilerías, en los ingenios que las tengan y en aquéllos que por su condición operativa puedan reconvertir parte de la molienda de caña a la producción de etanol.

Hay dos factores que explican la caída de la producción de alcohol, la primera es que en cinco años, después de la firma del TLCAN, se desgravo la importación de alcohol procedente de Estados Unidos; y segundo, el precio de importación de alcohol estuvo por debajo de los precios nacionales.

La producción de etanol actualmente no es viable fundamentalmente por la falta de demanda, aparte de lo que representa la falta de productividad del campo y determinar un precio diferenciado de la caña destinada para éste propósito. No hay un programa que permita direccionar la agroindustria hacia mejorar la productividad y/o aprovechar las oportunidades que representa el etanol.

La diversificación deberá enfocarse a un tema técnico-económico que favorezca los ingresos para los ingenios y

cañeros; además representa un cambio estructural, para contrarrestar la volatilidad del precio internacional del azúcar, por el exceso de inventarios de azúcar en el mercado mundial.

La diversificación de los usos de la caña de azúcar, sobre todo en lo referente a los bioenergéticos, se necesita como condición básica cerrar brechas en cuanto a costos, calidad del producto y sostenibilidad social y ambiental; sin embargo, deberá reconocerse que hay dos rutas que se abren en la actualidad, la bioenergía y la sucroquímica:

- La bioenergía relacionada a la cogeneración de energía eléctrica, etanol y gas sintético
- La sucroquímica vinculada a los alimentos, azúcar y fármacos (química verde)

La diversificación para que sea efectiva deberá favorecer al cañero, para que éste tenga el incentivo de hacer productivo el campo, el pago de la caña deberá considerar el contenido de sacarosa y los beneficios de la diversificación.

La diversificación de la caña de azúcar será efectiva en la medida en que se vincule con la industria petrolera, automotriz, farmacéutica, de papel, etc.

Por otro lado, en el terreno de la sucroquímica se plantea si la sacarosa se ocupa para bienes alimentarios mejorados a través

de la ingeniera metabólica o si se destina el cultivo de caña para usos industriales no alimentarios.

#### **IV.2 Elementos a considerar para la diversificación**

En la industria azucarera se obtienen desechos que resultan de especial interés energético, a saber: el bagazo, los residuos vegetales de la cosecha, aceites lubricantes gastados, materiales de limpieza contaminados, y los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales. En México únicamente es aprovechable el bagazo y, en menor grado, los aceites residuales.

En cuadro 14, se enumeran los residuos y productos que se obtienen a partir de una tonelada de caña de azúcar.

#### **CUADRO 14. RESIDUOS Y PRODUCTOS GENERADOS POR UNA TON DE CAÑA DE AZÚCAR.<sup>40</sup>**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Residuos que quedan en el campo	94
Residuos separados en el centro de acopio	82
Producto en proceso:	
Agua	430
Cachaza	33

---

<sup>40</sup> Centro Mario Molina, “Sector azucarero”, 150.

Miel	26
Azúcar	104
Bagazo	231

Los proyectos de diversificación de mayor alcance deberán enfocarse al etanol y cogeneración, lo que implica que la caña tendrá varios mercados y condiciones particulares, que bajo el libre funcionamiento se asignara el volumen de caña requerido para la producción de azúcar y etanol, siendo la rentabilidad y el inventario de éstos los que determinarán la repartición de la caña y la variación de la superficie cultivable.

La industria azucarera es un generador neto de energía eléctrica, de aprovecharse integralmente el contenido energético de la biomasa. La aplicación de mejores prácticas incrementaría la eficiencia energética. Para ello se requiere:

- Sustituir equipos obsoletos (calderas, turbogeneradores de mayor capacidad y eficiencia)
- Aprovechamiento más eficiente del agua
- Cogeneración de energía eléctrica.

Para generar energía excedente en los ingenios, los sistemas de cogeneración tendrán que modificarse y modernizarse: calderas de alta presión y turbina a condensación.

Una de las grandes oportunidades de mitigación de emisiones de bióxido de carbono, se logrará en la medida en que se implemente:

- La cosecha de caña en verde en lugar de quemar el campo para la cosecha.
- Optimización energética, en base a la cogeneración a partir del consumo bagazo de caña, junto con la sustitución de calderas obsoletas por modernas se eliminaría el consumo de petróleo y la compra de electricidad, reduciendo los costos.
- Producción de etanol, para ser utilizado como combustible en los automóviles, en virtud del exceso de caña y la autosuficiencia de azúcar en el país, con ajustes en los precios de pago de la caña, que puede contrarrestarse con la mayor productividad del campo.

Conadesuca, publicó el documento intitulado “Propuesta para la inclusión de la producción de etanol anhidro como alternativa al campo cañero mexicano en el Programa Nacional de la Agroindustria Azucarera (2012-2018)”, en el documento se consideran una serie de premisas sobre las que sería factible producir etanol:

1. Proyecta 6 zafras 2012/13-2017/18

2. Reconversión de azúcar a bioenergía, los ingenios que disponen de destilerías se orientaría a la producción de etanol potable.
3. La reconversión consiste en eliminar la columna depuradora y adicionar equipos para deshidratación de etanol (malla molecular/molecular sieve)
4. Superficie cañera para producir etanol: 131,203 has
5. Rendimiento campo: 76 ton/ha
6. Calidad de caña
7. Caña destinada a la producción de etanol: 9.9 millones de ton de caña
8. Rendimiento de litros de etanol por tonelada de caña: 78.5
9. Rendimiento de litros de etanol por hectárea: 5,995
10. Producción de etanol por zafra: 786.56 millones de litros.
11. Energía eléctrica: 100 kilo watts /ton de caña de azúcar
12. Producción de energía eléctrica: 969 Mega Watts por zafra
13. Azúcar que se deja de producir 1 millón de toneladas por zafra.
14. Se considera que la mezcla de etanol no será en sustitución de oxigenante sino del combustible como

tal, que satisfaga el 10% del consumo de gasolina a nivel nacional.

En el documento referido, señala que para lograr los volúmenes de producción de etanol y cogeneración, propone:

La reconversión de 8 ingenios que disponen de destilerías, para adicionar a su capacidad productiva, 200 mil litros diarios de alcohol por destilería, de esta manera se producirá 306 millones de litros de etanol por zafra. Además, la inversión de 5 nuevas destilerías, con una producción de 480 millones de etanol por zafra, para en el total lograr 786 millones de litros de etanol por zafra. Cuadro 15.

### CUADRO 15. PROYECCION DE PRODUCCION DE ETANOL EN MEXICO

Destilerías en México							
Ampliación de la capacidad instalada							
Ingenios	Capacidad diaria		Incremento producción etanol diaria	Incremento molienda diaria	Capacidad diaria ampliada		producción viable Its etanol
	Its etanol	ton caña			ton caña	Its etanol	
Ingenio La Gloria	100,000	12,000	200,000	2,500	14,500	300,000	48,000,000
Cía Azucarera la Fe	60,000	8,500	200,000	2,500	11,000	260,000	41,600,000
San Nicolás	40,000	10,000	200,000	2,500	12,500	240,000	38,400,000
La contancia	30,000	5,500	200,000	2,500	8,000	230,000	36,800,000
Providencia	25,000	5,500	200,000	2,500	8,000	225,000	36,000,000
San Pedro	25,000	10,000	200,000	2,500	12,500	225,000	36,000,000
El Potrero	18,000	11,500	200,000	2,500	14,000	218,000	34,880,000
San José de Abajo	18,000	4,500	200,000	2,500	7,000	218,000	34,880,000
<b>Suma</b>	<b>316,000</b>	<b>67,500</b>	<b>1,600,000</b>	<b>20,000</b>	<b>87,500</b>	<b>1,916,000</b>	<b>306,560,000</b>
5 destilerías autónomas					37,726	3,000,000	480,000,000
<b>Total</b>							<b>786,560,000</b>

**Fuente: CONADESUCA. “Propuesta para la inclusión...” 2012**

De acuerdo al estudio, la ampliación de la destilería por ingenio se estima inversión por 48.8 millones de dólares, considerando que sería en 8 ingenios la inversión será de 390.4 millones de dólares; por otro lado, la inversión de una nueva



destilería es por 82.5 millones de dólares, considerando que serían 5 nuevos proyectos, la inversión será por 412.5 millones de dólares. El proyecto es su conjunto es por 802.9 millones de dólares. Es relevante hacer notar, que dentro del proyecto se considera la cogeneración de energía eléctrica, en los conceptos de generación de vapor, turbinas y generación de energía. Cuadro 16.

### **CUADRO 16. INVERSION PARA LA PRODUCCION DE ETANOL**

<b>INVERSION PARA LA PRODUCCION DE ETANOL</b>			
<b>Proyecto</b>		<b>Ampliación</b>	<b>Nuevas destilerías</b>
		<b>dólares</b>	
Equipo en proceso (1)		29,280,000	49,500,000
Montaje electromecánico		3,416,000	5,775,000
Construcción civil		6,344,000	10,725,000
Instalaciones eléctricas		3,904,000	6,600,000
Instrumentación/Automatización		976,000	1,650,000
Servicios de ingeniería, insulación y pintura		4,880,000	8,250,000
		48,800,000	82,500,000
UNIDADES		8	5
	<b>Total</b>	<b>390,400,000</b>	<b>412,500,000</b>
(1) Equipo en proceso			
Generación de vapor		7,320,000	12,375,000
Batey y extracción (incrementar capacidad molienda)		5,856,000	9,900,000
Destilería		8,784,000	14,850,000
Turbinas y generación de energía		2,928,000	4,950,000
Otros		4,392,000	7,425,000
	Suma	29,280,000	49,500,000

**Fuente: CONADESUCA. “Propuesta para la inclusión...” 2012**

De acuerdo a éste estudio, los plazos de ejecución para la reconversión de las destilerías es de 22 meses; mientras que los proyectos de nuevas destilerías se estima de 26 meses.

Es importante destacar que los proyectos de las nuevas destilerías se concentrarían en Veracruz y San Luis Potosí, cerca de los principales centros de consumo de Petróleos Mexicanos, que mantienen infraestructura de mezcla de MTBE.

Para determinar la factibilidad de biocombustibles como el etanol se requiere:

- Productividad del campo y costos a la baja.
- Autosuficiencia energética, a partir del bagazo, cero consumo de petróleo
- Economías de escala en las destilerías
- Incorporación de la cogeneración
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación
- Subsidio a la caña destinada al etanol, porque con los precios de referencia para el pago de la caña no resulta viable financieramente

Por otro lado, el estudio (Mario Molina), sostiene que con base a la cogeneración a partir de bagazo se lograría eliminar la compra de petróleo y de energía eléctrica, lo que permitiría mitigar emisiones de bióxido de carbono por más de 2 millones de toneladas al año; además de lo que se podría lograr con la

producción de etanol, si es utilizado como combustible en los automóviles.

Asimismo este estudio muestra, que mientras en 2004 México produjo 34 millones de litros de etanol, Brasil logró 15,098 millones de litros y Estados Unidos 13,380 millones de litros, “... Actualmente en Brasil se distribuye la mezcla de 25% de etanol y 75% gasolinas. En los Estados Unidos, un tercio de toda la gasolina utiliza una mezcla de 10% de etanol con 90% de gasolina como oxigenante, para satisfacer los Programas federales de aire limpio, aumentar el octano y ampliar las fuentes de combustible.”<sup>41</sup>

La viabilidad de producir bioetanol en México es a partir de la caña de azúcar. “Los biocombustibles que se utilicen en México debería producirse basados en prácticas agrícola y con tecnología de procesos modernas, que minimicen el impacto ambiental y garanticen la sustentabilidad integral. Para lograr lo anterior sería necesario:

- Medir el desempeño ambiental de cada combustible mediante análisis específicos de Ciclo de Vida y de Huella Ecológica
- Establecer mecanismos de certificación y monitoreo como los que están en desarrollo en otros países

---

<sup>41</sup> Centro Mario Molina, “Sector azucarero”, 46.

(especialmente en Europa), para evitar prácticas dañinas al entorno y adulteración de los combustibles

El hacer obligatorio el uso de biocombustibles o subsidiarlo podría resultar contraproducente, si no se garantiza simultáneamente la eficiencia en la producción y no se alcanza la capacidad y escalas necesarias para ser plenamente competitivos a nivel mundial”<sup>42</sup>

En el documento de Noé Aguilar (2013) sobre la productividad de etanol en México, muestra las variables como: rendimiento de campo (ton de caña por ha) y agroindustrial (ton de azúcar/ha), accesos a crédito y riego explican el 75% de la capacidad para expandir la productividad cañera para la producción de azúcar y etanol. Determinando que solo el 16 (28%) municipios abastecedores de caña son las más adecuadas para mejorar la productividad para la producción de etanol en México<sup>43</sup>; además de sostener que “ ... la viabilidad de los biocombustibles como el etanol, y la demanda necesaria

---

<sup>42</sup> Centro Mario Molina, “Sector azucarero”, 46.

<sup>43</sup> Noé Aguilar Rivera, “Análisis de la productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México”, Ciencia Ergo Sum, vol. 20, núm. 1, Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, México (marzo-junio 2013): 17-28.  
file:///C:/Users/1058584424/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaProductividadDeEtanolDeCanaDeAzucarEnI-5199069.pdf

para utilizarlo en la gasolina, como oxigenante dentro del mercado interno, depende:

- Productividad del campo cañero y costos de producción a la baja
- Expansión controlada de la actual frontera agrícola de caña de azúcar, con modernos sistemas de gestión de agua, ...
- Autosuficiencia energética, a partir del bagazo de la caña y los residuos de cosecha. Sin consumo de petróleo.
- Economías de escala (mayor tamaño de destilerías)
- Incorporación de la cogeneración, con entrega de electricidad a la red pública por el ingenio.
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación.
- Subsidios a la agricultura (producción de caña destinada para etanol y/o exportación de azúcar al mercado mundial).”<sup>44</sup>

En el trabajo de investigación de Noé Aguilar (2014) publicó sobre la elaboración de un índice de diversificación<sup>45</sup>, en un

---

<sup>44</sup> Aguilar, “Análisis”, 19.

<sup>45</sup> Noé Aguilar Rivera, “Índice de Diversificación de la agroindustria azucarera en México”, Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo, vol. 11, núm. 4, Colegio de Posgraduados, Texcoco, Estado de

contexto de estrategia de supervivencia o competitividad, en donde a nivel mundial se percibe por razones ambientales, económicas y sociales el reto de transitar hacia la reconversión de reconversión de biorefinerías y la diversificación productiva para garantizar su sostenibilidad, derivado entre otras cosas por la inestabilidad del mercado azucarero por la incursión del Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa y otros edulcorantes no calóricos.

De acuerdo al índice de diversificación aplicado a los subsistemas de campo y fábrica, concluye "...el 42% de los ingenios (24) tienen capacidad de media a alta para diversificar su producción básica (azúcar estándar) hacia otros derivados de la caña; mientras que el 58% (33) resultantes no tiene esa capacidad, debido a problemas de eficiencia, obsolescencia o nula experiencia en proyectos de diversificación"<sup>46</sup>

Respecto a la producción de etanol en México, destaca el estudio de Becerra Pérez (2009)<sup>47</sup> que proponen la incorporación de nuevas tecnologías, inversión en investigación y desarrollo, modificaciones a la LDSCA, para

---

México, México, (octubre -diciembre 2014): 441-462.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360535327001>.

<sup>46</sup> Aguilar, "Índice", 460.

<sup>47</sup> Luis Armando Becerra Pérez, "*La industria de etanol en México*", Economía. UNAM Vol. 16, No.16, México, (Ene/abr 2009).  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=363542897002>.

destinar parte de la cosecha de caña a la producción de alcohol con la condición de no poner en riesgo la soberanía alimentaria, reconoce que las energías renovables aun cuando actualmente participan con el 10% de la energía total consumida, tienen una proyección tendiente a aumentar. Referente a la estructura de costos señala “En el caso de la caña de azúcar, México también tendría que irse despacio, ya que existen fuertes distorsiones en el mercado de la caña debido, a los problemas estructurales del sector, y por los fuertes problemas de productividad por hectárea..., el reto es elevar la productividad masificando el uso de tecnología y mejoramiento de variedades, negociando nuevos esquemas con los productores cañeros”; por lo que respecta a la demanda estamos en un mercado que no existe, ... mientras que el precio de la gasolina actualmente lo determina el mercado internacional, ...El etanol en el corto plazo, por tanto, es una demanda derivada de la cantidad de oxigenantes que se requieran, y en el mediano plazo, están en función de la demanda de gasolina y de sus perspectivas de crecimiento”<sup>48</sup>

Respecto al precio nacional del etanol, “...deberá ser indiferente para el cañero entre producir con la caña etanol o melaza de la caña... de exportación para el mercado mundial; ... mientras que desde la perspectiva del consumidor, el precio

---

<sup>48</sup> Becerra, “La industria de etanol”, 88-89.

de referencia, considerando al etanol como materia prima para producir oxigenantes y el demandante (Pemex),.... deberá ser indiferente entre el precio de etanol y el metano, el insumo que sustituye; además de considerar la importaciones de oxigenantes que ocupa...”<sup>49</sup>

En la tesis de maestría José Carlos Rojas (2014) manifiesta “A pesar de que México es un importante productor y consumidor del endulzante, no existe un desarrollo notable de la producción de bioetanol y la generación eléctrica con bagazo es sumamente ineficiente”<sup>50</sup> Considerando que “...un ingenio productor de azúcar estándar necesita por cada tonelada de caña molida alrededor de 25 kW de electricidad y 0.5 toneladas de vapor”<sup>51</sup> Considerando que “En Brasil , por ejemplo desde hace varias décadas los ingenios azucareros son más rentables ya que incrementaron la eficiencia de sus sistemas de cogeneración aumentando la presión de generación de vapor, la energía eléctrica excedente la inyectan a la red para su venta y parte de la energía térmica la utilizan para la producción de bioetanol”.

---

<sup>49</sup> *Ibíd.*, 92.

<sup>50</sup> Rojas, “*Consumo y alternativas*”, 1.

<sup>51</sup> *Ibíd.*, 45.



### **IV.3 Propuesta de Diversificación**

Se considera a la caña de azúcar como la materia prima más eficiente para biocombustibles (biodiesel, bioetanol y biogás), el cual puede ser consumido en el sector de transporte al sustituir un porcentaje de la gasolina utilizada en los motores.

El objetivo central de la diversificación es lograr la competitividad que la industria azucarera, que hasta ahora no se ha logrado. Los proyectos de diversificación de mayor alcance deberán enfocarse al etanol y cogeneración, lo que implica que la caña tendrá varios mercados y condiciones particulares, que bajo el libre funcionamiento se asignara el volumen de caña requerido para la producción de azúcar y etanol, siendo la rentabilidad y el inventario de éstos los que determinarán la repartición de la caña y la variación de la superficie cultivable.

Un aspecto relevante para la diversificación, es evaluar la viabilidad técnica de reorientar hacia la diversificación a ingenios con algún grado de obsolescencia y baja productividad o enfocarlo exclusivamente a ingenios con mayor productividad.

La alternativa más viable es que los ingenios que disponen de planta de alcohol retomen su producción para que

parcialmente se pueda producir azúcar y etanol de acuerdo con las condiciones de mercado.

De acuerdo a los resultados de la zafra 17/18, son 25 ingenios que se clasificaron con índice de productividad de mediano a alto, en conjunto muelen 26.7 millones de toneladas de caña y producen 3.1 millones de toneladas de azúcar con rendimientos en campo y fábrica de 79.79 ton/ha y 11.64% respectivamente; volumen insuficiente para cubrir la demanda interna de azúcar (4.3 millones de ton de azúcar) más los cupos de exportación al mercado americano (1.1 millones de ton de azúcar).

Por tal razón, deberán considerarse 15 ingenios para cubrir la demanda interna y los cupos de exportación para el mercado americano de azúcar, con la condición de mejorar sus índices de productividad tanto en campo del 15 a 20% y fábrica en 2% para que en conjunto, es decir 40 ingenios con 585,455 has, cosechen 45.8 millones de toneladas de caña y produzcan 5.4 millones ton de azúcar, con rendimientos de campo y fábrica de 78.25 ton/ha y 11.8%; lo que implica renovación del campo, mejores variedades, riegos de auxilio y oportuna aplicación tecnológica del campo; así como mejoras en fábrica para aumentar la extracción de sacarosa de la caña molida y mayor capacidad de molienda horaria de los ingenios.

Los 11 ingenios de menor productividad, con una superficie cañera de 200 mil has., deberán mejorar el rendimiento en campo hasta alcanzar 70 ton/ha, para moler 14 millones de toneladas de caña, con rendimientos en la destilería de 79.5 litros por tonelada de caña, para producir 1,113 millones de litros de etanol.

La propuesta sería que 40 ingenios produzcan 5.4 millones de ton de azúcar y 11 ingenios produzcan 1,113 millones de litro de etanol. O en su defecto, destinar 585 mil has para el cultivo y cosecha de 45.8 millones de toneladas de caña para la producción de 5.4 millones de toneladas de azúcar y destinar 200 mil has para el cultivo y cosecha de caña de 14 millones de toneladas de caña para producir 1,113 millones de litros de etanol por zafra. Véase cuadro 17.

**CUADRO 17. DISTRIBUCION DE LA CAÑA PARA PRODUCIR AZUCAR Y ALCOHOL**

Destino del uso de la caña	Superficie (has)	Rendimiento en campo (ton/ha)	Caña Cosechable (ton)	Rendimiento físico (%)	Producción de azúcar (ton)	Alcohol Millones de litros	Rendimiento agroindustrial (ton azúcar/ha)
Azúcar	585,455	78.25	45'811,964	11.8	5'404,803		9.23
Alcohol	200,000	70.00	14'000,000			1,113	
Total	785,000		59'811,964				

**Cuadro elaborado con datos de la investigación**

Con éstos indicadores, se lograría mayor productividad en la industria azucarera, y diversificación con producción de etanol y cogeneración de energía eléctrica por 1.4 millones de Mega watt (Mw), no solo para cubrir el consumo de generación de energía de la industria azucarera, sino para vender energía a la red de la Comisión Federal de Electricidad.

¿Qué grupos e ingenios deberán realizarlo? dependerá de las estrategias internas y reconfiguración de cada grupo. Como propuesta deberán considerarse a ingenios que dispongan de destilerías, aun cuando hayan dejado de producir alcohol, en las últimas zafras; disponen de instalaciones que podrán habilitarse para la producción de alcohol.

Se propone ingenios que actualmente estén operando y que dispongan de destilerías, considerar la ampliación y adecuación de cada uno de las destilerías en los ingenios. Aun cuando en la actualidad no estén produciendo alcohol. La premisa es que con la habilitación y ampliación de las destilerías de 15 ingenios se puedan producir 600 millones de etanol con el 43% de la cosecha de caña y 57% de caña a producir azúcar. Los porcentajes de asignación de caña para producir azúcar o alcohol variarán de la disponibilidad del campo cañero, pero en todos ellos presumimos que dispondrán de la suficiente caña para realizar las asignaciones para cada producto. Véase cuadro 18.

## CUADRO 18. CAPACIDAD DE PRODUCCION DE ETANOL

PROGRAMA DE PRODUCCION DE ETANOL EN MEXICO							
Entidad	ingenios	Capacidad de producción de etanol (litros)		caña para alcohol	caña total	caña para azúcar	superficie p/alcohol
		actual	proyectada	ton	ton	ton	has
<b>Ampliación de destilerías</b>							
veracruz	la gloria	18,400,000	48,000,000	603,622	1,446,687	843,065	8,623
veracruz	Cia Azucarera la Fe	11,000,000	43,000,000	540,744	2,341,949	1,801,205	7,725
chiapas	san cristobal	10,000,000	41,600,000	523,139	1,569,138	1,045,999	7,473
veracruz	San Nicolás	7,400,000	36,800,000	462,777	802,945	340,168	6,611
veracruz	mante	6,500,000	38,400,000	482,897	865,060	382,163	6,899
tamaulipas	tamazula	6,500,000	38,500,000	484,155	826,339	342,184	6,916
jalisco	Xico	6,000,000	38,000,000	477,867	1,287,186	809,319	6,827
veracruz	La contancia	5,500,000	36,000,000	452,716	1,037,483	584,767	6,467
tamaulipas	San Pedro	4,600,000	36,600,000	460,262	1,056,851	596,590	6,575
veracruz	Providencia	4,600,000	36,000,000	452,716	769,576	316,860	6,467
veracruz	el carmen	3,500,000	35,500,000	446,429	479,544	33,115	6,378
morelos	emiliano zapata	3,500,000	35,500,000	446,429	1,125,214	678,785	6,378
veracruz	San José de Abajo	3,300,000	34,880,000	438,632	485,569	46,937	6,266
veracruz	El Potrero	3,300,000	34,880,000	438,632	1,499,158	1,060,526	6,266
campeche	la joya	1,700,000	33,700,000	423,793	599,855	176,062	6,054
	Suma	95,800,000	600,560,000	7,134,809	16,331,362	9,196,553	101,926
<b>Nuevas destilerías</b>							
tabasco	Presidente Benito Juárez		96,000,000	1,207,243	1,107,811	- 99,432	17,246
quintana roo	San Rafael de Pucté		96,000,000	1,207,243	1,447,188	239,945	17,246
san luis poto	Plan de Ayala		96,000,000	1,207,243	997,368	- 209,875	17,246
veracruz	Adolfo López Mateos		96,000,000	1,207,243	1,545,404	338,160	17,246
san luis poto	Plan de San Luis		96,000,000	1,207,243	1,080,050	- 127,193	17,246
veracruz	Central Motzorongo		96,000,000	1,207,243	1,250,463	43,219	17,246
	Suma		576,000,000	7,243,461	8,930,775	1,687,314	103,478
	<b>TOTAL</b>		<b>1,176,560,000</b>	<b>14,378,270</b>	<b>25,262,136</b>	<b>10,883,867</b>	<b>205,404</b>

**Cuadro elaborado con datos de la investigación.**

Por lo que respecta a la inversión en nuevas refinerías, se sugiere se instalen dentro de los ingenios propuestos, en virtud de que disponen de caña para producir tanto azúcar como alcohol. Se propone que sea en 6 ingenios, que registran bajos niveles de productividad, la dualidad de la producción obligará a mejorar sus índices de productividad tanto en campo como

en fábrica, de las 8.9 millones toneladas de caña que disponen, 7.2 millones destinarlas a la producción de 575 millones de litros de alcohol y 1.6 millones de ton de caña a la producción de azúcar.

Con la habilitación y ampliación de las destilerías en 15 ingenios y la instalación de destilerías en 6 ingenios, con la suma de 21 destilerías la industria produciría 1,176 millones de litros de etanol.

La inversión requerida para el proyecto de producir etanol con caña de azúcar, considerando los datos presentados en el cuadro 16, requiere de los siguientes montos que se muestran en el cuadro 19.

**CUADRO 19. INVERSION REQUERIDA PARA LA PRODUCCION DE ETANOL**

<b>Proyecto</b>	<b>Valor (miles de dólares)</b>	<b>Número de proyectos</b>	<b>Inversión Total (miles de dólares)</b>
Ampliación Refinerías	48,800	15	732,000
Nuevas Refinerías	82,500	6	495,000
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>1'277,000</b>

**Cuadro elaborado con datos de la investigación**

Respecto al uso del etanol como oxigenante de las gasolinas y como sustituto de las mismas, Becerra señala “tomando en

cuenta las proyecciones de crecimiento en la demanda de gasolina por parte de Pemex, el estudio de la Sener-BIB-GTZ (Horta, 2006), contempla tres escenarios para la introducción del etanol en México, y proyecta su demanda potencial para el 2010. Los escenarios planteados son los siguientes:

Escenario 1: sustitución de la producción nacional de MTBE (Metil Terbutil Éter) y TAME (Teramil Metil Éter) por ETBE (Etil Terbutil Éter) y TAEE (Teramil Etil Éter), manteniendo las importaciones de MTBE necesarias para satisfacer la demanda de gasolinas oxigenadas en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey.

Escenario 2: sustitución total de los éteres derivados del petróleo por etanol a 5.7%, respetando las exigencias de oxigenación de 2% de peso, en 44% de las gasolinas consumidas a nivel nacional (consumo de las zonas metropolitanas).

Escenario 3: mezclar etanol en 10% del volumen total de las gasolinas consumidas en el país, correspondiendo a un nivel de oxigenación de 3.5% en peso, porcentaje más común en los países que utilizan etanol.

Bajo una serie de supuestos, entre los que destaca una tasa de crecimiento en el consumo de gasolina de 3%, una oxigenación de la misma de 2% en peso y tomando los valores

para el 2005 (producción nacional e importado de oxigenantes, proporciones de MTBE de 11% y ETBE de 12.5% en las gasolinas), el estudio determinó la demanda potencial de etanol para cada uno de los escenarios descritos, para el año”<sup>52</sup>

Sobre los escenarios anteriormente descritos, se determinó la demanda de etanol para un crecimiento de la demanda de gasolina del 3.3%, y el ahorro de divisas por la reducción de importaciones de gasolina y MTBE, como se muestra en el Cuadro 20.

**CUADRO 20. DEMANDA DE ETANOL EN MÉXICO PARA EL 2010**

Escenarios	Demanda de etanol (miles de m3)	Ahorro de divisas (miles de dólares)
1	411.9	185,355
2	1,153.1	499,500
3	4,582.4	1,982,835

Datos tomados del estudio de Becerra, “La industria del Etanol en México”, 90.

Con la producción de etanol que se podría producir 1,176 miles de m3, se podría cubrir la demanda de los escenarios 1 y 2 o una tercera parte de la demanda estimada del escenario 3.

Respecto al precio del etanol, estará determinado por su costo de producción y por la cotización que se tenga en los dos principales mercados mundiales, Estados Unidos y Brasil. De

<sup>52</sup> Becerra, “La industria del etanol”, 90.



acuerdo al GlobalPetrolPrices.com, al 9 de diciembre de 2019 los precios del etanol en Estados Unidos se cotizaron 61 centavos de dólar/litro; mientras que en Brasil se cotizó en 74 centavos de dólar/litro.

Para el cañero, el precio de indiferencia sería aquél nivel de precios al que le es indiferente producir etanol o azúcar. Si el precio del etanol es mayor al del azúcar tendrá incentivos para producir etanol.

Como hay un excedente de inventarios de azúcar en México, la industria se ve en la necesidad de enviar más azúcar al mercado mundial que se cotiza bajo el contrato 11, donde el precio es por 13 centavos de dólar por libra, lo que equivale a \$5,434/ton de azúcar, que en términos de caña equivale a \$403/ton de caña<sup>53</sup>; mientras que el precio del etanol considerando el precio de los Estados Unidos y un rendimiento de 79.52 litros por ton de caña, aplicando el 57% del precio de referencia, el precio de la caña sería de \$525/ton caña, este precio representa el 30% más del valor de la caña respecto al mercado mundial.

---

<sup>53</sup> Considerando el precio de referencia del mercado mundial por un karbe de 130 por el 57%

Si el rendimiento de la caña es de 60 ton en ingenios con baja productividad y éste aumenta con la producción de etanol a 70 ton/ha, el precio de la caña mejoraría hasta en 50%

El precio de la caña se determinaría con la ponderación del:

- Precio Nacional del azúcar. Promedio del precio del azúcar estándar en 23 centrales de abasto del país
- Precio de exportación al mercado americano
- Precio internacional del etanol por un rendimiento mínimo de 79.52 litros por ton de caña por el 57%, en lugar del precio del mercado mundial del contrato 11.

Con ésta nueva ponderación, el precio de referencia de azúcar mejora, y con ello la rentabilidad del sector; en virtud de que no habrá excedentes que tiren el precio; sino todo lo contrario, se mantendrán excedentes que cubran la demanda de 3 meses y el resto se destinará a la producción de etanol.

El precio del etanol que se venda a Pemex, será menor al de los precios de gasolina que actualmente tiene que importar.

Para determinar la factibilidad de biocombustibles como el etanol se requiere:

- Productividad del campo y costos a la baja.
- Autosuficiencia energética, a partir del bagazo, cero consumo de petróleo

- Economías de escala en las destilerías
- Incorporación de la cogeneración
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación
- Subsidio a la caña destinada al etanol, porque con los precios de referencia para el pago de la caña no resulta viable financieramente.

#### **IV.4 Modificación de la participación del Estado en la industria: de propietario a promotor de uso de biocombustible y de la cogeneración de energía eléctrica.**

En México ya existe un marco regulatorio para la generación y comercialización de la energía eléctrica, La Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LSPEE) y La Ley de Aprovechamiento de Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, que considera dentro de las energías renovables a los bioenergéticos; La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, que reconoce dentro de los bioenergéticos, la biomasa de actividades agrícolas, donde clasifica el bagazo de caña. La Comisión de Renovable de Energéticos, publico las reglas de operación de

la interconexión para Centrales de Generación con Energía Renovable.<sup>54</sup>

Dentro de la regulación energética mexicana, hay dos opciones de comercialización de energía eléctrica excedente para los ingenios; 1) Venta de la electricidad sobrante a la CFE y, 2) comercialización bajo una sociedad de autoconsumo.<sup>55</sup>

Su ejecución requiere de cambios en las normas y políticas que sustentan actualmente la industria, tales como:

- a. El establecimiento de un mercado libre de la caña de azúcar, es decir, fuera del contexto de la LDSCA, o en su defecto vincular el precio del etanol al pago de la caña.
- b. Alentar los proyectos de inversión relacionados a la diversificación con el objeto de que se dé una transferencia de tecnología y de capital.
- c. Las relaciones obrero patronal, fuera del contrato Ley vigente de la industria azucarera.

---

54 José Carlos Rojas, “Consumo”.

55 Noé Aguilar Rivera, “Cadena de Valor de la Diversificación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar en México”, Revista AGRO Productividad. Índice de Revistas Mexicanas. CONACYT. Vol. 10, Núm. 11 (Nov. 2017). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/art>.

Los montos de inversión son variables dependiendo del volumen de etanol a producir. Brasil es un ejemplo de lo que se puede hacer, después de la crisis energética que enfrentó en los setenta, logró desarrollar el mercado de etanol utilizado como biocombustible en el sector automotriz. Políticas industriales como ésta, el gobierno debe promover con recursos fiscales en programas de investigación que promuevan alternativas de solución a los cultivos de interés nacional como es la caña de azúcar.<sup>56</sup>

Se considera a la caña de azúcar como la materia prima más eficiente para biocombustibles (biodiesel, bioetanol y biogás), el cual puede ser consumido en el sector de transporte al sustituir un porcentaje de la gasolina utilizada en los motores.

El alcohol anhidro, tiene dos usos: como materia prima para oxigenar la gasolina y como sustituto de la misma. En caso de destinarlo como oxigenante, se vendería a Pemex, pero con una demanda que dependerá del crecimiento vehicular. En el escenario de "...mezclar etanol en 10% del volumen total de las gasolinas consumidas en el país, correspondiendo a un nivel de oxigenación de 3.5% en peso, porcentaje más común en los países que utilizan etanol...la demanda de etanol para

---

<sup>56</sup> Becerra, "*La industria de etanol*".

un crecimiento de la demanda de gasolina del 3.3% sería por 4.5 millones de m<sup>3</sup>:<sup>57</sup>

“Precios de indiferencia, a partir de la caña, obteniendo productos como melaza, azúcar destinada para los mercados abiertos y azúcar destinadas para los mercados preferentes. También se calcularon los precios de indiferencia para los consumidores de gasolina y MTBE”<sup>58</sup> que se muestran en el cuadro 21.

**CUADRO 21. PRECIOS DE INDIFERENCIA PARA EL INDUSTRIAL (caña) Y CONSUMIDOR (dólares por litro de etanol)**

Producto	Precio (rango)
Melaza de caña	0.28-0.298
Azúcar, mercados abiertos	0.22-0.67
Azúcar, mercados preferentes	0.62-.093
MTBE	0.47-.0548
Gasolina	.045-0.523

Cuadro obtenido del documento de Becerra (2009).

Uno de los factores que podría explicar la falta de este tipo de proyectos de diversificación, además de los montos elevados de inversión, es la falta de certidumbre; dentro de las políticas que el gobierno ha implementado en ésta industria es la falta de promoción a la inversión, sustituyéndola por lo que históricamente ha sucedido, la expropiación de ingenios.

<sup>57</sup> Becerra, “*La industria de etanol*”, 90.

<sup>58</sup> *Ibíd.*, 93.

Apenas se manifiestan problemas de liquidez, la primera opción es expropiar y no realizar acciones para promover la diversificación como parte del Plan Estratégico de la Industria Azucarera.





## V. CONCLUSIONES.

Por sus orígenes históricos y por la oferta de calóricos que representa, prácticamente la mayoría de los países productores ubican la producción del azúcar como parte central de sus planes de desarrollo, por la alta concentración de superficie que se requiere para la siembra y el cultivo de caña y por el uso intensivo de capital que implica sus instalaciones de fábrica, convirtiéndose en polos de desarrollo en las zonas donde se ubica

La industria azucarera tiene como base el cultivo de la caña, el hecho de que en México sea un cultivo de interés público, hace que se elabore un esquema normativo que regule y controle entre otros aspectos:

- Garantizar la seguridad alimentaria del azúcar, mandato de la SAGARPA
- El pago de la caña a los agricultores de acuerdo con el precio de referencia del azúcar determinado por la Secretaría de Economía,
- Los kilogramos de azúcar recuperable base estándar (KARBE) de acuerdo lo establecido en la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA);

- Los cupos de exportación determinados por acuerdos comerciales entre los gobiernos de México y Estados Unidos, en función a lo establecido en el Tratado de Libre Comercio (TLCAN), a la producción de azúcar, a la cuota del mercado americano y a las importaciones de Jarabe de Maíz de Alta Fructuosa ((JMAF);
- Revisiones salariales y de prestaciones a los trabajadores de la industria al margen de la productividad de la mano de obra al amparo del Contrato Ley de la industria.

A pesar de que en el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) y en la LDSCA, se plantean como objetivos centrales, conceptos como productividad, competitividad, rentabilidad, integración sustentable, en los hechos no hay incentivos para que los cañeros cumplan con mejorar la calidad de caña, no es relevante que cañeros entreguen caña menor a 5 ciclos o de 15 ciclos, finalmente la pagan al promedio que resulte el KARBE, sin importar el bajo contenido de sacarosa; la caña no se paga por calidad (cantidad de sacarosa) sino por cantidad (por peso de la caña).

Sobre el sistema de pago, hay variables que pueden afectar la rentabilidad del ingenio, por ejemplo, si la eficiencia de un ingenio es menor al 82.37% el ingenio paga un KARBE mayor

al kilogramo de azúcar base estándar (KABE) que alcanzó; lo que representaría un pago mayor de caña y por ende costos mayores que le restan competitividad y afectan la rentabilidad de los ingenios. Se castiga la mala eficiencia de la fábrica, pero no la mala calidad de la caña.

En contra del precepto de tener una agroindustria sustentable, con programas para reducir las fuentes de contaminación, se continúa quemando la caña para la cosecha, contaminando el aire con altos niveles de CO<sub>2</sub>.

Los aspectos operativos de la industria en los últimos 10 años, concluyendo que se produjo más azúcar, porque hubo mayor volumen de caña, a consecuencia de un crecimiento de la superficie a industrializar; los cañeros tuvieron el incentivo de mayores precios de referencia para cultivar más caña, los precios en términos nominales crecieron a una tasa promedio anual del 9.54%, y en términos reales crecieron al 5% anual. Sin embargo, en términos de eficiencia los resultados no fueron los mejores: el rendimiento en campo mejoró marginalmente en 0.66% anualmente; el contenido de sacarosa en la caña disminuyó; la eficiencia en fábrica disminuyó, el rendimiento en fábrica fue menor, las pérdidas de sacarosa aumentaron marginalmente, el tiempo perdido aumento y por consecuencia el rendimiento agroindustrial no mejoró. En los parámetros donde hubo una mejoría notable fue en la

generación de energía eléctrica y en el menor consumo de petróleo.

Los grupos azucareros, son medianamente productivos porque prácticamente dentro de ellos hay ingenios productivos y los que no lo son, lo que hace que en la consolidación de resultados los ingenios productivos financian a los menos productivos. Grupos como Zucarmex, Beta San Miguel, La Margarita-Machado, Porres, Pasa, Azucarera del Trópico y Gam tendrán que replantear que hacer con los ingenios menos productivos, o les asignan la producción de menos calidades de azúcar para exportar con menos de Pol 92.2 y/o mascabado; o terminan cerrándolos, ya hay historia reciente del cierre de ingenios que formaban parte de los Grupos, como son: Santo Domingo del grupo la Margarita; San Gabriel de grupo Santos; La Primavera de Grupo Zucarmex; Nuevo San Francisco de Grupo Gargonz. Mientras que los ingenios como el Carmen, Calipam, San José de Abajo y Azsurumex, su condición es muy precaria y es probable que sean los siguientes en la lista para cerrar.

En resumen, la industria azucarera mexicana no es competitiva sus parámetros de productividad están por debajo de los países exportadores netos de azúcar, lo que imposibilita ser competitivos en el mercado mundial; por tal razón, actualmente enfocan sus estrategias de producción a reducir

costos y a producir azúcar de exportación con las calidades recientemente negociadas.

La producción de etanol actualmente no es viable fundamentalmente por la falta de demanda, aparte de los que representan la falta de productividad del campo y determinar un precio diferenciado de la caña destinada para éste propósito. No hay un programa que permita direccionar la agroindustria hacia mejorar la productividad y/o aprovechar las oportunidades que representa el etanol

Respecto a la cogeneración de energía eléctrica se requieren fuertes montos de inversión, lo que ha limitado su emprendimiento. El incremento de la cogeneración implica generar excedentes de energía para su comercialización a través de la red pública. Sin embargo, ni las instituciones, encargadas de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, ni las empresas privadas, con excepción de los ingenios del Grupo Piasa (Tres Valles y Adolfo López Mateos), El Molino y Santa Rosalía, han emprendido éste tipo de proyectos. Uno de los factores que podría explicar la falta de este tipo de proyectos, además de los montos elevados de inversión, es la falta de certidumbre; dentro de las políticas que el gobierno ha implementado en ésta industria es la falta de promoción a la inversión, sustituyéndola por lo que históricamente ha sucedido, la expropiación de

ingenios. Apenas se manifiestan problemas de liquidez, la primera opción es expropiar y no realizar acciones para promover la diversificación como parte del Plan Estratégico de la Industria Azucarera.

Se considera a la caña de azúcar como la materia prima más eficiente para biocombustibles (biodiesel, bioetanol y biogás), el cual puede ser consumido en el sector de transporte al sustituir un porcentaje de la gasolina utilizada en los motores.

- Para determinar la factibilidad de biocombustibles como el etanol se requiere:
- Productividad del campo y costos a la baja.
- Autosuficiencia energética, a partir del bagazo, cero consumo de petróleo
- Economías de escala en las destilerías
- Incorporación de la cogeneración
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación
- Subsidio a la caña destinada al etanol, porque con los precios de referencia para el pago de la caña no resulta viable financieramente

Un aspecto relevante para la diversificación es evaluar la viabilidad técnica de reorientar hacia la diversificación a

ingenios con algún grado de obsolescencia y baja productividad o enfocarlo exclusivamente a ingenios con mayor productividad. Su ejecución requiere de cambios en las normas y políticas que sustentan actualmente la industria, tales como:

- El establecimiento de un mercado libre de la caña de azúcar, es decir, fuera del contexto de la LDSCA
- Alentar los proyectos de inversión relacionados a la diversificación con el objeto de que se dé una transferencia de tecnología y de capital.
- Las relaciones obrero patronal, fuera del contrato Ley vigente de la industria azucarera.

El objetivo central de la diversificación deberá ser lograr la competitividad que la industria azucarera no ha logrado. Los proyectos de diversificación de mayor alcance deberán enfocarse al etanol y cogeneración, lo que implica que la caña tendrá varios mercados y condiciones particulares, que bajo el libre funcionamiento se asignara el volumen de caña requerido para la producción de azúcar y etanol, siendo la rentabilidad y el inventario de éstos los que determinarán la repartición de la caña y la variación de la superficie cultivable.

Los excedentes de producción se resuelven con más cupos de exportación, menos importación de fructuosa o menor

producción de azúcar, para asegurar precios domésticos que sean rentables para el sector; las dos primeras variables dependen de la política comercial que el gobierno esté dispuesto a instrumentar, para asegurar la utilidad del cultivo de la caña de azúcar. Mientras que la productividad de la agroindustria debe orientarse a mejorar los rendimientos en campo y elevar eficiencia en fábrica, hay algunos ingenios que están en esa ruta y que están comenzando con proyectos de cogeneración; sin embargo, hay otros que de no mejorar su funcionamiento inevitablemente cerrarán y las zonas que dejen de abastecer caña deberán orientar su actividad a otro cultivo.

La oferta de azúcar deberá compensarse con mejorar el rendimiento agroindustrial de los ingenios, y el excedente de caña deberá orientarse a la diversificación alcohol y electricidad; los ingenios que no puedan adaptarse a éstos cambios inevitablemente cerraran.

No sólo sobran ingenios por su baja productividad y exceso de producción de azúcar del sector, no todo el campo cañero tiene las condiciones adecuadas para el cultivo de caña, sobra superficie sobre todo en zonas secas y poco compactas que encarecen la siembra y la cosecha de caña. Los alcances de los cañeros tienen que fijarse menos por altos precios de la caña, ahora deberán de lograrse con mejora de los rendimientos en campo y mayor contenido de sacarosa en la caña.



La alternativa más viable es que los ingenios que disponen de planta de alcohol retomen su producción para que parcialmente se pueda producir azúcar y etanol de acuerdo con las condiciones de mercado.

De acuerdo a los resultados de la zafra 17/18, son 25 ingenios que se clasificaron con índice de productividad de mediano a alto, en conjunto muelen 26.7 millones de toneladas de caña y producen 3.1 millones de toneladas de azúcar con rendimientos en campo y fábrica de 79.79 ton/ha y 11.64% respectivamente; volumen insuficiente para cubrir la demanda interna de azúcar (4.3 millones de ton de azúcar) más los cupos de exportación al mercado americano (1.1 millones de ton de azúcar).

Por tal razón, deberán considerarse 15 ingenios para cubrir la demanda interna y los cupos de exportación para el mercado americano de azúcar, con la condición de mejorar sus índices de productividad tanto en campo del 15 a 20% y fábrica en 2% para que en conjunto, es decir 40 ingenios con 585,455 has, cosechen 45.8 millones de toneladas de caña y produzcan 5.4 millones ton de azúcar, con rendimientos de campo y fábrica de 78.25 ton/ha y 11.8%; lo que implica renovación del campo, mejores variedades, riegos de auxilio y oportuna aplicación tecnológica del campo; así como mejoras en fábrica para

aumentar la extracción de sacarosa de la caña molida y mayor capacidad de molienda horaria de los ingenios.

Los 11 ingenios de menor productividad, con una superficie cañera de 200 mil has., deberán mejorar el rendimiento en campo hasta alcanzar 70 ton/ha, para moler 14 millones de toneladas de caña, con rendimientos en la destilería de 79.5 litros por tonelada de caña, para producir 1,113 millones de litros de etanol.

La propuesta sería que 40 ingenios produzcan 5.4 millones de ton de azúcar y 11 ingenios produzcan 1,113 millones de litro de etanol. O en su defecto, destinar 585 mil has para el cultivo y cosecha de 45.8 millones de toneladas de caña para la producción de 5.4 millones de toneladas de azúcar y destinar 200 mil has para el cultivo y cosecha de caña de 14 millones de toneladas de caña para producir 1,113 millones de litros de etanol por zafra.

Con los anteriores indicadores tendríamos mayor productividad de la industria azucarera, y diversificación con producción de etanol y cogeneración de energía eléctrica por 1.4 millones de Megawatt (Mw), no solo para cubrir el consumo de generación de energía de la industria azucarera, sino para vender energía a la red de la Comisión Federal de Electricidad.

¿Qué grupos e ingenios deberán realizarlo? dependerá de las estrategias internas y reconfiguración de cada grupo. Como propuesta deberán considerarse a ingenios que dispongan de destilerías, aun cuando hayan dejado de producir alcohol, en las últimas zafras; disponen de instalaciones que podrán habilitarse para la producción de alcohol.

Se propone ingenios que actualmente estén operando y que dispongan de destilerías, considerar la ampliación y adecuación de cada uno de las destilerías en los ingenios. Aun cuando en la actualidad no estén produciendo alcohol. La premisa es que con la habilitación y ampliación de las destilerías de 15 ingenios se puedan producir 600 millones de etanol con el 43% de la cosecha de caña y 57% de caña a producir azúcar. Los porcentajes de asignación de caña para producir azúcar o alcohol variarán de la disponibilidad del campo cañero, pero en todos ellos presumimos que dispondrán de la suficiente caña para realizar las asignaciones para cada producto.

Por lo que respecta a la inversión en nuevas refinerías, se sugiere se instalen dentro de los ingenios propuestos, en virtud de que disponen de caña para producir tanto azúcar como alcohol. Se propone que sea en 6 ingenios, que registran bajos niveles de productividad, la dualidad de la producción obligará a mejorar sus índices de productividad tanto en campo como

en fábrica, de las 8.9 millones toneladas de caña que disponen, 7.2 millones destinarlas a la producción de 575 millones de litros de alcohol y 1.6 millones de ton de caña a la producción de azúcar.

Con la habilitación y ampliación de las destilerías en 15 ingenios y la instalación de destilerías en 6 ingenios, con la suma de 21 destilerías la industria produciría 1,176 millones de litros de etanol. Para ejecutar éste programa, la inversión de habilitar y ampliar la capacidad de los ingenios que cuentan con destilerías es por 732 millones de dólares y la inversión para nuevas refinerías que se podrían instalar en ingenios que pudieran mejorar su productividad produciendo azúcar y alcohol sería de 495 millones de dólares. El total de inversión representa 1,277 millones de dólares, una cantidad similar al ahorro de divisas, por dejar de importar gasolina.

Como hay un excedente de inventarios de azúcar en México, la industria se ve en la necesidad de enviar más azúcar al mercado mundial que se cotiza bajo el contrato 11, donde el precio es por 13 centavos de dólar por libra, lo que equivale a \$5,434/ton de azúcar, que en términos de caña equivale a \$403/ton de caña<sup>59</sup>; mientras que el precio del etanol considerando el precio de los Estados Unidos y un rendimiento

---

<sup>59</sup> Considerando el precio de referencia del mercado mundial por un karbe de 130 por el 57%

de 79.52 litros por ton de caña, aplicando el 57% del precio de referencia, el precio de la caña sería de \$525/ton caña, este precio representa el 30% más del valor de la caña respecto al mercado mundial.

Si el rendimiento de la caña es de 60 ton en ingenios con baja productividad y éste aumenta con la producción de etanol a 70 ton/ha, el precio de la caña mejoraría hasta en 50%

El precio de la caña se determinaría con la ponderación del:

- Precio Nacional del azúcar. Promedio del precio del azúcar estándar en 23 centrales de abasto del país
- Precio de exportación al mercado americano
- Precio internacional del etanol por un rendimiento mínimo de 79.52 litros por ton de caña por el 57%, en lugar del precio del mercado mundial del contrato 11.

Con ésta nueva ponderación, el precio de referencia de azúcar mejora, y con ello la rentabilidad del sector; en virtud de que no habrá excedentes que tiren el precio; sino todo lo contrario, se mantendrán excedentes que cubran la demanda de 3 meses y el resto se destinará a la producción de etanol.

El precio del etanol que se venda a Pemex, será menor al de los precios de gasolina que actualmente tiene que importar.

Este plan de diversificación puede comenzar con el incremento de la productividad del campo y fábrica, si no se da este primer pasó, la diversificación no es viable. Elevar la productividad de la agroindustria llevará no menos de 5 años y las inversiones para la diversificación pueden llevar entre 3 a 4 años. No hacerlo pronto implica el cierre de ingenios y el efecto sobre la derrama económica que generan en sus zonas de influencia; además de posponer la posibilidad de una industria más amigable con el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar Rivera Noé, “*Paradigma de la Diversificación de la Agroindustria Azucarera de México*”, Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, vol. 19, núm. 59, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. (mayo-agosto 2012): 187-213.[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-14352012000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352012000200008).
2. Aguilar Rivera Noé, “Análisis de la productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México”. Ciencia Ergo Sum, vol. 20, núm. 1, Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, México, (marzo-junio 2013).  
<file:///C:/Users/1058584424/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaProductividadDeEtanolDeCanaDeAzucarEnI-5199069.pdf>.
3. Aguilar Rivera, Noé. “Índice de Diversificación de la agroindustria azucarera en México”. Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo, vol. 11, núm. 4, Colegio de Posgraduados. Texcoco, Estado de México, México, (octubre-diciembre 2014): 441-462,  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360535327001>.

4. Aguilar Rivera Noé, “La reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México”, Revista Nova Scientia, Vol.6, núm. 12, León, (Octubre 2014): 1-23.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07).
5. Aguilar Rivera Noé, “Cadena de Valor de la Diversificación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar en México”, Revista AGRO Productividad, Índice de Revistas Mexicanas, CONACYT, Vol. 10, Núm. 11 (Noviembre 2017). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/art>.
4. Aguilar Rivera, Noé, Galindo, G.M; Fortanelli, J.M; y Contreras, C.S. “¿Porque diversificar la agroindustria azucarera en México?” Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad, vol.3, núm.1, (2009): 62-75.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511851320002>
5. Aguilar Rivera, Noé; Galindo Mendoza, Guadalupe; Fortanelli Martínez, Javier y Contreras Servín Carlos. “Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México”. Región y Sociedad vol.23, no. 52 (septiembre – diciembre de 2011).



[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252011000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252011000300009)

6. Aguilar Rivera Noé, Rodríguez Daniel Arturo, Castillo Morán Adolfo y Herrera Solano Agustín, “Sucroquímica, alternativa de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar”, *Multiciencias*, Vol.2, Num.1, Universidad del Zulia, Venezuela, (enero – marzo 2012):7-15.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90423275002>.
7. Aguilar Rivera Noé, Rodríguez Lagunes D.A., Castillo Morán A, “Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la caña de azúcar”, *Revista Virtual Pro*, no. 106 (Noviembre 2010): 1-28.  
<https://es.scribd.com/document/96125194/AZUCAR-COPRODUCTOS-Y-SUBPRODUCTOS-EN-LA-D>
8. Ayala, Schwentesius, Almaguer, Márquez, Carrera y Jolalpa, *Competitividad del Sector Agropecuario en México: Implicaciones y retos*, Editores Plaza y Valdez. (Universidad Autónoma de Chapingo. INIFAP 2012).  
[https://www.researchgate.net/publication/301356579\\_Competitividad\\_del\\_sectoragro](https://www.researchgate.net/publication/301356579_Competitividad_del_sectoragro).
9. Becerra Pérez, Luis Armando. “*La industria de etanol en México*”. *Economía*. UNAM Vol. 16, No.16,

México, (Ene/abr 2009).  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=363542897002>

10. Campos Ortiz, Francisco y Oviedo Pacheco, Mariana. (2013). “Estudios sobre la competitividad en la industria azucarera en México”. Working Paper. Banco de México. México.
11. Celso Arellano Pedro Luis y Cortés Fregoso José Héctor. “Análisis de la Eficiencia Técnica Relativa de la Agroindustria Azucarera: El caso de México”. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 26, (ene-jun. 2010): 202-213.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14111976006>
12. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, “*La Industria Alcohólica de México ante la Apertura Comercial*”, Cámara de Diputados. H Congreso de la Unión, diciembre de 2002: 1-18.  
<https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0452002.pdf>
13. Centro Mario Molina, “Sector Azucarero” en *Proyecto: Formulación de lineamientos de política en materia de eficiencia energética en sectores clave de la economía para el programa especial de cambio climático*, Instituto Nacional de Ecología, Noviembre 2007, 147-169.

14. CONADESUCA, *“Proyecto de sistematización de información del diagnóstico de ingenios azucareros 2009”*, consultado el 20 de febrero de 2009. [http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte\\_Diagnosticos](http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/Reporte_Diagnosticos).
15. Conadesuca *“5to informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México. Zafras 2008/09-2017/18”*. Documentos. Dirección de información estadística, proyecciones y comunicación (DIEPROC). Consultado el 15 de febrero de 2009. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392732/Nacional\\_y\\_Entidad\\_Federativa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392732/Nacional_y_Entidad_Federativa.pdf)
16. CONADESUCA, *“El CITCAÑA herramienta necesaria para el fortalecimiento de la investigación integral de la caña”*, mesa de trabajo, Cárdenas Tabasco, julio 2010.
17. CONADESUCA., *“Propuesta para la inclusión de la producción de etanol como alternativa al campo cañero mexicano en el Programa Nacional de la Agroindustria Azucarera.”* 2012. <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/Transparencia/DocumentosJuridico/Propuesta%20Producci%C3%B3n%20de%20Etanol.pdf>

18. Comisión Especial para la Agroindustria Azucarera. “Diagnóstico Integral sobre la situación Nacional de la Agroindustria Azucarera”. Senado de la República. Gaceta 13 de diciembre de 2007. [https://www.senado.gob.mx/64/gaceta\\_del\\_senado/documento/15093](https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/15093)
19. Crespo, Horacio. “Historia del Azúcar en México”. Fondo de Cultura Económica, México, 1988.
20. Diario Oficial de la Federación. Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. México. 22 de agosto de 2005. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDSCA.pdf>
21. Diario Oficial de la Federación. Programa nacional de la agroindustria de la caña de azúcar 2014-2018. México. 22 de mayo de 2014. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014)
22. Diario Oficial de la Federación. Acuerdo por el que se sujeta a permiso previo la exportación de azúcar y se establece un cupo máximo para su exportación. 5 de octubre de 2017. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5500077&fecha=05/10/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5500077&fecha=05/10/2017)

23. *“Directorio de ingenios y de grupos azucareros”* Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA), consultado el 25 de febrero de 2019. [www.cniaa.mx/](http://www.cniaa.mx/)
24. “Estadísticas Históricas por ingenio azucarero”. Unión Nacional de Cañeros, consultado el 11 de marzo de 2019. [www.caneros.org.mx](http://www.caneros.org.mx)
25. “Estadísticas históricas por zafra por ingenio azucarero”. CONADESUCA, consultado el 18 de marzo de 2019. [www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/Reportes](http://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/Reportes)
26. FIRA. “Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación económica y sectorial. Azúcar 2017”. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 2017. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61947/Panorama\\_Agroalimentario\\_Azucar\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61947/Panorama_Agroalimentario_Azucar_2015.pdf)
27. Fundación Produce Puebla A.C., “Evaluación de subproductos energéticos derivados de la caña de azúcar como fuentes energéticas y promotores de la emisión de metano”. (mayo 2014): 1-10.
28. García-Almeida J.M., García M. Casado Fernández y García Alemán J. “Una visión global y actual de los

edulcorantes. Aspectos de regulación”. Revista Nutrición Hospitalaria vol. 28, supl.4 (Septiembre de 2013).

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013001000003](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000003)

29. García Chávez, Luis Ramiro. “La agroindustria azucarera de México frente la apertura comercial”, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1997.
30. Gómez Merino, F.C.; Trejo Téllez LI; Salazar Ortiz, J.; Pérez Sato, J.A; Sentíes Herrera, H.E.; Bello-Bello, J.J. y Aguilar Rivera, N., “La Diversificación de la Agroindustria Azucarera como estrategia para México”. Revista AGRO Productividad. Índice de Revistas Mexicanas. CONACYT. Año 10. Vol. 10 Núm. 11. (Nov. 2017): 21-28. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/73>
31. González-Moralejo, Andrés, “Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la estevia rebaudiana Bertoni: Producción, consumo y demanda potencial”. Revista Agroalimentaria Vol. 17, Núm.32, (ene-jun 2011): 57-69. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59571/Andr%C3%A9s%20->

[%20Aproximaci%C3%B3n%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20de%20un%20endulzante%20n](#)

32. Haley, Stephen. “Projecting World Raw Sugar Prices. A Report from the Economic Research Service”. USDA. (January 2015).
33. Hernández Laos, Enrique. “Productividad y Eficiencia en la Industria Mexicana del Azúcar (Un ensayo metodológico)”. UAM. Unidad Iztapalapa. 2012
34. “Información sectorial/ Cadenas agrícolas/ Caña de Azúcar”. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (FIRA). , consultado el 20 de marzo de 2019. [www.fira.gob.mx](http://www.fira.gob.mx)
35. Instituto Mexicano de la Competencia (IMCO). “Hacia un pacto de la competitividad. Situación de la competitividad de México, 2004”. México, Febrero 2015.
36. Labarca, Nelson. “Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial” Omnia Año 13. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Zulia. 2017
37. Lobelo Miranda, Yousef y Alvarado Clavijo, Marco. Análisis de competitividad y de mercado en la sustitución parcial o total de azúcar por otros edulcorantes en las empresas del sector de bebidas no

- alcohólicas en Colombia de 2009 a 2014. Universidad de la Salle. 2015.
38. Manual Azucarero Mexicano 2018.
39. Mejía Enrique, Rivera Julio César, Oviedo Edgar, Debernardi Héctor y Tiscareño Mario, “Estudio de caracterización de zonas potenciales de mecanización en las zonas de abastos cañeras”, Colegio de Posgraduados. SIAP/SAGARPA. (Marzo 2010). <https://docplayer.es/41084001-Estudio-de-caracterizacion-de-zonas-potenciales-de-mecanizacion-en-las-zonas-de-abasto-caneras.html>
40. Muñoz Mario. “Perspectivas de los coproductos de la caña de azúcar”. En El Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, editores: Mario Melgar, Adlai Meneses, Héctor Orozco, Ovidio Pérez y Rodolfo Espinosa, 420-466. CENGICANA, Artemis Edinter, 2014.
41. Rojas Cárdenas, José Carlos. “*Consumo y alternativas energéticas de la industria azucarera mexicana*”. Tesis Grado de Maestro en Ingeniería, Maestría en Ingeniería en Energía, UNAM, 2014.
42. Romo Murillo, David y Abdel Musik, Guillermo. “Sobre el concepto de competitividad”. Revista Comercio Exterior, vol. 55 núm. 3, (marzo 2005): 200-214.



<http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/76/1/RCE.pdf>

43. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA); Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), “Atlas de la Agroindustria de la caña de azúcar 2015” Primera edición 2016.
44. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA); Comisión Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), *Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica de la Caña de Azúcar*, (Agosto 2017).  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261009/Agenda\\_d](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261009/Agenda_d).
45. SAGARPA. “Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Caña de Azúcar Mexicana”. México. 2017
46. Salgado García Sergio, Lagunes Espinoza Luz del C., “Caña de Azúcar. Producción Sustentable”. Biblioteca Básica de Agricultura BBA. Colegio de Postgraduados. México. 2012.

47. Sanabria Gómez, Segundo Abraham.(2008)  
“Dinámica y Competitividad en la Industria Colombiana”. Revista Apuntes del CENES, VOL. 27, NÚM.45, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Colombia (ene-jun. 2008).
48. Unión Nacional de Cañeros A.C.-CNPR. “Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. 2000-2009”
49. Unión Nacional de Cañeros A.C.. “Información histórica de la Industria Azucarera”. México. 2017.

## ANEXO 1. BASE DE DATOS

PERIODO	Superficie cosechable (hectáreas)	Rendimiento campo toneladas de caña/hectárea	Caña Molida toneladas	Toneladas de Caña Molida / Día	Toneladas de Caña Molida / Hora	Producción de azúcar/toneladas	Toneladas de Azúcar por día	Rendimiento físico %
z-94/95	514,471	77.99	40,124,381	235,569	13,919	4,271,000	24,963	10.64
z-95/96	577,106	69.63	40,185,213	240,727	13,783	4,375,000	26,079	10.89
z-96/97	582,746	72.37	42,170,674	240,301	14,024	4,541,000	26,169	10.77
z-97/98	632,506	74.87	47,353,042	261,067	14,467	5,174,027	28,525	10.93
z-98/99	635,625	68.58	43,590,071	256,421	14,582	4,698,919	27,642	10.78
z-99/00	611,297	68.87	42,101,037	252,023	14,376	4,696,032	28,111	11.15
z-00/01	603,453	73.71	44,478,654	259,972	14,488	4,923,631	28,778	11.07
z-01/02	609,157	70.43	42,903,622	268,148	14,554	4,872,388	30,452	11.36
z-02/03	605,731	72.55	43,948,244	273,435	14,551	4,927,574	30,658	11.21
z-03/04	608,716	74.68	45,456,250	270,889	14,597	5,024,078	29,940	11.05
z-04/05	657,145	77.45	50,892,642	284,324	14,818	5,796,000	32,189	11.39
z-05/06	658,776	71.79	47,290,412	288,356	14,909	5,281,000	32,201	11.17
z-06/07	675,416	72.59	49,025,604	288,380	15,393	5,314,000	31,259	10.84
z-07/08	683,008	70.72	48,305,474	294,844	15,518	5,520,000	33,659	11.43
z-08/09	663,057	64.19	42,516,838	296,146	14,822	4,962,495	34,503	11.67
z-09/10	647,427	66.99	43,370,288	287,396	15,398	4,825,539	31,664	11.13
z-10/11	673,480	65.53	44,131,570	303,264	14,962	5,183,500	35,214	11.75
z-11/12	703,761	65.69	46,231,229	294,458	15,243	5,048,469	31,979	10.92
z-12/13	780,254	78.75	61,438,538	316,162	15,948	6,974,799	35,718	11.35
z-13/14	790,481	68.77	54,329,039	298,408	15,558	6,021,292	32,948	11.08
z-14/15	782,817	68.42	53,599,827	289,527	15,457	5,984,961	32,320	11.17
z-15/16	778,930	69.57	54,188,609	308,069	15,571	6,117,048	34,602	11.29
z-16/17	776,723	68.75	53,285,982	302,119	15,355	5,954,898	33,765	11.18
z-17/18	784,661	67.97	53,335,717	294,226	15,452	6,009,520	33,976	11.27

PERIODO	Rendimiento Agroindustria I toneladas azúcar/hectár ea	Eficiencia Fábrica %	Caña - Pol %	Jugo Mezclado - Pureza aparente %	Karbe Neto	Consumo de Petróleo litros por tonelada de Caña	Caña - % Fibra	TIEMPO PERDIDO EN CAMPO %
z-94/95	8.30	79.65	13.34	81.91	113.44	19.31	13.81	6.67
z-95/96	7.58	80.70	13.46	82.25	115.89	17.96	13.75	9.86
z-96/97	7.79	81.31	13.21	82.44	113.85	16.85	13.58	7.51
z-97/98	8.18	81.89	13.29	82.05	114.31	15.58	13.38	6.81
z-98/99	7.39	81.76	13.16	81.27	114.06	13.97	13.47	10.57
z-99/00	7.68	82.18	13.53	82.10	116.37	14.83	13.41	8.18
z-00/01	8.16	82.49	13.37	83.25	115.10	12.93	13.43	6.49
z-01/02	8.00	83.19	13.61	82.49	118.12	11.37	13.30	6.11
z-02/03	8.13	82.57	13.54	82.29	117.62	11.19	13.08	5.88
z-03/04	8.25	82.53	13.35	82.22	116.18	10.17	13.10	4.26
z-04/05	8.82	83.04	13.68	82.39	119.22	8.51	13.21	3.44
z-05/06	8.02	82.33	13.53	82.23	117.61	7.96	13.26	3.94
z-06/07	7.87	82.05	13.18	81.72	114.78	7.63	13.12	3.69
z-07/08	8.08	82.47	13.19	82.21	120.46	5.14	13.26	6.59
z-08/09	7.48	83.25	13.95	82.81	122.12	3.70	13.53	3.26
z-09/10	7.45	82.56	13.28	81.91	116.45	3.55	13.36	3.10
z-10/11	7.70	82.84	14.05	82.39	123.08	2.32	13.39	2.22
z-11/12	7.17	81.98	13.09	81.09	114.56	1.69	13.41	2.30
z-12/13	8.94	82.42	13.61	81.51	119.33	1.29	13.17	1.89
z-13/14	7.62	82.14	13.28	81.82	117.13	0.71	13.20	2.22
z-14/15	7.65	82.97	13.23	82.38	117.05	0.29	13.24	3.92
z-15/16	7.85	83.25	13.40	82.39	118.23	0.51	13.16	4.00
z-16/17	7.67	82.48	13.39	82.01	117.78	0.56	13.24	4.05
z-17/18	7.66	82.66	13.49	82.27	118.49	0.38	13.31	4.20

PERIODO	TIEMPO PERDIDO POR LLUVIA %	TIEMPO PERDIDO POR CAMPO Y LLUVIA %	TIEMPO PERDIDO TOTAL %	PERDIDAS DE SACAROSA %	LLUVIAS milímetros anual	precio de la caña \$/ton	precio de referencia de azúcar \$/ton azúcar	plantas %	% de aplicación del fertilizante recomendado
z-94/95	2.85	9.52	25.29	2.72	1,480	121	1,946	18.00	67.00
z-95/96	3.59	13.45	26.98	2.60	1,400	172	2,650	16.00	70.00
z-96/97	5.77	13.28	27.04	2.47	1,440	217	3,390	16.50	70.00
z-97/98	3.03	9.84	24.60	2.40	1,460	237	3,631	16.80	68.00
z-98/99	2.20	12.77	26.26	2.41	1,475	243	3,739	15.00	68.00
z-99/00	4.08	12.26	26.32	2.41	1,469	288	4,295	15.60	70.00
z-00/01	4.68	11.17	25.42	2.34	1,485	298	4,428	15.80	70.00
z-01/02	4.14	10.25	22.58	2.29	1,283	311	4,561	16.00	71.00
z-02/03	2.99	8.87	21.43	2.36	1,347	325	4,803	16.20	73.00
z-03/04	6.47	10.73	22.62	2.33	1,299	353	5,383	16.50	75.00
z-04/05	3.37	6.81	19.41	2.32	1,554	393	5,760	16.60	72.00
z-05/06	2.81	6.75	18.79	2.39	1,358	400	5,933	16.50	72.00
z-06/07	5.50	9.19	21.59	2.37	1,339	415	6,356	16.40	70.00
z-07/08	2.13	8.72	20.57	2.42	1,318	412	5,996	16.00	69.00
z-08/09	1.93	5.19	16.22	2.32	1,233	458	6,579	15.00	68.00
z-09/10	10.05	13.15	21.89	2.28	1,300	679	10,222	14.50	67.00
z-10/11	1.79	4.01	15.05	2.39	1,338	727	10,369	14.00	67.00
z-11/12	7.24	9.54	18.81	2.31	1,344	693	10,618	13.80	71.00
z-12/13	3.96	5.85	17.37	2.36	1,575	455	6,697	13.20	70.00
z-13/14	7.43	9.65	19.89	2.36	1,389	474	7,100	12.70	69.00
z-14/15	9.56	13.48	22.18	2.23	1,364	542	8,131	12.30	68.00
z-15/16	4.57	8.57	17.47	2.24	1,268	747	11,078	12.00	67.00
z-16/17	3.97	8.02	17.65	2.32	1,432	892	13,284	11.30	68.00
z-17/18	5.20	9.40	19.50	2.36	1,333	851	12,712	11.00	67.00

## ANEXO 2. RESULTADOS ECONOMETRICOS.

```
RegModel.1 <- lm(Inazucar~Incane, data=Dataset)
```

```
> summary(RegModel.1)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = Inazucar ~ Incane, data = Dataset)
```

```
Residuals:
```

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.036234	-0.015230	-0.000650	0.008336	0.056529

```
Coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-3.24825	0.79015	-4.111	0.00046 ***
Incane	1.05965	0.04473	23.691	< 2e-16 ***

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.024 on 22 degrees of freedom
```

```
Multiple R-squared: 0.9623, Adjusted R-squared: 0.9606
```

```
F-statistic: 561.2 on 1 and 22 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
> RegModel.2 <- lm(Inagroin~Inrencam+Inrenfis, data=Dataset)
```

```
> summary(RegModel.2)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = Inagroin ~ Inrencam + Inrenfis, data = Dataset)
```

```
Residuals:
```

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.00191686	-0.00000446	0.00009413	0.00019710	0.00098549

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-4.605650	0.016800	-274.1	<2e-16 ***
Inrencam	1.001682	0.002125	471.4	<2e-16 ***
Inrenfis	0.997172	0.004783	208.5	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0005297 on 21 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9999, Adjusted R-squared: 0.9999

F-statistic: 1.129e+05 on 2 and 21 DF, p-value: < 2.2e-16

```
> RegModel.3 <- lm(Insup~Inpcane, data=Dataset)
```

```
> summary(RegModel.3)
```

Call:

```
lm(formula = Insup ~ Inpcane, data = Dataset)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.126296	-0.040883	-0.009149	0.027706	0.140806

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	12.28114	0.16340	75.162	< 2e-16 ***
Inpcane	0.18802	0.02722	6.907	0.000000617 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.06695 on 22 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6844, Adjusted R-squared: 0.6701

F-statistic: 47.71 on 1 and 22 DF, p-value: 0.0000006172

```
RegModel.4 <- lm(Inpcane~Inkarbe+Inpra, data=Dataset)
```

```
> summary(RegModel.4)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = Inpcane ~ Inkarbe + Inpra, data = Dataset)
```

```
Residuals:
```

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.026743	-0.004672	-0.001158	0.005336	0.030228

```
Coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-7.87202	0.59248	-13.287	1.09e-11 ***
Inkarbe	1.07428	0.12924	8.312	4.43e-08 ***
Inpra	1.00546	0.00557	180.515	< 2e-16 ***

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.01146 on 21 degrees of freedom
```

```
Multiple R-squared: 0.9995, Adjusted R-squared: 0.9995
```

```
F-statistic: 2.303e+04 on 2 and 21 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
> RegModel.5 <- lm(Inrencam~Infibcan+Inlluv+Inplan, data=Dataset)
```

```
> summary(RegModel.5)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = Inrencam ~ Infibcan + Inlluv + Inplan, data = Dataset)
```



Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.061222	-0.016182	-0.002184	0.009832	0.074757

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.81580	1.46536	2.604	0.016979 *
Infibcan	-1.49788	0.53777	-2.785	0.011421 *
Inlluv	0.52507	0.11388	4.611	0.000169 ***
Inplan	0.19551	0.05543	3.527	0.002116 **

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.03438 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6593, Adjusted R-squared: 0.6082

F-statistic: 12.9 on 3 and 20 DF, p-value: 0.0000647

```
> cor(Dataset[,c("Infibcan", "Inlluv", "Inplan", "Inrencam")],  
use="complete")
```

	Infibcan	Inlluv	Inplan	Inrencam
Infibcan	1.0000000	0.1933863	0.3100943	-0.1162679
Inlluv	0.1933863	1.0000000	0.1665744	0.6237719
Inplan	0.3100943	0.1665744	1.0000000	0.4703316
Inrencam	-0.1162679	0.6237719	0.4703316	1.0000000

```
RegModel.6 <- lm(Inpolcan~Injm+Intpcil, data=Dataset)
```

```
summary(RegModel.6)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = Inpolcan ~ Injm + Intpcll, data = Dataset)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.020934 -0.005966 -0.001035  0.005985  0.019806

Coefficients:
            Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.681839   1.672033  -1.604   0.12366
Injm         1.217042   0.378901   3.212   0.00419 **
Intpcll     -0.038974   0.006777  -5.751  0.0000104 ***

Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01013 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6951,    Adjusted R-squared:  0.666
F-statistic: 23.93 on 2 and 21 DF, p-value: 0.00000384
> cor(Dataset[,c("Injm","Inpolcan","Intpcll")], use="complete")

           Injm  Inpolcan  Intpcll
Injm      1.0000000  0.4634145 -0.1063754
Inpolcan  0.4634145  1.0000000 -0.7384003
Intpcll  -0.1063754 -0.7384003  1.0000000
```

```
> RegModel.7 <- lm(Inef~Inps+Intpt, data=Dataset)
> summary(RegModel.7)
Call:
lm(formula = Inef ~ Inps + Intpt, data = Dataset)
```

```

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.0101645 -0.0028040 -0.0000498  0.0030174
 0.0058417

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.611274   0.018773  245.636 < 2e-16 ***
Inps        -0.188116   0.022092  -8.515  0.0000000298
***
Intpt       -0.012668   0.005632  -2.249  0.0354 *

Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.004028 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8537,    Adjusted R-squared:  0.8398
F-statistic: 61.29 on 2 and 21 DF, p-value: 0.000000001713
> cor(Dataset[,c("Inef", "Inps", "Intpt")], use="complete")
      Inef   Inps  Intpt
Inef  1.0000000 -0.9047174 -0.5905442
Inps -0.9047174  1.0000000  0.4695749
Intpt -0.5905442  0.4695749  1.0000000

```