

Revista Electrónica Nova Scientia

Reconversión de la cadena agroindustrial de la
caña de azúcar en Veracruz México
Sugarcane agro-industrial chain conversion in
Veracruz México

Noé Aguilar Rivera¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana

México

Noé Aguilar Rivera. E-mail: naguilar@uv.mx

Resumen

La agroindustria azucarera de Veracruz participa con 40 % de la producción nacional de sacarosa e integra actividades agrícolas de crecimiento, cosecha y transporte de caña de azúcar con la producción industrial en ingenios azucareros, destilerías y trapiches piloncilleros. Sin embargo, enfrenta retos con la caída de la productividad y aspectos socioeconómicos que ponen en riesgo la seguridad alimentaria y la reconversión de la agroindustria. El objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad y estrategias de reconversión de la agroindustria azucarera de Veracruz mediante el análisis de la productividad de la cadena agroindustrial en el contexto nacional con el uso de diversas herramientas de análisis como Matriz de ponderación de productividad en campo, ingenios azucareros y municipios productores, zonificación agroecológica y diamante de competitividad. Los resultados establecen que el 40 % de los ingenios azucareros poseen indicadores por encima de la media nacional. Las zonas de abasto cañero presentan en su conjunto 12 % menor productividad en relación a su potencial agroecológico, a pesar que en Veracruz el 57.5 % de su zona productora tiene aptitud edafoclimática al cultivo de media a alta y 30 municipios (33.7 %) poseen recursos y capacidades para reconvertirse. Se concluye que las acciones y estrategias para incrementar la productividad para bioenergía y alimentos en Veracruz debe abordarse desde una perspectiva interdisciplinaria como una interfaz entre la optimización del rendimiento, la ecología, limitantes técnicos y socioeconómicos y la nutrición humana como una cuestión de eficiencia de los recursos disponibles.

Palabras clave: Agroindustria azucarera, reconversión productiva, seguridad alimentaria

Recepción: 11-06-2013

Aceptación: 03-02-2014

Abstract

The sugar industry in Veracruz participates with 40% of the national production of sucrose and integrates agricultural activities of growing, harvesting and transportation of sugarcane with production in sugar mills. However, it has challenges related to low productivity and socio-economic aspects that are a risk to food security and the agro industrial conversion. The goal of this study is to evaluate the capacity and strategies of conversion of the sugar industry in Veracruz by analyzing the productivity of agro-industrial chain in the national context using several approaches such as weighting matrix productivity for sugar mills, sugarcane crops fields and municipalities, agro-ecological zoning and competitiveness diamond. The results show that 40 % of the sugar mills have indicators above the national average. The sugarcane supply zones have a whole 12 % lower productivity in relation to agro-ecological potential, although in Veracruz 57.5 % have medium-high Edaphoclimatic aptitude for sugacane and 30 municipalities (33.7 %) have resources and capabilities to conversion. It's concluded that the actions and strategies to increase the productivity for bioenergy and food in Veracruz should be approached from an interdisciplinary perspective as an interface between performance optimization, ecology, technical and socioeconomic constraints and human nutrition as a matter of efficiency of available resources.

Keywords: Sugar industry, productive reconversion, food security

Introducción

La sacarosa o simplemente azúcar es un alimento (carbohidrato básico y esencial) para el hombre, es una de las sustancias orgánicas más puras que se conocen, contiene 99,96%. Es un disacárido formado por una molécula de glucosa (dextrosa) y una de fructosa (levulosa). Está compuesta de 12 átomos de carbono, 22 átomos de hidrogeno y 11 de oxígeno con formula condensada $C_{12}H_{22}O_{11}$ (oxígeno 51,42%, carbono 42,10%, hidrógeno 6,48%) con peso molecular 342.30. Es un sólido cristalino que carameliza a $160^{\circ}C$, es un azúcar no reductor y polialcohol tiene 3 grupo hidroxilos primarios ($-CH_2OH$, 6,1' y 6') y 5 en posición secundaria ($-CH-OH$, 2, 3, 3', 4 y 4'). Se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción: Azúcar de panela (Brown sugar, piloncillo, rapadura, gur, jaggery) se obtiene con la menor elaboración industrial, tiene un mayor grado de humedad y coloración y menos grado edulcorante puro (75 %), pero conserva gran cantidad de oligoelementos y de vitaminas al no perderlos en el procesado. Crudo, mascabado o moreno (raw sugar): se produce con cristales de tamaño grande y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal. Tiene entre 96 y 98 grados de sacarosa. Cuando el azúcar alcanza los 99,5 grados de sacarosa se denomina blanco (White sugar). Cuando el azúcar ha alcanzado la pureza mayor posible, es decir, entre 99,7 y 99,9 grados, se denomina azúcar refinado (Refined sugar) (Rodríguez et al., 2012).

La agroindustria azucarera de México, es un sector productivo que tiene un gran peso social, expectativas incumplidas, indiferencia ante el cambio de paradigmas, polémicas y futuro incierto, pues de ella dependen directa e indirectamente alrededor de 3 millones de personas que realizan diversas actividades inherentes y complementarias como la siembra, el cultivo, la cosecha, la industrialización, el transporte y la comercialización de un solo producto básico para la alimentación humana, la sacarosa o azúcar de mesa; como resultado de operaciones unitarias de proceso en una factoría denominada “*Ingenio Azucarero*” y en un principio en el *Trapiche* que procesan una única materia prima, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) procedente de un monocultivo cada vez más sensible a las cuestiones ambientales y al posible riesgo que el cultivo intensivo y extensivo de caña de azúcar sustituya a las plantaciones de alimentos para la producción de etanol combustible, debido al potencial energético de la caña de azúcar, y agudizando la deforestación y en consecuencia el impacto ambiental de esta industria. Por lo tanto, ante el crecimiento del sector azucarero para satisfacer la creciente demanda interna de

azúcar, la competencia con otros edulcorantes calóricos y no calóricos y la necesidad de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otras cosas, la seguridad alimentaria en este carbohidrato básico, el aumento y los retos de productividad ante el cambio climático, el uso eficiente de insumos de la naturaleza (agua, sol, viento etc.) y la economía (fertilizantes y agroquímicos diversos), la eliminación de las quemas que anteceden a la cosecha, innovación en la agricultura sustentable, la utilización de los residuos y subproductos (bagazo, melazas, vinazas y cachazas) y una mayor eficiencia en la generación de energía (cogeneración) y metodologías multidisciplinarias de abordaje para el análisis de estrategias para la permanencia y sostenibilidad del sector; por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad y estrategias de reconversión productiva de la agroindustria azucarera de Veracruz México, mediante el análisis de la productividad de la cadena agroindustrial en el contexto nacional, con el uso de diversas herramientas de análisis como Matriz de ponderación de productividad en campo, ingenios azucareros, estados y municipios productores, zonificación agroecológica y diamante de competitividad.

Reconversión de la industria azucarera

Desde la década de 1980 en México se planteaba la reconversión de la agroindustria 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 con seis líneas de trabajo: Restructuración del campo cañero, Modernización técnico-productiva, Capacitación y productividad de la mano de obra, Modernización de la gestión administrativa, Modernización comercial y Saneamiento financiero (Argüello, 2000; González, 1989 y Mosso, 1984) considerando ventajas como la experiencia como país productor de azúcar, disponibilidad de tierra, clima y disponibilidad de mano de obra (ventajas comparativas). Sin embargo, la reconversión de la industria azucarera en México solo significó la venta de la misma como industria paraestatal a particulares y la desaparición de los institutos de investigación azucarera, caso contrario a países como Estados Unidos y Brasil, que en el caso del

primero, la reconversión productiva significo el desarrollo de los jarabes de maíz de alta fructosa para evitar depender en el futuro de sacarosa importada, y en el segundo el desarrollo a gran escala de la industria del etanol de caña de azúcar mediante el programa *PROÁLCOOL* (Strachman, 2011) y el establecimiento de biorefinerías¹ de la caña de azúcar (Días et al., 2013; Brambila-Paz et al., 2013). En este sentido, la relevancia de las innovaciones en el aumento de la competitividad, la productividad y el número de productos derivados de la caña de azúcar para asegurar la seguridad y soberanías alimentaria y energética han mostrado desde esa época un desarrollo marginal ya que son numerosos los factores que pueden evaluarse (Hernández, 2000; Arellano, 2010; Acosta, 2011 y Enríquez, 2012) y establecer que han restringido y/o fomentado la diversificación y reconversión de la industria azucarera (precios del azúcar y petróleo, tecnología, legislación, calidad y cantidad de materias primas, subproductos y tecnología de conversión, costos de producción, impacto ambiental etc.) en un contexto de seguridad alimentaria, y que se han traslapado cíclicamente a través de la historia del edulcorante y la actual estructura productiva de la industria azucarera representada por tres subsectores (campo, fabrica y comercialización) en un esquema productivo tradicional donde el ingenio y en algunas regiones el trapiche piloncillero, son la base absoluta de la supervivencia de la cadena de valor (Figura 1 y 2) cumpliendo las funciones de:

1. Gestiona, administra, canaliza y vigila el crédito que se otorga a los campesinos.
2. Vigila que se cultive la variedad de cana más conveniente para la región, según los resultados obtenidos en los campos del propio ingenio.
3. Programa los tiempos de cultivo y de zafra de su zona de abastecimiento.
4. Planea las nuevas áreas que deben sembrarse con caña.
5. Lleva a cabo el riego, la fertilización y el mejoramiento de suelos, así como el combate a las diversas plagas que afectan la planta.
6. De manera parcial es también el encargado de la mecanización del campo y del transporte de la caña.
7. Contrata los cortadores y paga su salario.

¹ Las biorefinerías son instalaciones, generalmente ya existentes, de transformación de biomasa en una variedad de productos de valor agregado incluyendo combustibles, energía, químicos y productos finales análogos al de las refinerías de petróleo que desarrollan múltiples productos, es decir, estas se conciben como la base tecnológica de una nueva industria basada en la biomasa (Sacramento-Rivero et al., 2010).

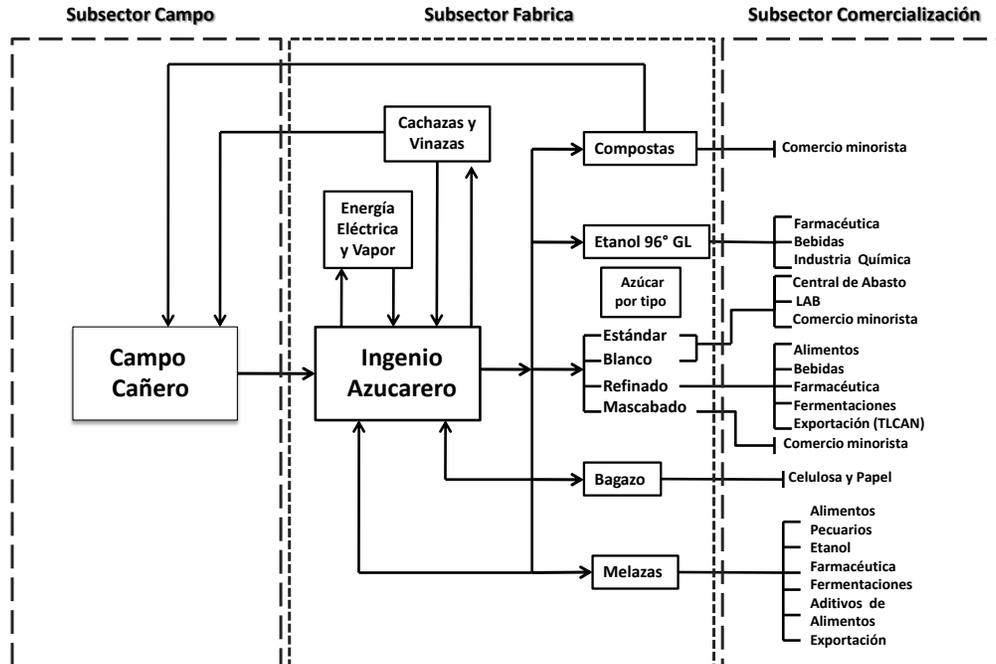


Figura 1. Estructura productiva de la agroindustria azucarera en México (Aguilar et al., 2011)

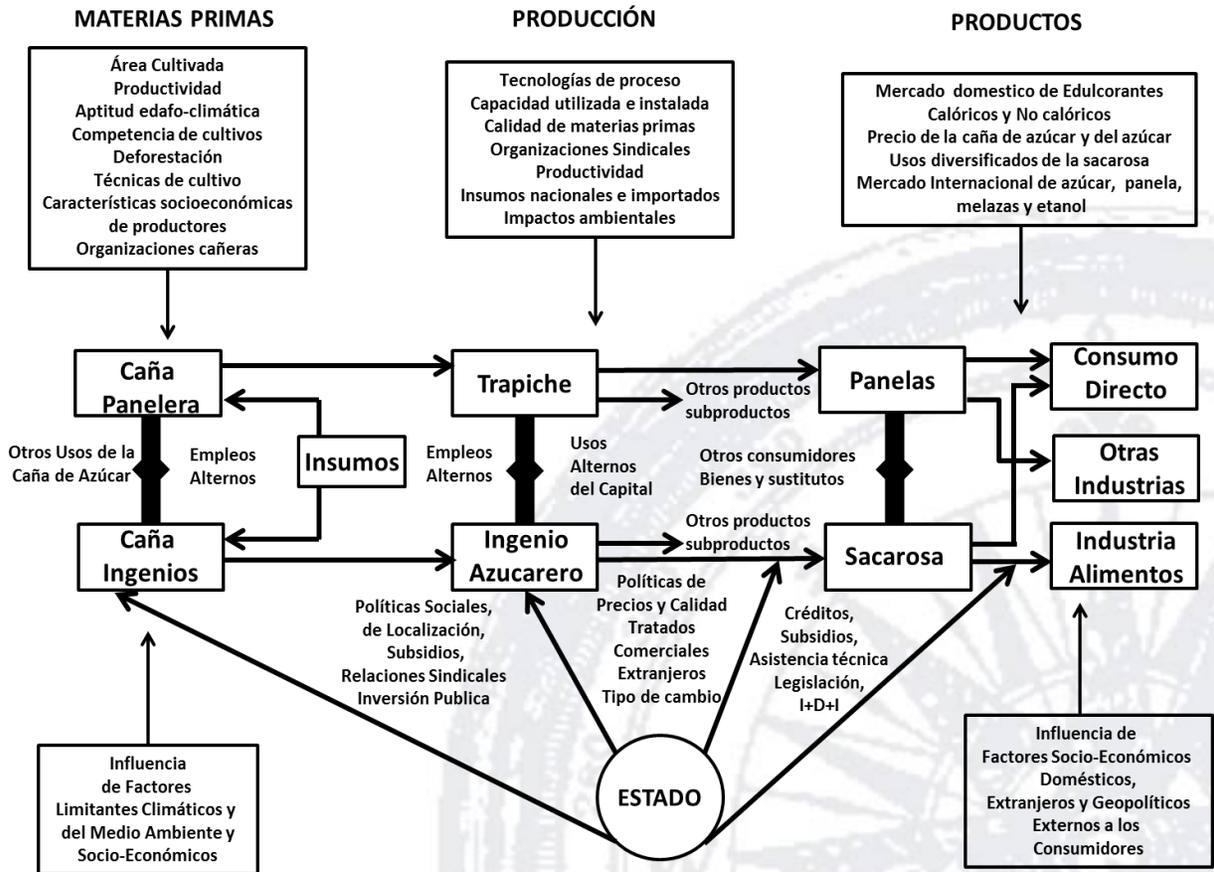


Figura 2. Factores de influencia en la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en México

De forma alterna, estos esquemas productivos generan impactos en el cultivo de la caña genéricos a la agricultura de monocultivos, algunos de ellos son particularmente severos como la quema y requema de cañaverales (Ortiz et al., 2012; De Oliveira 2012; Azeredo et al., 2012) y el uso intensivo de agroquímicos como práctica agrícola convencional (Figura 3).



Figura 3. Impactos ambientales de la agricultura cañera (Basanta et al., 2007)

En este punto, la actividad agrícola cañera para trapiches e ingenios azucareros, requiere el uso de fungicidas, bactericidas, insecticidas, nematocidas, acaricidas, roenticidas y otros plaguicidas (organoclorados, organofosforados y carbamatos). El riesgo asociado con estos productos químicos se derivan de que la mayor parte de sus componentes que van al suelo pueden, en mayor o menor grado, sufrir degradación química, fotoquímica o biológica cuyos efectos son los siguientes: a) la baja biodegradabilidad, hace que su toxicidad persista largo tiempo en el medio ambiente, especialmente los clorados y los fosforados; b) posibilidad de que percolen hasta los acuíferos que pueden servir como agua de consumo humano, c) destrucción del control biológico natural y disminución de la polinización d) rebrotes de plagas, e) la mayoría de los herbicidas son de baja toxicidad aunque la exposición prolongada puede producir efectos severos en los humanos como estupor, somnolencia, náuseas, vómito y convulsiones y f) impactos ecológicos-ambientales produciendo mortalidad de fauna silvestre, fisiológicos, reproductivos, bioquímicos, etiológicos. Por otra parte, la mecanización y el manejo inadecuado de la maquinaria y la mayor periodicidad de las labores mecánicas, afectan la estructura del suelo originando una mayor

compactación e ineficiencia en el sistema de drenaje natural (Hernández-Acosta et al., 2013; Barba-Ho 2012; WWF. 2004). Así mismo en el contexto de cambio climático, los estudios disponibles estiman una caída de hasta el 30 % en la productividad de materia prima, sin embargo, la bioenergía de caña de azúcar se visualiza a nivel mundial como una interfaz entre la optimización del rendimiento, la ecología y la nutrición humana como una cuestión de eficiencia de los recursos y la adaptación al cambio climático (Marín et al., 2013; ISO, 2013; Srivastava, 2012; Seabra et al., 2012; Zuurbier 2008 y Deressa et al., 2005). Sin embargo, no existen trabajos de este tipo para las zonas cañeras de México.

En este sentido, la preocupación por la crisis ambiental, económica y social de la agroindustria azucarera está presente en la mayoría de los discursos y agendas de los principales actores sociales, políticos, económicos y académicos actuales. La mayoría plantea el desarrollo, competitividad, diversificación y reconversión productiva como vías para la solución de esos problemas añejos (Arellano, 2010; García, 2009, 2000; Rappo, 2002 y Hernández, 2000) y los nuevos como el cambio climático y la caída de productividad. Más aún, los adjetivos una agroindustria azucarera sustentable, reconvertida, diversificada y competitiva parecen hoy un concepto generalizado y una condición para la legitimación social de la idea de desarrollo. Sin embargo, son muy variados y distintos los sentidos desde los cuales se conciben los problemas y se plantean los diagnósticos técnicos y socio-económicos y las posibles soluciones. En primer lugar, se trata ante todo de una cuestión eminentemente práctica, y más precisamente política desde el reparto agrario y la publicación de los primeros decretos cañeros, ya que la producción de discursos con pretensión de validez social sobre el desarrollo, diversificación y reconversión de la agroindustria azucarera no está principalmente orientada a definir (ya sea normativa o descriptivamente) cómo es y en qué consisten los pasos para lograr el desarrollo de la misma, sino a legitimar y justificar prácticas, decisiones y formas de intervención en la realidad social de la agroindustria de acuerdo a las conclusiones de Singelmann, (2003, 1979); Gómez Carpinteiro (2001, 1996); Argüello (2000) y Chullen (1996).

Entonces, la necesidad de transformar la agroindustria azucarera constituye una prioridad de seguridad nacional, el reto más importante es hacer de la caña de azúcar una fuente para solucionar tres problemas esenciales: la alimentación, la energía y el medio ambiente. Se concibe entonces la explotación de la caña a partir de un claro y definido concepto: *“Lograr su*

procesamiento óptimo para obtener, además de azúcar de distintas variedades, mayor cantidad de caña de azúcar, subproductos y derivados". Por lo tanto, el objetivo de reconvertir y/o diversificar la agroindustria azucarera ante los retos ambientales y de seguridad alimentaria y energética plantea varias interrogantes: ¿Cuales son los factores que limitan la productividad, reconversión y la diversificación de la agroindustria azucarera en México? ¿Cuál es la condición competitiva de esta industria para crecer, reconvertirse, diversificarse y mantenerse en el mercado?, ¿Qué cambios y políticas públicas diferenciadas específicamente se requieren, para que la agroindustria como productora de bienes básicos para la población sea competitiva? ¿Cómo contrarrestar el impacto de la volatilidad del precio del azúcar en el mercado internacional y el efecto de la sustitución de azúcar de caña por edulcorantes calórico y no calóricos?, ¿Como diversificar los usos de la caña?, ¿Como incrementar el valor y la productividad de la agroindustria?, ¿De qué manera podemos incrementar el uso del azúcar y de los subproductos y coproductos del proceso agroindustrial? ¿Cómo dar a estos un valor añadido? ¿Cómo abordar el paradigma de la diversificación y reconversión de la agroindustria azucarera y la biorefinería de la caña de azúcar? ¿Cuál será el efecto del cambio climático en la competitividad de la agroindustria azucarera? (Aguilar, 2012)

Es decir, los problemas de la agroindustria azucarera son multicausales, multidisciplinarios, dinámicos, de complejidad tal que bordea frecuentemente los límites del caos y su evolución no es natural sino que debe ser dirigida a través de un proceso permanente de administración estratégica y agricultura sustentable desde una perspectiva multidisciplinaria de forma sistémica. Así un paso fundamental para maximizar las oportunidades y las ventajas comparativas y competitivas regionales, es dar seguimiento a los procedimientos de evaluación como instrumentos decisivos para la toma de decisiones y evitar la frecuente confusión terminológica y conceptual muchas veces implícita en los estudios sobre el tema cañero (Arguello, 2000 y Galindo, 2003).

Por lo tanto, con los actuales métodos de análisis, no es posible entender sus partes y sus efectos y las soluciones nunca son óptimas y sus alcances no pueden ser comprendidos al ser abordados metodológicamente desde un solo campo sino que ha de estudiarse a través de la interacción de múltiples disciplinas dentro de las que destacan las ingenierías, biología, geografía, agronomía, economía, administración, gestión pública, educación ambiental, estudios culturales,

participación social y la internacionalización que condiciona la creciente globalización del mundo, la gestión de la agroindustria azucarera y los elementos de la competitividad, la seguridad alimentaria y energética y la realidad del cambio climático.

Agroindustria azucarera de Veracruz México

En el estado de Veracruz, la actividad de la agroindustria la inician los conquistadores españoles en el año 1519 cuando Hernán Cortés trajo la caña de azúcar de Cuba a la región de San Andrés Tuxtla, Ver., cultivándola en Santiago Tuxtla a orillas del río Tepengo en el año 1524 y se realizó la instalación del primer Trapiche en 1526 en un lugar hoy conocido como Paso del Ingenio. Presenta una larga historia derivada del uso de la tierra como factor de producción y poder político; y al transitar desde la colonia para satisfacer las necesidades del mercado nacional y europeo con un modelo de producción basado en la fuerza de trabajo (economía pre capitalista de tipo primario), a otro caracterizado por la incorporación de maquinaria industrial durante el porfiriato, con la creación de la institución del ejido en 1937 y los decretos cañeros de 1943, 1974, 1975, 1981 y 1991 y la Ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar de 2005 que establecieron la relación entre industriales y productores y específicamente en lo que se refiere a las zonas de abasto y el pago de la materia prima y la expansión del cultivo desde la década de 1970. Actualmente constituye el principal cultivo perenne y agroindustrial del estado y aporta el 39.7 % del total de la superficie cosechada y del 37.8 al 39.6 % del azúcar producido a nivel nacional en la última década. Se localiza en 173 municipios y 50,596 unidades de producción que constituyen 25 zonas de abasto cañero para ingenios azucareros y trapiches piloncilleros del estado de Veracruz, San Luis Potosí y Oaxaca (Figura 4), Sin embargo, actualmente a nivel nacional, presenta una productividad, en los indicadores del sector azucarero, de media a baja (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores productivos de la agroindustria azucarera de Veracruz México (CNPR, 2013)

Indicador/Zafra	2000/2001	2010/2011	Diferencia
Ingenios	22	19	-13.64
Rendimiento de campo (t/ha)	74.17	59.707	-19.50
Rendimiento agroindustrial (t/ha)	8,111	6,984	-13.89
Superficie Cosechada (ha)	241,256	270,902	+12.29
Sacarosa en caña (%)	13.490	13.982	3.65
Fibra en caña (%)	13.14	13.495	2.70
Operación del campo			

Frentes de corte (#)	21	19	-9.52
Cortadores (#)	1,732	1,719	-0.75
Vehículos de acarreo (#)	270	329	21.85
Caña cosechada mecánicamente (%)	7.110	9.709	36.55
Caña alzada mecánicamente (%)	76.281	85.309	11.84
Precio de caña neta (\$/Ton)	308.26	719.48	133.40
Fábrica de Azúcar			
Caña molida neta (t)	17,262,712	15,618,455	-9.52
Perdidas de sacarosa (%)	2.25	2.318	3.02
Eficiencia de fábrica (%)	82.883	83.429	0.66
Rendimiento de fábrica (%)	11.01	11.70	6.27
Tiempos perdidos totales (%)	25.90	17.33	-33.09
Producción de derivados de la caña de azúcar (Coproductos y subproductos)			
Sacarosa (t)	1,956,940	1,892,096	-3.31
Refinado (t)	807,053	696,354	-13.72
Estándar (t)	1,121,062	1,150,391	2.62
Mascabado (t)	28,825	45,351	57.33
Etanol (L)	41,778,451	5,196,380	-87.56
Rendimiento Etanol (L/t de miel)	290.75	231.695	-20.31
Melazas (t)	618,105	577,929	-6.50
Mieles a 85° Brix por ton. de caña	36.048	35.730	-0.88
Mieles a 85° Brix a fab. de alcohol (t)	70,907	22,428	-68.37
Cachaza (t)	741,761	742,867	0.15
Cachaza en caña (%)	4.487	4.593	2.36
Bagazo (t)	5,175,583	4,740,284	-8.41
Bagazo industrializado (t)	437,117	603	-99.86
Energía eléctrica por quema de bagazo (KWH)	268,846,821	272,440,824	1.34
Generación de vapor por quema de bagazo (t)	10,664,242	9,370,163	-12.13
Balance térmico y energético			
Consumo de energía eléctrica de CFE (KWH)	15,031,898	11,074,065	-26.33
Consumo de Combustóleo de PEMEX (L)	296,437,388	65,441,521	-77.92
Petróleo consumido en fábrica por ton. de caña (L)	13.575	3.490	-74.29
Consumo de e. eléctrica por ton. de caña	16.527	17.528	6.06
Consumo de vapor por ton. de caña	0.610	0.579	-5.08

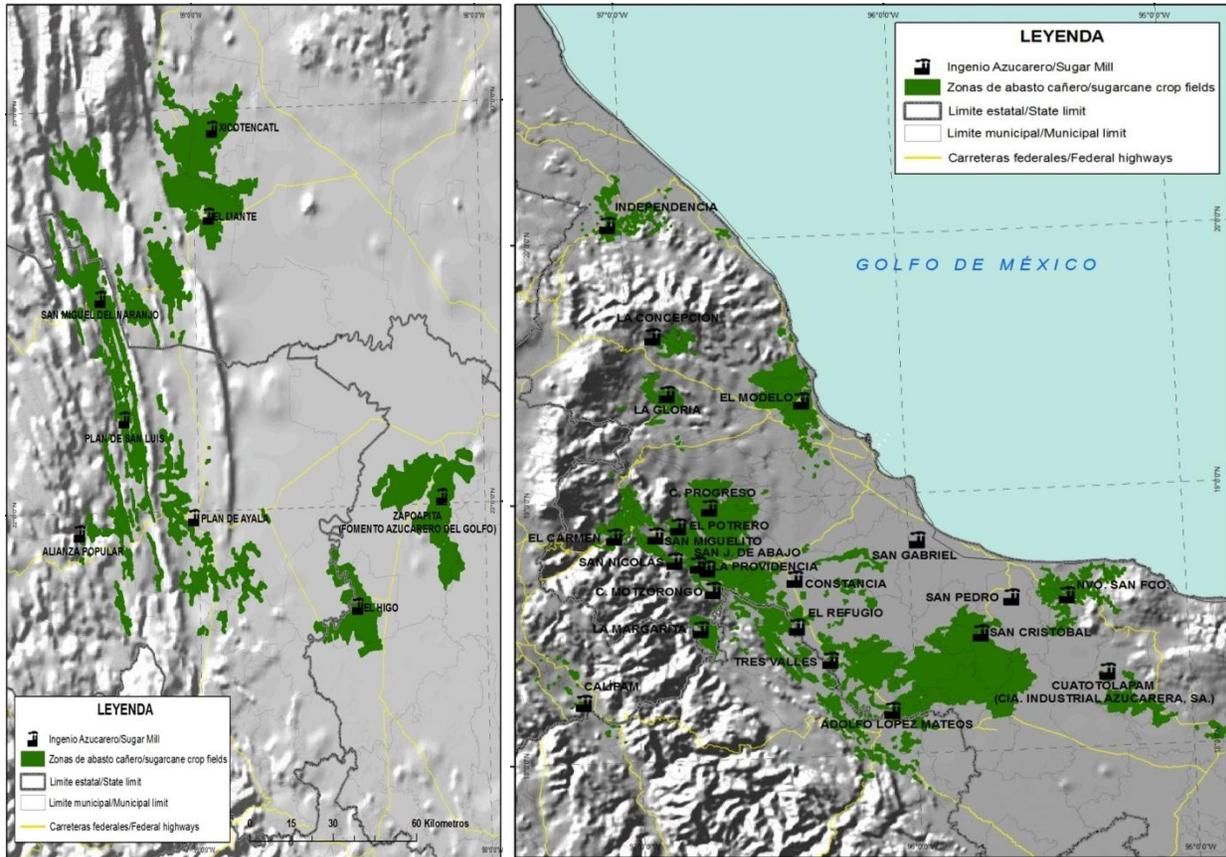


Figura 4. Zona cañera de Veracruz México

Evidentemente, el sector de la caña de azúcar en Veracruz ha perdido productividad en la última década y se enfrenta a la baja rentabilidad. La problemática mayor de la agroindustria azucarera estriba en la recuperación agrícola, donde el rendimiento promedio actual (61.676 t/ha) en la zafra 2011/2012 ha descendido 9 t/ha caña debido a causas multifactoriales como resocas, plagas y enfermedades, sequias, tamaño minifundista de la unidad productiva etc.; y se refleja en la superficie necesaria para producir una tonelada de azúcar y en la caída de la producción de etanol que no impacta consistentemente el balance local entre “oferta” y “demanda (Figuras 5 al 7).

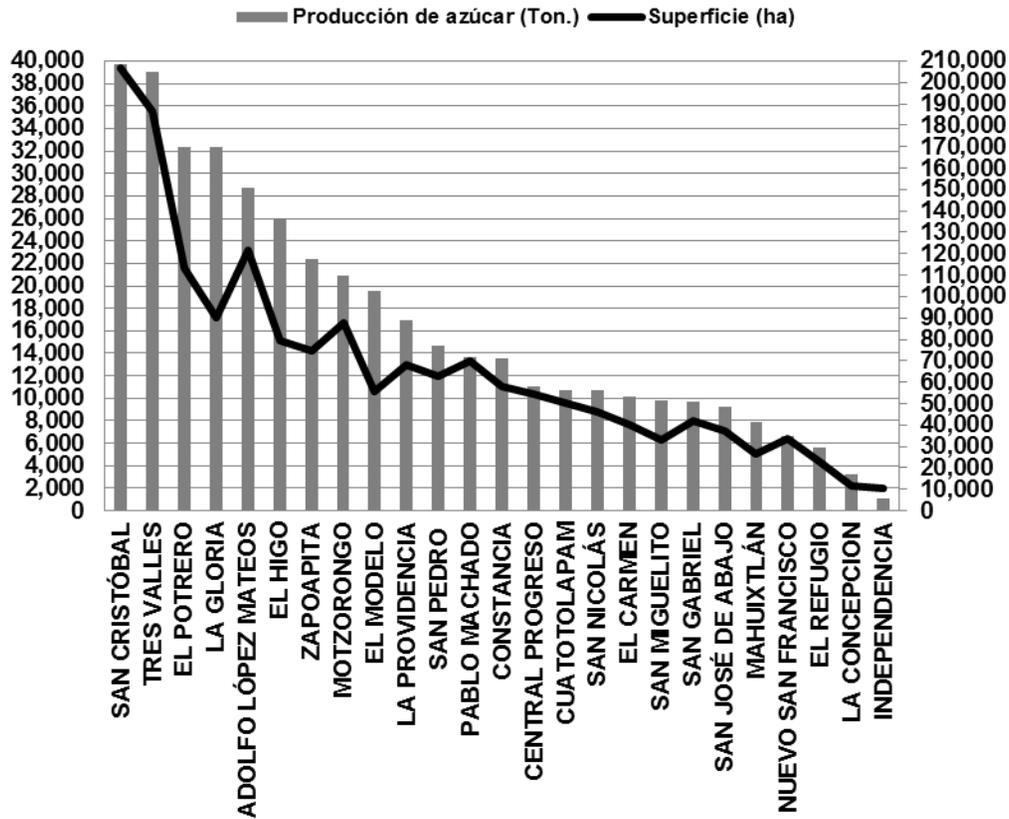


Figura 5. Superficie cosechada de caña de azúcar y producción de azúcar por ingenio azucarero (promedio zafras 1999 a 2012)

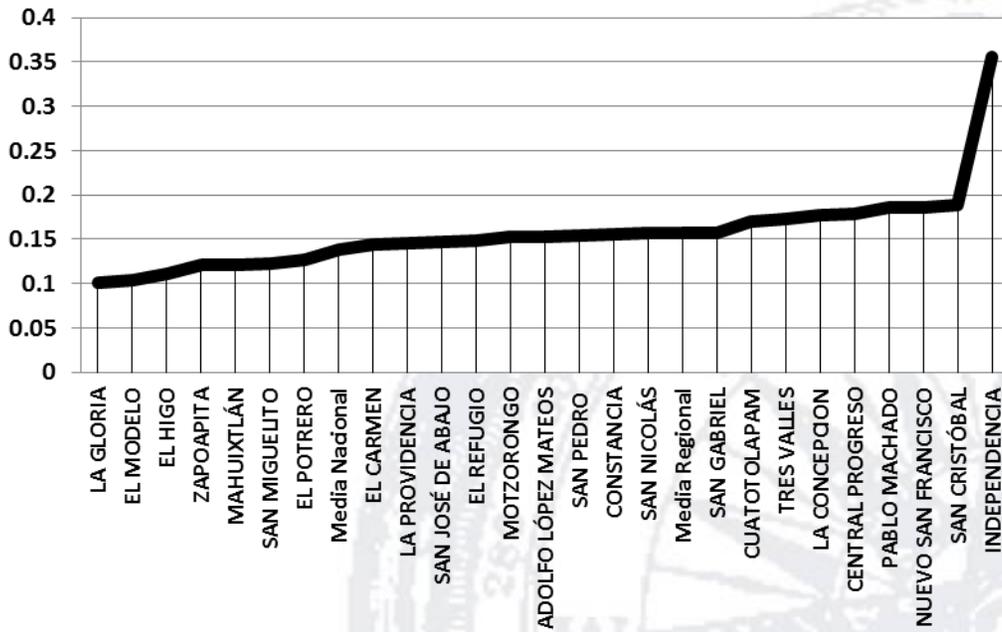


Figura 6. Relación superficie cosechada/producción de azúcar (índice de producción) (promedio zafras 1999 a 2012)

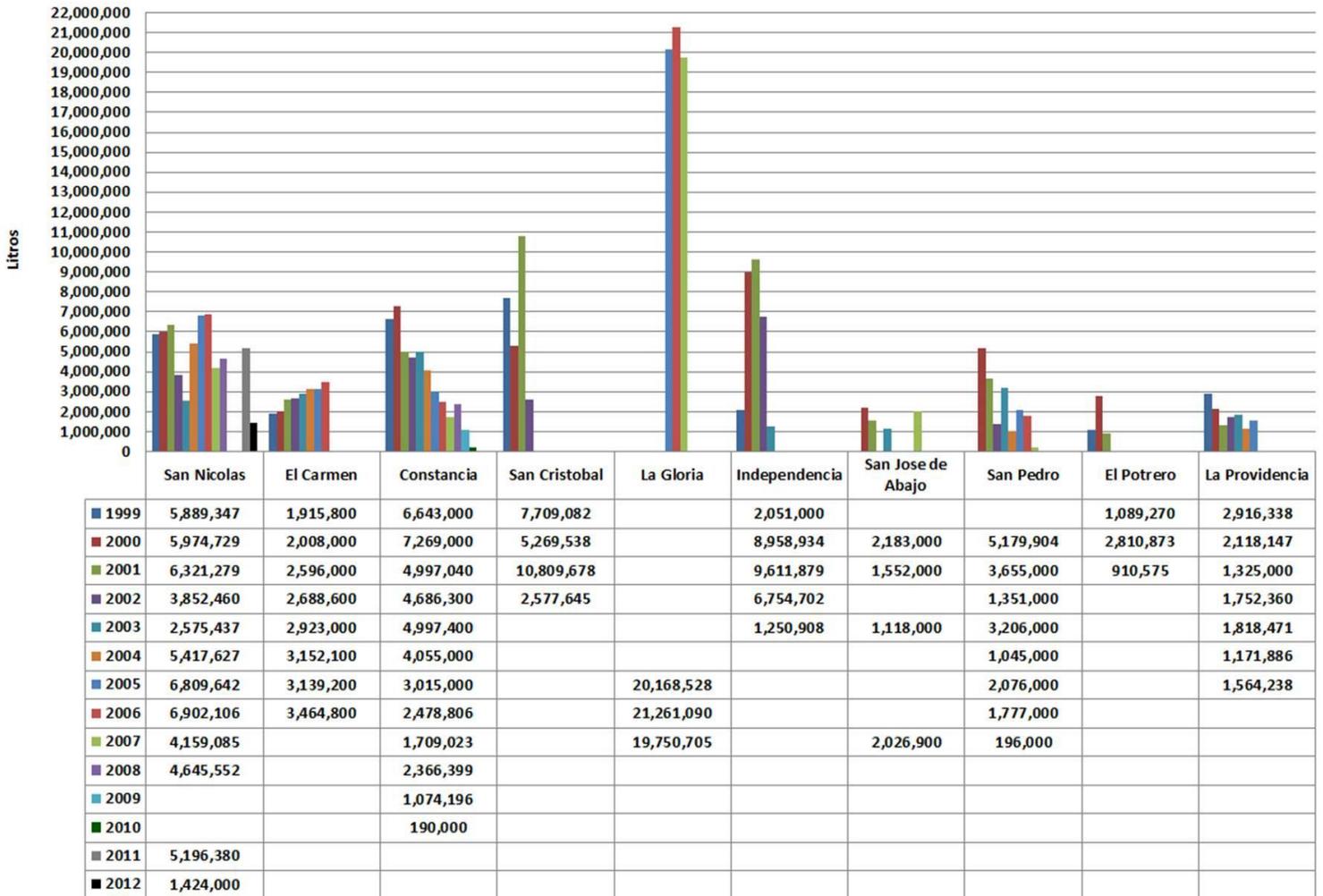


Figura 7. Producción de etanol en ingenios azucareros de Veracruz México

Para Veracruz tan solo los ingenios azucareros: La Gloria, El Modelo, El Higo, Mahuixtlan, San Miguelito y El Potrero se encuentran por encima de la media nacional en la relación superficie/producción de azúcar. Por lo que los efectos que puede generar el estancamiento económico o insuficiencia de oferta de caña de azúcar, de este sector agroindustrial primario, que como actividad económica estructurante no puede ser desechado o sustituido por otro por su multifuncionalidad (alimentos, energéticos, fibras, función medio ambiental, social y rural entre otros), hace necesario generar múltiples escenarios con el fin de crear alternativas y facilitar procesos de decisión y ejecución para revertir o minimizar la productividad marginal (caña de azúcar, subproductos, etanol, azúcares, energía). En este sentido, la productividad del cultivo de caña de azúcar y la agroindustria en su conjunto, requieren nuevos abordajes prácticos que permitan a priori de forma confiable y útil la toma de decisiones y políticas públicas en

planeación y gestión de actividades productivas y la supervivencia de la actividad productiva como ente social.

Índice de productividad de ingenios azucareros de Veracruz México

En las zonas cañeras no se ha logrado establecer una simbiosis con nuevos abordajes metodológicos y sistémicos que consideren la complejidad del cultivo de caña de azúcar e integrar información procedente de diversas disciplinas tales como la meteorología, climatología, edafología, manejo de cultivos, fisiología vegetal y tecnologías de producción, y los factores espaciales (suelo, clima, topografía, infraestructura, etc.) que sin duda, influyen en la competitividad de un predio y los trabajos convencionales de campo donde los ingenios azucareros solo toman en cuenta una serie de factores basados en la experiencia, entre ellos se destacan: la percepción de los patrones de crecimiento en cada predio, el desarrollo de la zafra anterior, las condiciones agroclimáticas pasadas y previstas, el estado del cañaveral, y las estimaciones de superficie, rendimientos culturales y rendimientos fabriles realizadas en pre-zafra.

Uno de estos abordajes es la matriz de ponderación de factores de productividad de la agroindustria azucarera (Galindo et al, 2010 y Martínez 1998) considerando los subsistemas campo y fábrica y a partir de los datos de instituciones oficiales y sectoriales es posible obtener un índice de productividad de clasificación de ingenios (Cuadros 2 y 3)

Cuadro 2. Matriz de ponderación de productividad de ingenios azucareros

Ingenio:		Grupo azucarero:				Zafra:	
Factores de productividad	Unidad	Puntos				Peso	Subtotal
		4	3	2	1		
Superficie cosechada	Miles ha	>12	12-10	10-6	<6	1	
Azúcar producida	Miles t	>80	80-70	70-50	<50	3	
Rendimiento de fábrica	%	>10	10-9	9-8	<8	3	
Extracción de sacarosa	%	>81	81-78	78-75	<75	3	
Pureza del jugo mezclado	%	>85	85-83	83-80	<80	3	
Pérdidas totales de sacarosa	%	<2	2-2.5	2.5-3	>3	4	
Total Fábrica de azúcar							
Índice de Fábrica de azúcar							
Caña molida	Miles t	>334	202-334	72-202	<50	3	
Rendimiento agroindustrial	t/ha	>8	8-7	7-6	<6	3	
Rendimiento de campo	t/ha	>100	100-80	80-70	<70	3	
Fibra en caña	%	<12.5	12.5-14	14-15	>15	3	
Sacarosa en caña	%	>15	15-13	13-11	<11	4	
Total campo cañero							
Índice de campo cañero							
Total Ingenio							
Índice de ingenio							
Índice de Campo (Total campo/0.8)	Índice de fábrica (Total fábrica/0.56)	Índice de ingenio (Total campo+fábrica/1.36)			Clasificación final (campo+fábrica+ingenio)		

Alta productividad 100-75 Media Productividad 74-65	Baja productividad 64-55 Muy baja productividad <55	Nivel de clasificación de ingenios azucareros
--	---	--

Cuadro 3. Índice de productividad de Ingenios azucareros de Veracruz (Promedio zafra 1999/2012)

Calificación			Fábrica de azúcar					Campo Cañero			
No.	Ingenio	Valor	Rendimiento de fábrica (%)	Eficiencia de Fábrica (%)	Tiempos perdidos (%)	Consumo de petróleo/t caña	Perdidas de sacarosa (%)	Capacidad de Abastecimiento de caña (%)	Rendimiento de Campo (t/ha)	Relación sacarosa/fibra	Sacarosa en caña (%)
1	A. López Mateos	0.915	11.73	87.389	14.95	3.344	1.89	87.7	55.76	1.041	13.354
2	El Potrero	0.878	12.71	87.213	7.04	5.736	2.1	79.2	59.937	1.093	15.076
3	El Modelo	0.873	11.66	86.01	8.66	0.424	2.07	89.2	82.675	1.065	13.542
4	Providencia	0.858	11.48	83.057	10.5	8.356	2.43	89.3	58.529	1.187	14.117
5	Tres Valles	0.858	11.74	87.744	10.88	4.465	1.9	93.9	48.927	1.117	13.442
6	Zapoapita	0.833	11.83	81.585	20.32	1.321	2.73	83.9	68.743	0.835	12.002
7	La Gloria	0.822	12.01	85.343	17.22	0	2.04	78.5	81.846	1.083	14.095
8	Central Motzorongo	0.816	11.18	84.365	21.87	4.98	2.71	79.6	54.056	1.114	14.267
9	El Higo	0.792	11.31	85.212	16.08	0.003	2.07	83.9	76.381	0.970	13.821
10	Mahuixtlan	0.771	11.75	85.925	17.29	0	1.89	101.6	70.563	1.053	13.542
11	Central Progreso	0.768	12.54	85.443	19.18	0.337	2.42	90.5	43.189	0.970	15.068
12	Constancia	0.768	11.7	84.055	14.82	0	2.25	78.2	53.401	1.067	14.297
13	San Miguelito	0.726	11.7	82.457	16.21	1.891	2.73	82	71.09	0.999	13.782
14	San Nicolás	0.717	10.99	84.586	9.98	8.966	2.38	92.3	56.084	0.985	13.442
15	San Cristóbal	0.716	10.08	81.399	22.93	9.249	2.4	78.4	51.087	1.024	12.712
16	San José de Abajo	0.713	11.01	80.73	15.48	6.813	2.72	84.8	57.583	1.152	14.65
17	La Margarita	0.712	12.24	81.983	13.09	2.482	2.71	80.5	41.8	1.082	15.644
18	San Pedro	0.647	9.12	83.515	34.09	4.704	2.07	62.3	62.918	0.884	12.24
19	El Refugio	0.571	11	82.96	37.38	0	3.08	64	56.102	1.051	14.388
20	El Carmen	0.541	10.57	82.361	21.86	21.197	2.39	84.4	66.872	0.918	12.618
21	Cuatotolapam	0.520	9.48	80.001	11.54	11.437	3.6	81.3	55.939	0.889	13.088
22	Nuevo San Fco.	0.492	8.62	78.423	30.46	1.372	2.59	68.2	58.033	0.917	11.792
23	Independencia	0.411	6.29	67.885	73.67	12.916	4.72	28.1	44.74	0.771	10.971
24	La Concepción	0.400	8.58	69.734	51.32	27.42	3.71	36.9	64.082	0.891	12.244
25	San Gabriel	0.386	8.83	67.885	32.57	8.114	4.17	68.5	54.11	0.906	12.971
	Media Regional	0.700	10.80	81.89	21.97	5.82	2.63	77.88	59.77	1	13.48
	Media Nacional	0.788	11.12	81.80	18.6	4.8	2.53	80	67	1	13.7

Estos indicadores de la Organización Internacional del Azúcar (ISO, 2005) reflejan la eficiencia general de la fábrica de azúcar, desde el cultivo de caña a la producción de azúcar, son puntos de referencia como parámetros comparativos de medición del rendimiento que indican el nivel de eficiencia y productividad de una fábrica a otra, incluso entre los diversos países. En este sentido, a priori puede establecerse una clasificación de ingenios de acuerdo a los subsistemas campo y fábrica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Productividad de los ingenios veracruzanos

Subsistema campo cañero				Subsistema fábrica de azúcar			
No.	Ingenio	No.	Ingenio	No.	Ingenio	No.	Ingenio
1	El Higo	14	San Nicolás	1	A. López Mateos	14	Mahuixtlan
2	La Gloria	15	San Cristóbal	2	Tres Valles	15	La Margarita
3	El Modelo	16	C. Progreso	3	El Potrero	16	San José
4	Mahuixtlan	17	El Carmen	4	Providencia	17	San Pedro
5	C.Motzorongo	18	Constancia	5	Zapoapita	18	San Miguelito
6	El Potrero	19	San Pedro	6	El Modelo	19	Nuevo San Fco
7	San Miguelito	20	Cuatotolapam	7	Constancia	20	El Carmen

8	Providencia	21	El Refugio	8	C. Progreso	21	El Refugio
9	Zapoapita	22	La Concepción	9	C.Motzorongo	22	Cuatotolapam
10	Tres Valles	23	Independencia	10	La Gloria	23	Independencia
11	A. López M.	24	San Gabriel	11	San Cristóbal	24	San Gabriel
12	San José	25	Nuevo San Fco.	12	San Nicolás	25	La Concepción
13	La Margarita			13	El Higo		

En este sentido, en el cuadro anterior, puede establecerse una diferenciación preliminar que tipifica a los ingenios azucareros con el mejor campo o fábrica de azúcar o la correcta aplicación de la tecnologías en ambos; sin embargo, la metodología aplicada para este periodo establece una estructura de ingenios considerando todos y cada uno de los factores en campo y fábrica, en dos grupos de alta y media a baja productividad es decir por encima y debajo de la media nacional mediante la determinación del índice de productividad como indicador compuesto. Para el primer grupo formado por 10 ingenios: Adolfo López Mateos, El Potrero, El Modelo, Providencia, Tres Valles, Zapoapita, La Gloria, Central Motzorongo y El Higo presentaron en su conjunto indicadores positivos en campo y fabrica, inclusive por encima de la media nacional, principalmente en las características de la fábrica de azúcar con respecto al máximo de su capacidad en cada fase de transformación (manejo de caña, molienda, planta de vapor, planta eléctrica, clarificación, evaporación, tachos, condensación y vacío, cristalizadores, centrifugación, refinería, secado y envase) el nivel de automatización, y el estado de la tecnología (obsolescencia, innovaciones, mantenimiento y la formación y capacitación de los operadores). Sin embargo para el segundo grupo integrado por 15 ingenios azucareros: Mahuixtlan, Central Progreso, Constanca, San Miguelito, San Nicolás, San Cristóbal, San José de Abajo, La Margarita, San Pedro, El Refugio, El Carmen, Cuatotolapam, Nuevo San Francisco, Independencia, La Concepción y San Gabriel la productividad en campo es un tema prioritario que permitirá en el corto y mediano plazo recuperar la rentabilidad, principalmente en esta zonas de abasto cañero que son altamente vulnerables a los efectos edafo climáticos y se caracterizan por una *alta fragilidad a los cambios del entorno* (plagas, enfermedades, sequias etc). Este grupo se caracteriza por presentar baja cantidad y calidad de materia prima, es decir, Rendimiento de campo y agroindustrial, relación sacarosa/fibra y capacidad de abastecimiento cañero por debajo de la media nacional, inclusive la media regional, y gran parte de sus atributos de calidad condicionan el desempeño de las fábricas de azúcar y etanol y en futuros escenarios de cambio climático estas zonas tendrían comprometida fuertemente la disponibilidad de tierra cultivable

con aptitud para el cultivo, el clima óptimo y la mano de obra barata. En este sentido, los estudios de regionalización, zonificación y lotificación para determinar el potencial productivo de las zonas cañeras en México, se encuentran limitados por la baja disponibilidad de información, tanto estadística como cartográfica, en relación al medio físico y las potencialidades de diversas regiones productoras de caña de azúcar; la información temporal y espacial ha sido tradicionalmente limitada y con actualización irregular.

Para Veracruz, el trabajo de Olvera et al., (2013) establece que de la superficie total de oferta de caña de azúcar (328,420 ha), se clasifica 3.68 % (12,085.86 ha) como de alto potencial productivo al cultivo, 53.8% (176,689.96 ha) medio y 45.52 % (139,644.18 ha) bajo o muy bajo. Las áreas de alto potencial para producción de caña de azúcar se concentran espacialmente en el Ingenio El Higo que tiene actualmente uno de los mayores rendimientos regionales (80 t/ha). Las zonas de mediano potencial se agrupan en torno a los ingenios azucareros de El Modelo, La Gloria, El Potrero, San José de Abajo, San Miguelito, Nuevo San Francisco, San Pedro, Zapoapita, Central Progreso, Independencia, La Constancia, San Nicolás, Central Motzorongo, La Providencia y El Carmen (≥ 60 t / ha). La mayor parte de la zona con un bajo potencial está en Mahuixtlán, Cuatotolapan, San Cristóbal, San Gabriel, Tres Valles (≥ 45 t / ha) y La Concepción. Estos ingenios son de régimen de temporal o secano y se caracterizan por una alta variabilidad climática (Cuadro 5 y Figura 8).

Cuadro 5. Aptitud de tierras al cultivo de caña de azúcar (%) en Veracruz México

Zona de Abasto cañero	Área Sembrada (ha)	Aptitud al cultivo (%)				Régimen de Cultivo	Rendimiento de campo (t ha ⁻¹)	Rendimiento de campo Potencial (t ha ⁻¹)	Diferencia (t ha ⁻¹)
		Alta	Media	Baja	Muy Baja				
El Higo	16,447	60.23	38.21	1.56	0.00	Riego	80.06	91.66	-11.6
San Francisco	8,672	7.22	79.16	13.62	0.00	Secano	39.25	78.04	-38.79
El Modelo	9,356	5.11	94.84	0.05	0.00	Riego	75.19	81.01	-5.82
San Pedro	11,844	3.96	77.70	18.34	0.00	Secano	52.60	76.21	-23.61
Independencia	1,365	3.53	67.43	29.05	0.00	Secano	43.47	73.44	-29.97
Tres Valles	34,807	2.49	29.69	67.82	0.00	Secano	52.80	63.54	-10.74
Central Motzorongo	17,279	2.14	55.38	42.49	0.00	Secano	63.34	69.81	-6.47
Zapoapita	15,264	2.02	76.23	21.74	0.00	Riego	80.46	74.97	5.49
San Nicolás	11,147	1.87	56.48	41.65	0.00	Secano	56.78	69.96	-13.18
El Potrero	21,201	1.63	87.99	10.38	0.00	Secano	61.67	77.73	-16.06
La Gloria	15,908	1.18	94.66	3.91	0.26	Riego	76.00	79.16	-3.16
San Gabriel	7,998	0.43	27.79	71.77	0.00	Secano	47.79	62.14	-14.35
San Miguelito	5,279	0.13	86.91	12.96	0.00	Secano	65.90	76.78	-10.88
La Constancia	15,090	0.08	66.61	33.31	0.00	Secano	52.85	71.69	-18.84
Central Progreso	11,127	0.04	68.91	31.05	0.00	Secano	56.30	72.24	-15.94
El Carmen	8,165	0.03	50.55	49.42	0.00	Secano	52.60	67.65	-15.05
Adolfo López M.	26,040	0.02	14.68	85.30	0.00	Secano	54.33	58.68	-4.35
La Margarita	13,741	0.02	12.36	87.62	0.00	Secano	50.43	58.10	-7.67
San Cristóbal	35,865	0.00	19.95	80.05	0.00	Secano	47.19	59.99	-12.8
Cuatotolapan	9,097	0.00	2.36	97.62	0.03	Secano	48.15	55.14	-6.99
El Refugio	6,996	0.00	61.59	38.41	0.00	Secano	49.67	55.59	-5.92
La Concepción	1,378	0.00	31.53	68.47	0.00	Secano	64.08	62.88	+1.2

La Providencia	10,578	0.00	55.09	44.91	0.00	Secano	61.83	68.77	-6.94
Mahuixtlan	5,695	0.00	1.13	97.89	0.98	Secano	63.40	70.40	-7
San José de Abajo	8,081	0.00	87.91	12.09	0.00	Secano	57.51	76.98	-19.47
Total Regional	328,420	3.68	53.8	42.46	0.06	84 % Secano 13 % Riego	58.15	70.11	-11.95

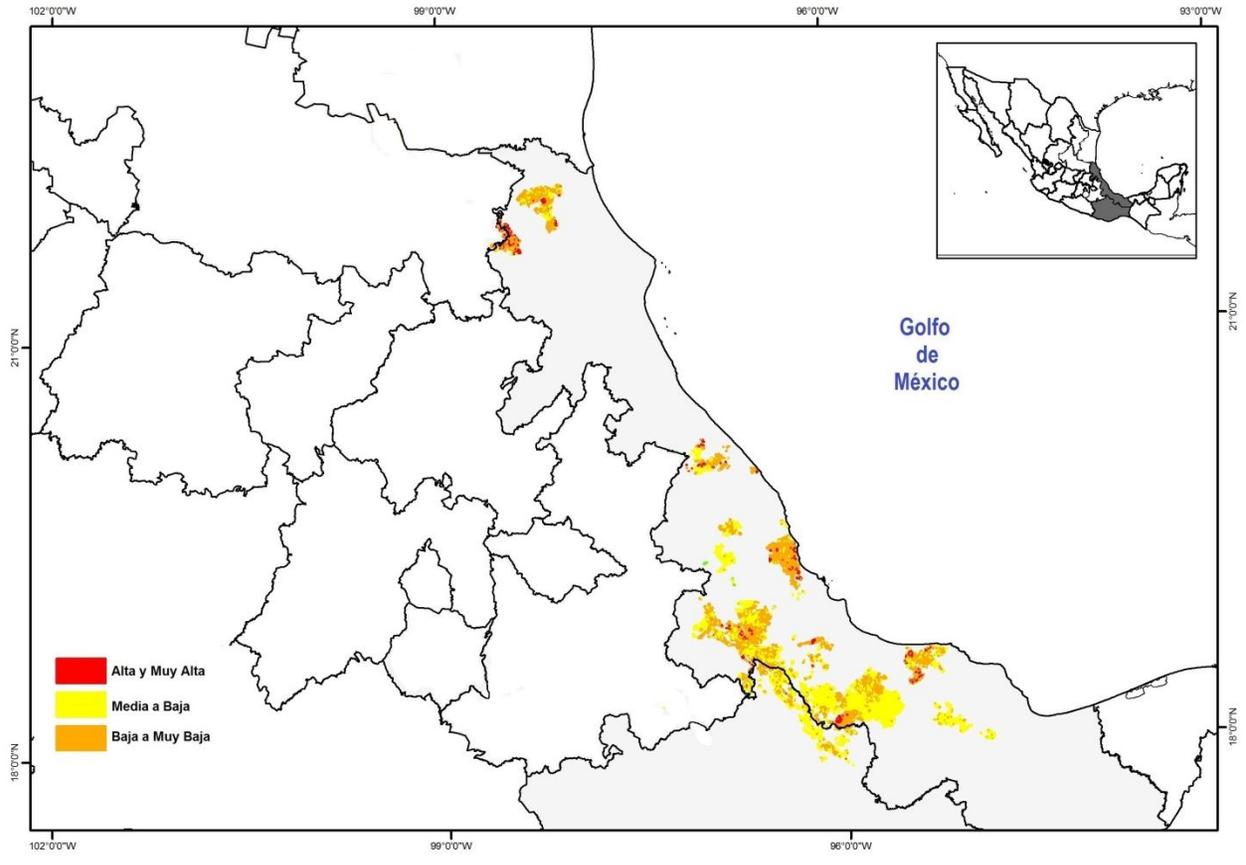


Figura 8. Variabilidad espacial de la aptitud agroecológica en los ingenios azucareros del estado de Veracruz

En esta zona cañera, de acuerdo a Brunini et al., (2010), la aptitud agroclimática al cultivo de caña de azúcar tiene un impacto importante, ya que determina la capacidad del territorio para producir materia prima, en cantidad y calidad, por ciclo productivo y expandir la frontera agrícola actual para proyectos de reconversión o diversificación productiva o biorefinerías. Estos efectos están estrechamente vinculados con la calidad del suelo, las condiciones climáticas y la afectación por plagas bajo régimen de secano o temporal como factores ambientales. Por lo tanto, existe un fuerte vínculo entre la aptitud y el tipo de gestión agrícola y las limitantes socioeconómicas de los productores y regiones productoras que determinan el desarrollo agrícola en la región que presenta en su conjunto 12 % menor productividad en relación a su potencial agroecológico.

Factores socioeconómicos para la reconversión productiva

Para las agroindustrias y de acuerdo Eakin *et al.* (2011) y desde los trabajos de Pope (1980) se han planteado que además de los factores ecológicos o ambientales del cultivo (rendimientos, calidad agroindustrial, ciclo productivo, afectaciones por plagas y enfermedades etc.) existen numerosos criterios sociales como apoyos gubernamentales, asistencia técnica, acceso a crédito, diversificación del ingreso agrícola, participación en organizaciones de productores, acceso a capacitación, educación, acceso a energía y servicios públicos, disponibilidad de mano de obra familiar, diversificación de cultivos, infraestructura rural, proximidad a mercados, redes sociales, disponibilidad de riego y tamaño de la unidad productiva entre otros que condicionan al productor agroindustrial a establecer diversas estrategias de competitividad (incremento de productividad, rentabilidad, reconversión y diversificación de cultivos o actividades productivas) o aun la supervivencia de la actividad productiva base (Figura 9).

Factores Limitantes		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Financieros o de capital	Acceso a Crédito	●	●	●	●		●	●	●	●	
	Diversificación del Ingreso Agrícola	●	●	●		●	●	●	●	●	
	Apoyos Gubernamentales	●	●	●	●	●	●	●			●
Humanos	Educación	●		●	●					●	●
	Disponibilidad de Mano de Obra Familiar					●	●	●	●	●	
	Acceso a Capacitación	●	●	●	●			●	●	●	●
	Asistencia Técnica	●	●	●	●		●	●		●	●
Productivas	Diversificación de Cultivos	●		●		●					
	Disponibilidad de Riego					●	●	●			
	Tamaño de la Unidad productiva						●				
	Infraestructura Rural	●		●	●			●		●	
Sociales	Proximidad a Mercados				●			●		●	
	Acceso a Energía y Servicios Públicos	●	●	●	●		●			●	
	Participación en Organizaciones de Productores	●		●	●		●			●	●
	Redes Sociales		●						●	●	●

A Cambio en las prácticas agrícolas, *B* Cambio de variedades comerciales establecidas, *C* Cambio de cultivos, *D* Cambio de estrategias de mercados, *E* Reducción de la superficie sembrada y cosechada, *F* Incremento del área sembrada y cosechada, *G* Incremento de labores productivas, *H* Migración, *I* Nuevas actividades económicas, *J* Organización de productores

Figura 9. Estrategias y acciones del producto en relación a diversos factores limitantes (adaptado de Eakin *et al.* 2011)

Sin embargo, para el análisis del impacto de estos factores o limitantes socio-económicos es necesario incorporar de forma integradora la mayor cantidad de variables o factores, porque muestran en su conjunto, la importancia regional y sectorial de la actividad productiva y sus capacidades y recursos para reconvertirse. Se empleó la metodología de Evaluación Multicriterio de Jerarquías Analíticas (AHP) de Aguilar (2011) para la determinación del peso de cada factor y

la construcción de un instrumento de evaluación y ponderación y la determinación de un índice de reconversión o diversificación para estados cañeros y de los principales municipios productores de la gramínea en la región Golfo (89 en total, 74 de Veracruz, 14 de Oaxaca y 1 de San Luis Potosí), con datos de SIAP (2010) (Cuadros 6 al 10).

Cuadro 6. Pesos de los criterios de reconversión de estados y municipios cañeros (Aguilar, 2011)

Criterios para la diversificación del campo cañero	Tipo de criterio	Peso
Destino de la producción cañera diferente a ingenios o experiencia en proyectos de diversificación cañera	Socioeconómico	0.155
Rendimiento de campo de la unidad productiva cañera (t/ha)	Ecológico	0.144
Superficie cañera con afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades (%)	Ecológico	0.123
Unidades productivas con acceso a crédito (%)	Socioeconómico	0.117
Superficie cañera con distancia al ingenio mayor a 5 km (%)	Socioeconómico	0.106
Superficie cañera con riego (%)	Socioeconómico	0.077
Índice de Desarrollo Humano (salud, educación e ingreso)	Socioeconómico	0.075
Superficie cañera con diversificación de ingresos diferentes a la caña de azúcar (%) o experiencia en proyectos de diversificación no cañera	Socioeconómico	0.049
Tamaño de la unidad productiva cañera (ha)	Socioeconómico	0.040
Unidades productivas sin asistencia técnica y capacitación (%)	Socioeconómico	0.034
Unidades productivas sin acceso a servicios públicos (%)	Socioeconómico	0.031
Superficie cañera en ciclo resoca (%)	Ecológico	0.027
Tenencia de la tierra (% régimen ejidal)	Socioeconómico	0.019
Unidades productivas sin mano de obra contratada (%)	Socioeconómico	0.009

Cuadro 7. Matriz de ponderación para la capacidad socioeconómica de reconversión de estados y municipios productores cañeros

Estado:		Unidad	Municipio:				Zafra:	
Factores condicionantes de reconversión			Puntos				Peso	Subtotal
			1	0.75	0.50	0.25		
Ambientales	Rendimiento de campo cañero	t/ha	>75	74-65	64-50	<50	0.144	
	Superficie cañera en ciclo resoca	%	<30	30-40	40-50	>50	0.027	
	Superficie cañera con afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades	%	<5	5-10	10-15	>15	0.123	
Socioeconómicos	Tamaño de la unidad productiva cañera	ha	>10	10-7	7-4	<4	0.040	
	Tenencia Ejidal de la tierra	%	<30	30-50	50-75	>75	0.019	
	Superficie cañera con riego	%	>75	75-50	50-25	<25	0.077	
	Unidades productivas con acceso a crédito	%	>50	50-30	30-15	<15	0.117	
	Superficie cañera con distancia al ingenio mayor a 5 km	%	<30	40-30	50-40	>50	0.106	
	Unidades productivas sin asistencia técnica y capacitación	%	<10	10-20	20-30	>30	0.034	
	Unidades productivas sin mano de obra contratada	%	<30	30-50	50-70	>70	0.009	
	Índice de Desarrollo Humano (salud, educación e ingreso)	-	> 0.80	0.80-0.75	0.70-0.75	<0.70	0.075	
	Unidades productivas sin acceso a servicios públicos (Electricidad, agua, etc.)	%	<5	5-10	10-20	>20	0.031	
Superficie cañera con diversificación de ingresos	%	>50	50-40	40-30	<30	0.049		

	Destino de la producción cañera diferente a ingenios	%	>20	10-20	10-5	<5	0.155	
Total Estado/Municipio								

Cuadro 8. Factores para la reconversión de estados productores cañeros

Estado	Ambientales			Socioeconómicos										
	Rendimiento de campo	Ciclo resoca	Afectaciones por plagas	Tamaño del predio	Tenencia Ejidal	Riego	Crédito	Distancia mayor a 5 km	Asistencia técnica y capacitación	Mano de obra contratada	Índice de Desarrollo Humano	Acceso servicios públicos	Diversificación de ingresos cañeros	Destino de la caña
Campeche	46.77	25.98	44.013	6.58	92.19	1.97	38.56	13.89	92.91	45.40	0.8263	0.43	36.64	3.75
Colima	67.36	34.58	8.322	13.26	86.03	18.09	54.68	6.03	69.26	10.10	0.8097	0.21	25.96	2.31
Chiapas	81.67	56.81	33.984	3.92	67.36	67.17	44.97	21.16	89.22	26.44	0.7185	0.60	52.02	1.13
Jalisco	94.08	33.92	12.268	4.92	92.91	81.09	37.07	17.70	88.33	18.97	0.8056	0.19	28.34	2.90
Michoacán	93.16	45.72	39.121	2.46	94.41	98.47	42.52	28.71	93.90	17.38	0.7575	0.40	32.97	1.20
Morelos	85.98	46.65	7.626	2.25	91.89	99.95	50.40	38.26	86.21	14.51	0.8011	0.18	20.45	1.82
Nayarit	65.70	44.41	12.573	4.35	92.14	27.58	87.33	20.80	91.50	7.93	0.7749	0.15	30.56	1.91
Oaxaca	55.71	45.33	18.315	6.04	70.09	9.12	47.13	11.53	88.86	27.10	0.7336	2.00	45.30	2.33
Puebla	90.95	51.62	24.281	1.55	85.54	94.69	20.53	49.86	93.80	11.44	0.7674	0.35	43.91	1.77
Quintana Roo	61.98	39.20	42.645	9.52	99.63	3.12	77.40	9.92	58.50	13.42	0.8296	0.24	51.88	0.73
San Luis Potosí	47.61	38.94	14.811	5.36	77.14	8.61	30.53	13.16	93.94	26.08	0.785	4.88	37.90	1.99
Sinaloa	90.00	35.63	52.480	8.07	92.49	99.51	93.05	11.09	51.58	12.54	0.7959	0.70	36.63	0.97
Tabasco	51.41	54.39	77.545	4.35	95.33	0.84	58.58	21.44	91.74	14.81	0.78	0.34	24.35	0.49
Tamaulipas	64.10	33.72	15.461	6.97	83.33	65.93	77.04	13.10	75.38	18.77	0.8246	1.41	37.95	0.71
Veracruz	62.83	45.77	22.258	5.42	75.93	22.03	39.01	15.58	94.48	28.42	0.7573	1.09	38.70	2.16
NACIONAL	70.62	42.16	28.38	5.67	86.43	46.54	53.25	19.48	83.97	19.55	0.784	0.88	36.24	1.75

Cuadro 9. Índice de reconversión de estados productores

Estado	Índice de Reconversión/ diversificación
Sinaloa	0.732
Jalisco	0.729
Morelos	0.719
Colima	0.698
Tamaulipas	0.644
Michoacán	0.637
Quintana Roo	0.628
Chiapas	0.628
Nayarit	0.620
San Luis Potosí	0.576
Puebla	0.572
Campeche	0.566
Veracruz	0.539
Oaxaca	0.532
Tabasco	0.522
Media Nacional	0.623

Cuadro 10. Índice de reconversión de municipios productores cañeros en Veracruz

Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor	Municipio	Valor
Puente Nacional	0.877	San Andrés Tuxtla	0.744	Cuitláhuac	0.619	Acayucan	0.558	Ixtaczoquitlan	0.464	Nautla	0.376
Veracruz	0.876	La Antigua	0.731	Lerdo de Tejada	0.618	Media Regional	0.556	Tlaltetela	0.464	Acula	0.376
Tempoal	0.874	Teocelo	0.724	Tomatlán	0.613	Santiago Tuxtla	0.553	Cosamaloapan	0.461	Alto Lucero de Gutiérrez	0.364
Pueblo Viejo	0.846	Jilotepec	0.719	Teotitlan de Flores Magón*	0.611	Isla	0.539	Tlacotalpan	0.427	Zentla	0.361
Manlio Fabio Altamirano	0.845	Emiliano Zapata	0.698	Xalapa	0.603	San Miguel Soyaltepec*	0.534	Tlacojalpan	0.425	Tuxtilla	0.334
Coatepec	0.837	Atzacan	0.694	Tierra Blanca	0.600	Atoyac	0.533	San José Chiltepec*	0.423	Altotonga	0.320
Ozuluama	0.836	Chocaman	0.687	Omealca	0.599	Tres Valles	0.530	Fortín de las Flores	0.420	Sochiapa	0.305
San Martín Toxpalan*	0.831	Ixhuatlancillo	0.676	Loma Bonita*	0.591	Naolinco	0.530	San Lucas Ojitlan*	0.408	Huatusco	0.304
Úrsulo Galván	0.830	Camarón de Tejada	0.668	San Juan Bautista Tuxtepec*	0.576	Saltabarranca	0.522	Chacaltianguis	0.403	Huautla de Jiménez*	0.283
Panuco	0.819	San Antonio Nanahuatipam*	0.667	Yanga	0.573	San Vicente Tancuayalab**	0.511	José Azueta	0.401	Misantla	0.268
Paso de Ovejas	0.818	Mariano Escobedo	0.650	Amatlán de los Reyes	0.572	Atzacan	0.510	Tepetlán	0.383	San Rafael	0.268
Actopan	0.800	Carrillo Puerto	0.638	Ángel R. Cabada	0.568	Cosolapa*	0.505	Amatitlan	0.383	Totutla	0.263
Cotaxtla	0.799	Tlaxiucoyan	0.636	Tlacotepec de Mejía	0.565	Hueyapan de Ocampo	0.500	Carlos A. Carrillo	0.381	Comapa	0.246
El Higo	0.771	Cuichapa	0.635	Córdoba	0.561	Tezonapa	0.496	Ixmatalhuacan	0.377	Huautepetec*	0.245
Santa María Jacatepec*	0.752	Otatitlán	0.634	Acatlán de Pérez Figueroa*	0.560	Paso del Macho	0.483	Martínez de la Torre	0.376	Tototepetec Villa de Morelos*	0.224

*Oaxaca, **San Luis Potosí

Este resultado es consistente con Eakin *et al.* (2011), Tienwong *et al.* (2009) y Bojórquez, (2009), quienes concluyeron que los factores biológicos de los cultivos (rendimientos, ciclo productivo, afectaciones por plagas, etc.) explican del 30 al 35 % y los socioeconómicos del 65 al 70 % de los recursos y capacidades para ejecutar proyectos de diversificación y/o reconversión respectivamente. Del total de municipios, 46, es decir el 52 % localizados 40 en Veracruz (54 %) y 6 en Oaxaca (43 %), donde se ubican espacialmente las zonas de abasto cañero de los ingenios: El Higo, Zapopita, San Pedro, La Gloria, El Modelo, Central Progreso, La Concepción, San Nicolás, San José de Abajo, Central Motzorongo, Tres Valles, Adolfo López Mateos y San Miguelito presentan características por encima de la media regional y nacional, que Waclawovsky *et al.*, (2010); Haque *et al.* (2010) y Prado (2008) y Vlosky *et al.*, (2005) concluyeron que definen territorios donde factores como tamaño de la unidad productiva superior a la media, tenencia de la tierra privada, disponibilidad de tierras con aptitud y fertilidad, rendimiento de cultivos de alto valor, alto costo de cultivos, riego, posibilidad de expansión del cultivo y materias primas, tierras de pastoreo, acceso a crédito y mercados regulados, infraestructura (caminos rurales, electrificación rural, hospitales), proximidad al mercado consumidor, mano de obra, soporte institucional o gubernamental y alfabetización y nivel educativo, existencia de unidades productivas relacionadas, Índice de Desarrollo Humano pueden

explicar a nivel local la capacidad potencial para la reconversión industrial, agrícola, ganadera, forestal y pesquera.

Es decir, en estos municipios las economías de escala, la adecuación agroecológica de las tierras, riego, mecanización (sobre todo la cosecha), fertilizantes, gestión de plagas y los procesos gerenciales permiten a los agricultores cañeros de esta zona, derivado de sus recursos y capacidades, la producción de materia prima con mayores ventajas relativas o, al menos, las menores desventajas derivadas de los factores físicos (climáticos, edafológicos etc.) y biológicos y las fuerzas económicas que limitan las posibilidades de su empresa son un potencial. En contraste, los municipios de media a muy bajo índice poseen fuertes condicionantes socioeconómicas y procesos gerenciales sin visión empresarial sistemática o formal lo que determina las limitaciones de la expansión de la actividad y, en cierta medida, por la continuidad o supervivencia del negocio cañero como monocultivo de la manera actual (Mishra *et al.*, 2004).

En este sentido, las pequeñas escalas de producción, como condicionante social, para el cultivo de caña de azúcar (plantación agroindustrial), generalmente de tipo ejidal, se asocian con lotes de costos altos y poco competitivos, ya que no tienen capacidad para aprovechar las ventajas comparativas (aptitud agroclimática) y las que se derivan de la producción en masa, y operan, por lo tanto, con rendimientos decrecientes en sus funciones de producción por debajo de la frontera de eficiencia. Es decir, las unidades productivas cañeras más pequeñas son más especializadas y tienden a aumentar el grado de especialización más rápido que las grandes explotaciones. Por lo tanto, tienen menor diversificación y mayor grado de especialización. Los agricultores de estas zonas no realizarán procesos de diversificación o reconversión, pues llevan a cabo un proceso especializado en un solo cultivo. Se especializan porque no pueden o la reconversión y/o diversificación no es atractiva (Windle y Rolfe, 2005).

Estos resultados establecen en lo general que la capacidad del sector azucarero veracruzano para reconvertirse es muy limitada, y existen variables que la restringen fuertemente, principalmente en el campo cañero; base material de la agroindustria azucarera (Cuadro 11).

Cuadro 11. Indicadores socioeconómicos de Veracruz México

Indicador	Diferencia a nivel nacional (%)	Estatus
Rendimiento de campo cañero	-11.03	Menor productividad y rentabilidad
Superficie cañera en ciclo resoca	+8.56	Campo sin renovación, menor productividad
Superficie cañera con afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades	-21.57	Menor Incidencia a plagas cañeras
Tamaño de la unidad productiva cañera	-4.41	Mayor minifundio
Tenencia Ejidal de la tierra	-12.15	Mayor propiedad privada
Superficie cañera con riego	-52.66	Menor irrigación
Unidades con acceso a crédito	-26.74	Menor capital
Superficie cañera con distancia al ingenio mayor a 5 km	-20.02	Menor Costo por transporte
Unidades productivas sin asistencia técnica y capacitación	12.52	Menor Transferencia y adopción
Unidades productivas sin mano de obra contratada	45.37	Menor uso de maquinaria, altos costos
Índice de Desarrollo Humano (salud, educación e ingreso)	-3.41	Mayor marginación Social reduciendo capacidades y recursos
Unidades productivas sin acceso a servicios públicos	23.86	
Superficie cañera con diversificación de ingresos	6.79	Mayor ingreso no cañero
Destino de la producción cañera diferente a ingenios	23.43	Mayor diversificación y rentabilidad

Su dinamismo está dado por una mayor superficie cosechada y una tendencia en la disminución de los rendimientos por hectárea, lo que provoca una regresión en los volúmenes de producción de caña y compromete la autosuficiencia alimentaria de la población y energética de los propios ingenios azucareros, trapiches y destilerías.

En este sentido, la agroindustria azucarera de Veracruz, derivada de su complejidad de factores o criterios de análisis, requiere forzosamente un modelo de desarrollo y reconversión productiva regional y políticas públicas, con tecnologías e innovaciones propias que consideren primeramente la seguridad alimentaria y energética (azúcares, cogeneración y etanol) incorporando nuevas rutas productivas desde la producción primaria, minimizando el impacto ambiental, donde el campo cañero sea el centro estratégico de la cadena de valor de la reconversión productiva (Figura 10) y posteriormente los pasos a seguir para el desarrollo de políticas públicas pueden ser determinados mediante el análisis del diamante de competitividad para la agroindustria azucarera de acuerdo a la metodología de Banerjee (2004) (Cuadro 11).

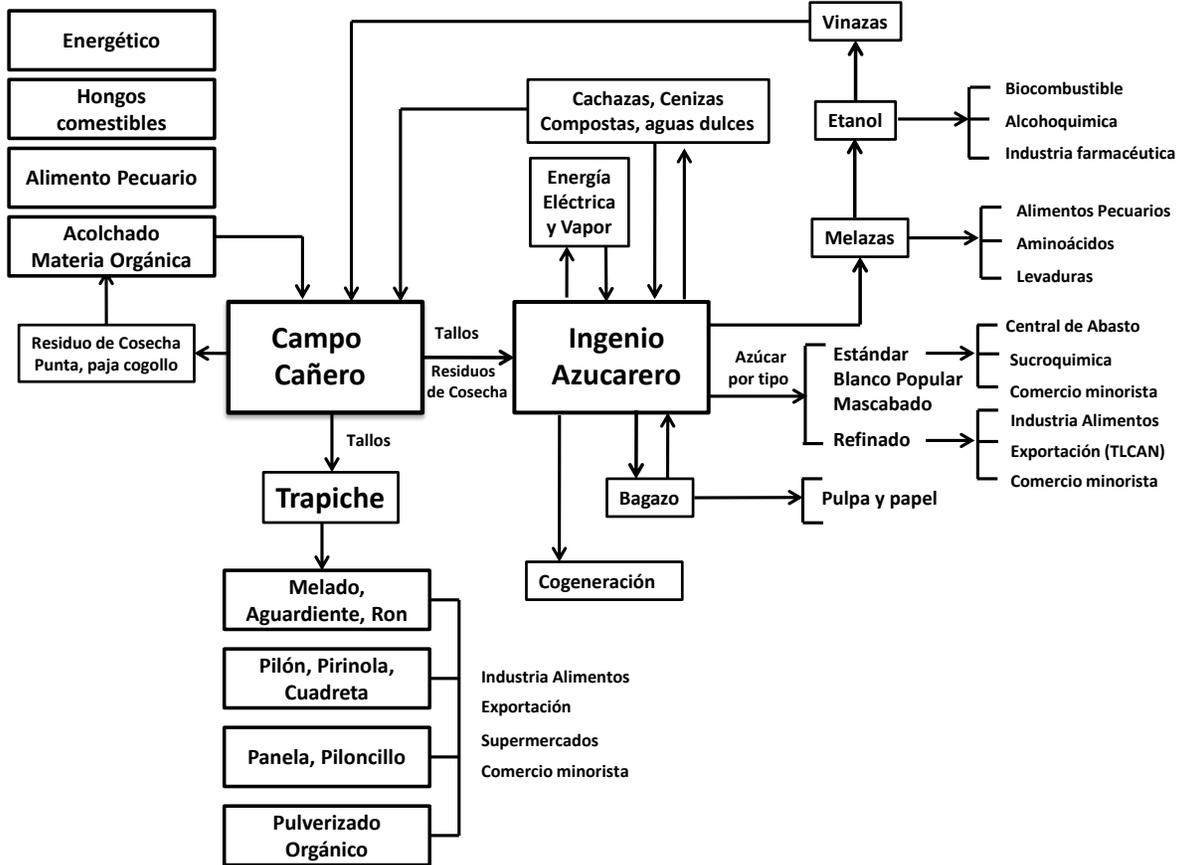


Figura 10. Reconversión de la agroindustria azucarera de Veracruz México

Cuadro 11. Diamante de competitividad para la reconversión de la agroindustria azucarera de Veracruz México

Condiciones de los Factores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollo de variedades por mejoramiento genético, inclusive variedades transgénicas, cada una de ellas específica para un tipo de suelo y condiciones climáticas y la disponibilidad de agua para diversos ambientes productivos, resistentes a las principales enfermedades y con escenarios de cambio climático, el niño y la niña (ENSO) que atenderán necesidades futuras, como producir alcohol a partir de la biomasa cañera (bagazos y residuos de cosecha). ✓ Incremento de productividad en predios y zonas de abasto para cubrir las necesidades de molienda de ingenios azucareros y/o trapiches, destilerías y tener excedentes para otras producciones en las unidades productivas cañeras y otras empresas, es decir, crecimiento vertical de la producción de caña de azúcar (más producción en la misma área plantada). ✓ Siembra mecanizada para reducir el volumen necesario de semilla y los costos de transporte ✓ En el área agrícola incrementar la eficiencia de insumos, maquinaria y mano de obra para producir más, con calidad y con el menor costo posible. ✓ Fertirrigación, uso sostenible agua y vinazas e incorporación de buenas prácticas de manejo para ampliar la vida útil y productiva del cañaveral. ✓ Favorecer el control de plagas, malezas y enfermedades del cultivo a través de métodos etológicos y fitotécnicas, así como el control biológico y holístico, con sus enemigos naturales, y el químico, con insecticidas de baja toxicidad. ✓ Cosecha verde o cruda, tanto manual como mecánica eliminando paulatinamente la quema y requema, para reducir el impacto de la combustión de los cañaverales sobre el ambiente,
-----------------------------	---

	<p>la salud pública y las condiciones de vida de los pobladores que sufren de los efectos del humo y las cenizas generados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Optimización del proceso de recolección de la caña con la paja y la logística de transporte con centros de acopio, para el posterior uso de esta última en la industria azucarera como fuente de energía en la cogeneración o, incluso, en un futuro próximo, la generación adicional de etanol, químicos como el furfural, proteína de hongos comestibles, biogás o tableros. ✓ Uso de residuos agrícolas de cosecha como acolchado, alimentos pecuarios de supervivencia y otras producciones inclusive como energético en trapiches. Liberando el bagazo para otros propósitos no energéticos como carbón activado, briquetas, lignina y fenoles y revitalizar la industria de pulpa y papel. ✓ El empleo masivo de los contenedores metálicos en la cosecha reduciría el impacto que ocasiona la tierra y demás materias extrañas en la fábrica: desgaste de molinos, bombas, ventiladores, y una drástica reducción de pérdidas de POL en cachaza e indeterminadas. ✓ Lotificación y compactación de unidades productivas y reducción del número de frentes de cosecha mediante el usos de herramientas como zonificación agroecológica, geo posicionamiento con equipos GPS, Agricultura de Precisión, cartografía participativa, Plataformas de Vigilancia y Monitoreo y uso de software especializado (fertilidad suelos, plagas, rendimientos, clima, fertilización, calendarios de siembras y cosecha etc.). ✓ Modernización de Trapiches piloncilleros para diversificar la oferta y calidades (panela, pilón, cuadreta, orgánico, saborizado y pulverizado etc.) y otros productos como el ron (anejos, carta de oro, blanco), aguardientes, jugo de caña envasado y miel de caña entre otros ✓ Reconversión a Ingenios Flexibles (producción simultanea de diversos tipos de azúcares como mascabado, refinado, blancos, etc. y alcoholes como hidratado y anhidro, cogeneración eléctrica y compostas para la horticultura asociada en los ingenios que tengan potencial y capacidad teniendo en cuenta la fuerte contracción de la demanda del mercado azucarero principalmente en el sector alimentos y refrescos, debido a la sustitución de la sacarosa por fructosa de maíz y edulcorantes no calóricos de alta tecnología y bajo costo, mayormente de importación para ajustarse rápidamente a los cambios de precios nacionales e internacionales ✓ Desarrollo de sistemas de almacenamiento de biomasa cañera para la operación de sistemas de generación eléctrica en CFE y particulares en los periodos de no zafra. ✓ Utilización integral de las cenizas de combustión en la agricultura como fuente de minerales y en la industria del vidrio y otras.
<p>Condiciones de la Demanda</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Autosuficiencia de azúcares y etanol (seguridad alimentaria y energética) mediante la aplicación y optimización de tecnologías actuales de acuerdo a un diagnóstico de los balances de materia y energía de los ingenios azucareros con y sin destilería estudiando el desempeño a diferentes condiciones de operación. ✓ Diversificar la oferta de azúcares, alcoholes y panela para abastecer los mercados locales, regionales, nacionales y del exterior. ✓ Cogeneración eléctrica (primeramente para autoabastecer necesidades eléctrica-mecánica y térmica) en todos los ingenios mediante la reconversión de calderas de combustóleo a bagazo y residuos de cosecha y de baja a alta presión de trabajo para abastecer las redes eléctricas locales de forma continua durante todo el año y que los ingenios sean autosuficientes durante el periodo de zafra (cero combustibles fósiles). ✓ Participar en los programas de Pago por Servicios Ambientales, Mecanismo de Desarrollo Limpio para minimizar el impacto de la quema y requema de cañaverales y de combustóleo en calderas y maximizar la captura de carbono por las plantaciones cañeras. ✓ Incorporar al diagnóstico, gestión y gerenciamiento de la agroindustria azucarera herramientas como análisis FODA, producción más limpia (P+L), buenas prácticas de manejo (BPM), análisis de ciclo de vida (LCA), huella ecológica o de carbono y de agua, eMergy entre otros en sinergia a los métodos econométricos convencionales para establecer los puntos críticos del sistema agroindustrial a escalas local, regional y nacional para la reduc-

	<p>ción de costos, recomendar tecnologías diferenciadas y maximizar la rentabilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Paso a paso establecer estrategias para redimensionar, diversificar y reconvertir el sector con tecnologías autóctonas en las áreas de bioplásticos, biodiesel y bioetanol, alimentos pecuarios, abonos orgánicos etc., de acuerdo a determinados nichos de mercados locales, regionales y nacionales.
Estrategias, estructura y rivalidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación de los recursos humanos, formación de líderes y asistencia técnica y financiera en toda la cadena de valor para incrementar la productividad y la competitividad según recursos y capacidades. ✓ Certificación de procesos industriales en normas internacionales de calidad para incrementar la exportación. ✓ Incorporar el concepto moderno de gestión de un ingenio sucroalcoholero o biorefinería, tanto a nivel administrativo, financiero, agrícola, e industrial. ✓ Diseño de campos cañeros de acuerdo a características agroecológicas, tenencia de la tierra y recursos disponibles que incluyan programas de rotación de cultivos con leguminosas y otras actividades productivas. ✓ Tratamiento de aguas de proceso para minimizar impactos ambientales, disminuir costos de producción por concepto de uso de aguas, multas por descargas e incrementar los ciclos cerrados de usos y reúso de aguas. ✓ Desarrollo de tecnología para el uso del agua vegetal (agua de la caña misma) ✓ Diseño de maquinaria agrícola de cultivo y cosecha de acuerdo a las condiciones topográficas, ambientales y socio-económicas (minifundio) de las zonas cañeras de México y la reducción de la compactación del suelo. ✓ Gestión empresarial e integración para dinamizar los procesos administrativos. ✓ Organización de productores con visión a mediano y largo plazo para establecer acciones productivas como la lotificación y compactación de superficies e incrementar la mecanización del cultivo principalmente la cosecha. ✓ Formación de redes de investigación entre grupos azucareros regionales y nacionales.
Industrias relacionadas y de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer mecanismos para el consumo de insumos y agroquímicos, maquinaria, tecnología y servicios de proveedores nacionales y de Universidades derivados de proyectos de investigación cañeros principalmente para predios de pequeña a mediana explotación (<10 ha). ✓ Incrementar la venta de energía eléctrica a la red local para disminuir los usos de combustibles fósiles e incrementar la rentabilidad de fábricas de azúcar en los periodos de zafra y no zafra. ✓ Establecer clúster regionales o distritos agroindustriales y la cooperación inter empresarial entre grupos azucareros en el ámbito nacional e internacional para la simbiosis de la agroindustria de la caña con otras agroindustrias como la de maíz y soya por ejemplo para la obtención de biodiesel e inclusive refinerías petroleras para sustituir oxigenantes de la gasolina con etanol. ✓ Desarrollar la sucroquímica, alcohoquímica y el uso de ceras de la cachaza en la industria química y farmacéutica y en general la biorefinería de la caña de azúcar con tecnología autóctona o adaptaciones a las existentes convencionales: la transformación bioquímica, termoquímica y la química o física, ya que sus productos finales puede llegar a convertirse en algo más importante que la misma producción de azúcar y el etanol. ✓ Programas de reforestación en las zonas cañeras, rotación programada y asociación de otros cultivos para incrementar el valor del uso del espacio agrícola y reconversión productiva de áreas cañeras que no son rentables y competitivas, pero que también no tienen posibilidades de serlo en el mediano y largo plazo hacia ganadería, forestal, acuicultura, cultivos energéticos etc.
Rol del Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejorar la infraestructura logística y de apoyo a la producción en caminos, brechas, terracerías, carreteras y puertos, así mismo incentivar el transporte de caña vía ferrocarril para disminuir costos, renovar camiones de transporte, alzadoras, cosechadoras etc. ✓ Modificar la legislación sobre la agroindustria de la caña de azúcar estableciendo paulatinamente el mercado libre de caña (desregulación) por calidad y productividad para diver-

	<p>sas industrias (destilerías, ingenios, trapiches etc.) lo que favorecerá incrementar la rentabilidad y el valor comercial de la gramínea y disminuir la inestabilidad y las crisis recurrentes del sector derivadas de las políticas económicas tradicionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generar cambios en la política industrial, tecnológica y de transferencia de tecnología y nuevas normas ambientales y laborales como el contrato ley de las industrias azucarera, alcoholera y similares de la República Mexicana para el sector azucarero y sus derivados e incentivar la inversión pública y privada, así como regular efectivamente el papel de las organizaciones de productores (CNC y CNPR) y los sindicatos azucareros. ✓ Incentivar la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) en Universidades públicas y privadas de estados cañeros y la creación de un Instituto rector de investigaciones en caña de azúcar (Centro de Tecnología de la Caña de Azúcar) con subsidios y presupuesto, como política transexenal, para crear un ambiente competitivo, con acceso a la información derivadas de investigaciones autóctonas que incluyan buenas prácticas de manejo, agricultura de precisión creación de variedades, nuevas formas de tenencia de tierras y maximizar las ventajas de los sistemas de producción de pequeña y mediana escala, impactos de quema de cañaverales, pago de materia prima, valor de subproductos, conocimiento de mercados por análisis prospectivo y geopolítica etc. ✓ Para la reconversión productiva es necesario incentivar la creación de equipos participativos transdisciplinarios de científicos y tecnólogos que junto a los actores de la agroindustria compartan objetivos y metodología de trabajo en temáticas pertinentes
<p>Papel de la Oportunidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El precio del petróleo, y por ende de la gasolina, influye directamente en la demanda de etanol en el mercado nacional y acrecienta aún más la importancia del sector como recursos renovable al ser la caña de azúcar una planta C4 de alta eficiencia fotosintética y los subproductos, materias primas con carbohidratos simples y estructurales para la generación de nuevos procesos y productos. ✓ La cogeneración mediante la combustión de paja cañera y bagazo excedente de la zafra pueden mitigar los problemas de escasez de energía en los períodos en que baja el nivel de los depósitos de agua en presas (noviembre a mayo). ✓ La producción en todos los ingenios de abonos y compostas enriquecidas de la cachaza, e inclusive residuos municipales y pecuarios, para la producción de alimentos y/o bioremediadoras de suelos contaminados y con necesidad de materia orgánica. ✓ Generación de liderazgo regional, nacional e internacional por los grupos empresariales del sector público y privado y modernización de los procesos agrícolas e industriales y búsqueda de vanguardia en la tecnología del sector de la caña de azúcar evitando el criterio de desperdicio de recursos y capacidades ✓ La ubicación geográfica de los ingenios veracruzanos es una ventaja comparativa y competitiva para el comercio exterior en relación a otros estados productores. ✓ Nuevos mercados para productos derivados de la caña de azúcar, sucroquímica y alcoh-química, satisfacer la demanda de bioetanol para su mezcla en vehículos automotores para las ciudades de Veracruz, Xalapa, Coatzacoalcos y Poza Rica entre otras y establecer mercados para el E10 por ejemplo en la ciudad de México. ✓ Establecer mecanismos de adaptación a los efectos del Cambio Climático mediante el desarrollo de variedades, agricultura de precisión con escenarios pasados y futuros o prácticas de cultivo innovadoras ✓ La Inestabilidad del precio internacional del azúcar, derivado de la conversión de caña de azúcar en etanol, ofrecerá ventajas en un contexto de productividad cañera a la alza, pudiéndose dar la posibilidad de exportar melazas A o B e inclusive Jugo de caña concentrado (meladura) para la producción de biocombustibles y bio plásticos ✓ La caña de azúcar es una gramínea C4 con amplias posibilidades de ser empleada por tecnologías actuales como la biotecnología en la producción de energías renovables (etanol de 1era y 2da generación, biogás, biodiesel y cogeneración), productos pecuarios, farmacéuticos y para la agricultura. ✓ La cooperación empresa-universidades permitirá desarrollar el capital intelectual para desarrollar tecnología autóctona, modernización y reingeniería del campo, trapiches, plan-

	<p>tas industriales y administración y gerencia e identificar las áreas de oportunidad para el financiamiento del campo, los ingenios y el mercado, considerando una política diferenciada según cada región cañera y cada ingenio.</p> <p>✓ En las fábricas de azúcar establecer los sistemas de agua en circuito cerrado, automatización en tiempo real y el uso de vapor de alta presión para minimizar el costo por usos de aguas.</p>
--	--

Actualmente, existen en la literatura numerosas aproximaciones para el análisis de las agroindustrias azucareras y biorefinerías de la caña de azúcar de diversos países; sin embargo para la agroindustria azucarera en Veracruz, los resultados de este trabajo lo tipifican por estar fragmentado (minifundio), desintegrado, improductivo y sobreexplotado y caracterizado por una agricultura de supervivencia altamente impactante al ambiente por el uso masivo o socializado de la agricultura cañera, el creciente deterioro de los suelos, deforestación, salinización, compactación, erosión, pérdida de materia orgánica por la cosecha con quema de cañaverales, la gran dependencia de recursos externos (combustible, fertilizantes, pesticidas, herbicidas, maquinarias), la cada vez menor respuesta productiva a los fertilizantes químicos y abonos, el aumento de plagas, malezas y enfermedades por el rompimiento de las cadenas naturales y la extendida práctica del monocultivo con variedades extranjeras en su mayoría en ciclo resoca, los cambios climáticos y de los sistemas de vientos por la deforestación para la apertura de nuevas áreas para compensar la caída de rendimientos, que figuran entre los muchos efectos negativos y el costo ambiental de la llamada agricultura convencional cañera y aún se observa gran desconocimiento del potencial de la caña de azúcar como recurso bioenergético y alimentario; ausencia de mecanismos específicos de financiamiento para investigación y desarrollo en bioenergía, incremento de productividad y competitividad y no cuenta con un centro tecnológico especializado propio encargado de desarrollar, gestionar, integrar y articular las actividades de investigación, innovación, asistencia técnica, transferencia de tecnología e información al sector productivo determinadas en el diamante de competitividad en este trabajo, lo que genera un pobre o nulo desarrollo tecnológico en “áreas de frontera” como la producción de combustibles líquidos o gasificación de biomasa cañera, agricultura de precisión o manejo de sitio específico, vulnerabilidad en escenarios de cambio climático entre otros y aun los tradicionales como la productividad y la autosuficiencia de azúcar son temas que deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de establecer programas y políticas públicas en gran

escala como tentativa de solución a los problemas y perspectivas de crecimiento a largo plazo de la agroindustria (Aguilar, 2011; Sacramento-Rivero et al., 2010).

Conclusiones

La caña de azúcar posee todas las características necesarias para constituir la base de un desarrollo social de seguridad alimentaria económicamente viable, autoenergético y ecológicamente sustentable en Veracruz; existen gran cantidad de experiencias, argumentos, cifras y alternativas desarrolladas en México y otros países, centros de investigación azucarera y cañera, universidades y sociedades públicos y privados desde finales de la segunda guerra mundial; por lo tanto para la reconversión productiva en Veracruz y las oportunidades que ofrece el cambio climático resultan factores vitales la aplicación de los adelantos científicos-técnicos y una fuerte integración entre el campo y la industria pero considerando los contextos socioeconómicos particulares de cada región y la participación de los mismos con un plan prospectivo que permita mejorar lo que se tiene en el presente.

Los resultados obtenidos, establecen que solamente el 40 % de los ingenios azucareros presenta indicadores por encima de la media nacional. Las zonas de abasto cañero se encuentran tan solo con 13 % de riego, el resto 84 % en régimen de secano dedicadas a la supervivencia a los factores limitantes ambientales como acceso al agua, clima y sequía y presentan en su conjunto 12 % menor productividad en relación a su potencial agroecológico, a pesar que en Veracruz el 57.5 % de su zona productora tiene aptitud edafoclimática al cultivo de media a alta y 30 municipios (33.7 %) poseen recursos y capacidades para reconvertirse, por lo tanto, factores como experiencia en proyectos productivos ya establecidos, rendimiento de campo y agroindustrial, acceso a crédito y asistencia técnica y junto a la baja explotación de la aptitud edafo climática, el minifundio y la tenencia de tierras entre otros son altamente significativos para la reconversión productiva en esta región.

Estos resultados pueden ser utilizados a priori como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones y políticas publicas diferenciadas en los procesos de planificación del área cañera, principalmente en zonas agrícolas de gran heterogeneidad, mediante la determinación y diferenciación de ambientes.

Referencias

Acosta Calzado C. (2011). Valuation of a Mexican Sugar Mill and Driving Value Factors, *Business Intelligence Journal* 4(1):91-106.

Aguilar R.N. (2012). Paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera de México. *Convergencia Revista de ciencias sociales*. 19(59):187-213.

Aguilar R.N., Rodríguez, D. A. Castillo M. A.; Herrera S. A. (2012). The Mexican sugarcane industry, overview, constraints, current status and long-term trends. *Springer Sugar Tech* 14(3): 207-222.

Aguilar R. N. (2011). *Competitividad de la agroindustria azucarera de la Huasteca México*. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 468 p.

Aguilar R. N., G. Galindo M., C. Contreras S., J. Fortanelli M. (2011). Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México. *Revista Región y Sociedad* XXIII (52):261-297

Arellano C. L. (2010). Análisis de la eficiencia técnica relativa de la agroindustria azucarera: el caso de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 26: 202-213

Argüello F. J. (2000). Desarrollo tecnológico de la agroindustria azucarera mexicana, impactos sociales y formas de gestión ambiental. *Sociedad, conflicto y ambiente*. 167-179. http://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Conflictos_socioecologicos/sociedad_conflicto_ambiente.pdf#page=167 (15 de octubre 2013)

Azeredo F. D., K. M. Longo, T. Gomes Soares N., J. C. Santos (2012). Pre-Harvest Sugarcane Burning: Determination of Emission Factors through Laboratory Measurements. *Atmosphere* 3: 164-180

Banerjee S. (2004). *Determinants of International Competitiveness: A Comparative Study of the Sugar Industry in Australia, Brazil, and the European Union*. Thesis for Degree of Masters in Business (Research), School of International Business, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. 136 p.

Basanta R., García D. M.A, Cervantes M. J.E., Mata V.H., Bustos V.G. (2007). Sostenibilidad de reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5(4): 293-305.

Barba-Ho, L. E., & Becerra, D. (2012). Biodegradabilidad y toxicidad de herbicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (10), 11-19.

Bojórquez, L.A. (2009). *ANP modeling of complex socio-environmental systems: adaptive capacity of smallholder coffee system in Mesoamerica*. Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 2009, 1-10 p.

http://www.creativedecisions.net/~rozann/0Proceedings/Final_Papers/13_Bojorquez_ANP_in_Complex_System_REV_FIN.pdf

Brambila-Paz, J. D. J., Martínez-Damián, M. Á., Rojas-Rojas, M. M., & Pérez-Cerecedo, V. (2013). La bioeconomía, las biorefinerías y las opciones reales: el caso del bioetanol y el azúcar. *Agrociencia*, 47(3): 281-292.

Brunini, O.J.P. Carvalho, A.P.C. Brunini, A.L. Padua Junior, S.F. Adami, and P.L.G. Abramides. (2010). *Agroclimatic zoning and climatic risks for sugarcane in Mexico: A preliminary study considering climate change scenarios*. Proceedings of International Society for Sugar Cane Technology 27:302–314.

Carpinteiro, F. J. G. (2001). *Cañeros, Estado y Crisis de la Industria. Acción colectiva y cultura política regional*. <http://lasa.international.pitt.edu/Lasa2001/GomezCarpinteiroFrancisco.pdf> (11 marzo 2013)

Carpinteiro, F. J. G. (1996). Mexican Cane Growers and the State: The Ejido as a Space of Negotiation in a New Structural Context. *Culture & Agriculture*, 18(3): 120-130.

Chullén, J. (1995). La industria azucarera Mexicana. *Debate Agrario: análisis y alternativas*, (21), 115-134.

CNPR Unión Nacional de Cañeros, A.C-CNPR. (2013). Estadísticas azucareras zafras 1999/2000 a 2011/2012 En: <http://www.caneros.org.mx> (11 mayo 2013)

De Oliveira B. R., E. Barretto, N. La Scala (2012). Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest, considering other conservationist management practices. *Bioenergy* 4: 846–858,

Deressa, R., Hassan, D. Poonyth. (2005). Measuring the impact of climate change on South African agriculture: the case of sugarcane growing regions. *Agrekon*, 44(4): 524- 542

Días, M. O., Junqueira, T. L., Cavalett, O., Pavanello, L. G., Cunha, M. P., Jesus, C. D.,... & Bonomi, A. (2013). Biorefineries for the production of first and second generation ethanol and electricity from sugarcane. *Applied Energy*, 109: 72-78.

Eakin H., L., Bojorquez-Tapia, R., Monterde Diaz, E. C., J. Hagggar (2011). Adaptive Capacity and Social-Environmental Change: Theoretical and Operational Modeling of Smallholder Coffee Systems Response in Mesoamerican Pacific Rim. *Environmental Management*, 47(3):352-367

Enríquez P. M. (2012). Hacia el Establecimiento de una Verdadera Política Azucarera Nacional ¿Cómo Aprovechar a Futuro los Proyectos Inviabiles del Presente?, *Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de México* 25 (2): 26-41, 2012.

Galindo M. G., C. Contreras S., J. Fortanelli M. (2010). Competitiveness and productivity of Mexico's sugar mills. *Theoria*, 19 (1): 7-30.

Galindo M. M.G. (2003). *La reorganización económica y espacial de la agroindustria azucarera mexicana en el marco del tratado de libre comercio: problemática implicaciones y alternativas*. Tesis de Doctorado en Geografía. UNAM, 372 p.

García Ch. L.R. (2009). La crisis azucarera, oportunidad de desarrollo. *Revista de la Asociación de Técnicos azucareros de México*, 16(1): 23-26

García Ch. L. R., T. Spreen (2000). *La agroindustria azucarera de México: reformas estructurales y sus implicaciones para el mercado de los edulcorantes*. Universidad Autónoma Chapingo/CIESTAAM. 44 p.

González M. L. (1989). Crisis y Reconversión en la Industria Azucarera. Sus Efectos en las Condiciones de Trabajo. *Problemas del desarrollo*. [20\(77\)](#): 9-42.

Haque T., Bhattacharya M., Sinha G. 2010. *Constraints and Potentials of Diversified Agricultural Development in Eastern India*. Planning Commission (Government of India) 195 p. http://planningcommission.nic.in/reports/sereport/ser/ser_agridiv1102.pdf (11 mayo 2013)

Hernández E. (2000). *Fructosa: un trago amargo para la agroindustria azucarera Mexicana*. XXII International Congress of the Latin American Studies Association March 16-18, 2000, Miami Florida U.S.A. <http://lasa.international.pitt.edu/Lasa2000/Hernandez-Barajas.PDF> (22 marzo 2013)

Hernández-Acosta, L., Qué-Ramos, F. J., Piña-Guzmán, A. B., & Laines Canepa, J. R. (2013). Uso de plaguicidas en zonas cañeras del municipio de Cárdenas Tabasco, México: posible impacto ambiental ya la salud. *Revista AIDIS*, 6(2), 1-11.

International Sugar Organization. (2013). MECAS (13)07 – Climate Change and Sugar Crops. http://www.sugaronline.com/home/shop_products/view/52665 (11 mayo 2013)

International Sugar Organization. (2005). *An International Survey of Sugar Crop Yields and Prices Paid for Sugar Cane and Beet*. Market evaluation consumption and Mecas (05)05 Statistics Committee 49 p.

Marin F. R., J. W. Jones, A. Singels, F. Royce, E. D. Assad, G. Q. Pellegrino, F. Justino (2013). Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. *Climatic Change* 117:227–239.

Martínez B.J.A. E.R. Saucedo (1998). *Características de los ingenios azucareros de México y su competitividad con la isoglucosa*. Tesis de Ingeniero Agroindustrial UACH. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, 115 p.

Mishra A. K., Hisham S. El-Osta, C. L. Sandretto 2004. Factors Affecting Farm Enterprise Diversification. *Agricultural Finance Review*, Fall 151-166.

Mosso L. Á., M. L. González M. (1984). *Industria azucarera mexicana. Nivel Tecnológico. Problemas del desarrollo* 15(57):109-125

Olvera V. L.A., J.A. Alejandro R., D.A. Rodríguez L., A. Castillo M. (2013). *Sugarcane mapping and agro-ecological suitability in Veracruz. Mexico: A remote sensing and GIS analysis*. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 28:5-8.

Ortiz L. H., S. Salgado G., M. Castelán E., S. Córdova S. (2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:767-773

Prado L. S. 2008. Value Added analysis of Brazilian Sugarcane Mill Groups. http://www.markestrat.org/up_arqs/pub_20110204085447_valueaddedanalysisofbraziliansugarcanemillgroups.pdf (11 marzo 2013)

Pope, R. R., Prescott. (1980). Diversification in relation to farm size and other socio- economic characteristics. *American Journal of Agricultural Economics*, 62(3): 554-559.

Rappo Miguez S. (2002). ¿La expropiación resuelve la crisis azucarera? Nuevos y viejos conflictos. *Aportes: Revista de la facultad de economía-BUAP*. VII (19): 107- 132

Rodríguez, D. A. Castillo M. A.; Herrera S. A. (2012). Sucroquímica, alternativa de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *Multiciencias*, 12(1):7-15

Sacramento-Rivero, J.C., Romero, G., Cortés-Rodríguez, E., Pech, E., Blanco-Rosete, S. (2010). Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(3), 261-283.

Seabra, J., Macedo, I., Eustice, T., van Antwerpen, R. (2012). Sugar cane energy production and climate change mitigation. *Bioenergy for Sustainable Development and International Competitiveness: The Role of Sugar Cane in Africa*, 304 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2010). Padrón Nacional Cañero http://siazucar.siap.gob.mx/informacion.php?cv_cl=6&cv_in=30 (10 marzo 2013)

Singelmann, P. (2003). La transformación política de México y los gremios cañeros del PRI. *Revista Mexicana de Sociología*, 65(1):117-152.

Singelmann, P., Quesada, S., Tapia, J., Scotto, I. (1979). El desarrollo capitalista periférico y la transformación de las relaciones de clase en el campo. Papel de los campesinos cañeros en la industria azucarera mexicana. *Revista Mexicana de Sociología*, 1167-1180.

Srivastava A. K., Mahendra K. Rai. (2012). Sugarcane production: Impact of climate change and its mitigation. *Biodiversitas*, 13(4): 214-227.

Strachman E., G. Milan Pupin. (2011). El sector brasileño del azúcar y el alcohol: evolución, cadena productiva e innovaciones. *Revista CEPAL* 103: 179- 198.

Tienwong K., S. Dasananda, C. Navanugraha. (2009). Integration of land evaluation and the analytical hierarchical process method for energy crops in Kanchanaburi, Thailand. *ScienceAsia* 35:170–177

Vlosky, R., F. Aguilar, Q. Wu (2005). Demographic profile and spatial analysis of sugarcane growers in Louisiana. *Journal American Society Sugar Cane Technologists*, 25:157-172

Waclawovsky, A., P. Sato, C. Lembke, P. Moore, G. M.Souza. (2010). Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. *Plant Biotechnology Journal*, 8:263–276

Windle, Jill y John, Rolfe (2005). Diversification choices in agriculture: a Choice Modelling case study of sugarcane growers. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics*, 49(1): 63-74.

WWF. (2004). *Sugar and the environmental, Encouraging Better Management Practices in sugar production*, WWF Global Freshwater Programme Netherlands 36 p. http://awsassets.panda.org/downloads/sugarandtheenvironment_fidq.pdf (11 marzo 2013)

Zuurbier P. Jos van de Vooren (2008). *Sugarcane etanol. Contributions to climate change mitigation and the environment*. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands 252 p.

