

# Gestión de factores limitantes para la diversificación de la agroindustria azucarera

Aguilar Rivera, Noé\*

## Resumen

La diversificación es una alternativa de sostenibilidad y competitividad para la agroindustria azucarera. El objetivo del presente trabajo consiste en el desarrollo de un *índice de diversificación*, con la integración de factores limitantes biofísicos, ecológicos y socioeconómicos de los municipios productores de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de una región cañera en México, a través de la evaluación multicriterio de jerarquías analíticas (AHP) en un Sistema de Información Geográfica (SIG) como metodologías de abordaje. Los resultados indican que el impacto de las limitantes socio-económicas tiene una importancia de 71.2% mientras que en ecológicos es de 29.4%. De los factores socio-económicos, la experiencia en proyectos de diversificación y la producción de materia prima en cantidad y calidad representan el 30% de la capacidad para diversificar municipios cañeros, los cuales deben ser incorporados en la toma de decisiones y en la formulación de políticas públicas diferenciadas para la sostenibilidad de la agroindustria en regiones cañeras. Las decisiones de alcance tecnológico o técnicas aplicadas hasta el día de hoy, para alcanzar la diversificación, no solo dependen de un solo factor, por lo que los recursos, capacidades, habilidades, educación y motivación de los productores cañeros podrían ser vistos como el motor esencial de la diversificación a nivel local.

**Palabras clave:** Factores limitantes, diversificación productiva, jerarquías analíticas, caña de azúcar.

## *Management of Limiting Factors for Diversifying the Sugar Agro-industry*

### Abstract

Diversification is an alternative for sustainability and competitiveness for the sugar industry. The objective of this work was to develop an index for diversification, integrating the limiting bio-physical, ecological and socio-economic factors in municipalities producing sugarcane (*Saccharum officinarum*) in a sugarcane region of Mexico, using a multi-criteria evaluation of analytical hierarchies in a Geographic Information System as an approach methodology. Results indicate that the impact of social-

Recibido: 22-06-12. Aceptado: 04-10-13

\* Doctor en Ciencias ambientales, adscrito a la línea de Investigación: Gestión Ambiental en Agroindustrias, Profesor investigador Titular C de la Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias biológicas y Agropecuarias, Córdoba-Veracruz México, e-mail: naguilar@uv.mx

economic limiting factors has an importance of 71.2%, while the importance for the ecological factors is 29.4%. Regarding the socio-economic factors, experience in diversification projects and quantity and quality production of raw materials represent 30% of the capacity for diversifying cane-producing municipalities. These municipalities ought to be incorporated in the decision-making and the formulation of differentiated public policies for the sustainability of this agro-industry in cane-producing regions. The decisions of technological scope or techniques applied to date to achieve diversification do not depend on one factor alone; therefore, the resources, capacities, abilities, education and motivation of the sugarcane producers could be seen as the essential motor for local diversification.

**Key words:** Limiting factors, productive diversification, analytical hierarchies, sugarcane.

## 1. Introducción

La diversificación de la agroindustria azucarera (producción combinada de azúcares, cogeneración, etanol y otros derivados), como elemento de sostenibilidad, ha sido cuestionada en varios informes a nivel internacional (Windle y Rolfe, 2005, 2003 y Hildebrand, 2002). Sin embargo, a nivel de México, existe poca información para transitar a una nueva agroindustria diversificada denominada *Biorefinería*; lo que impide hacer generalizaciones de planeación y gestión con base en indicadores productivos (rendimiento de campo o agroindustrial) para determinar la importancia relativa de los factores limitantes a la diversificación o transición a la biorefinería. La literatura revisada en este trabajo reporta: rentabilidad y productividad de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), edad, educación, ingresos no agrícolas de productores, fuerza de trabajo, riesgo, acceso a crédito y endeudamiento, experiencia actual o anterior de manejo de otros cultivos, tamaño de la unidad productiva, sistemas alternativos de producción de cultivos o empresas ya instalados en la unidad productiva, experiencia en proyectos de diversificación diferentes al ingenio azucarero entre otros.

Con base en estos antecedentes, la contribución principal de este trabajo consiste en identificar el potencial y los factores limitantes de la diversificación productiva de la caña de azúcar. Se emplea la Teoría de la Decisión Multicriterio, mediante la valoración de los recursos y habilidades que posee o a los que puede acceder el productor cañero para establecer proyectos de diversificación (Riveros, 2004).

Para ello se utilizaron técnicas de análisis espacial en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y evaluación multicriterio (EMC) como el *método AHP (Analytic Hierarchy Process)*, que permitan integrar la complejidad de todos los factores relacionados (sociales, culturales, económicos, biológicos, climáticos, geofísicos, entre otros.) para el desarrollo de un *índice de diversificación* como medida de la capacidad para diversificar la producción cañera en municipios y predios, con la finalidad de establecer un proyecto regional de diversificación con estrategias a corto plazo.

Al respecto Franco (2008); Gómez-Limón y Riesgo (2008); Higgins *et al.* (2007) y McNamara, y Weiss (2001) definieron que el grado de diversificación en las explotaciones agrícolas, se relaciona de manera significativa a: 1) características físicas de la unidad productiva (tama-

ño, productividad, tipo de explotaciones agrícolas, forestales, ganaderas entre otros), 2) características del productor (edad, escolaridad, tiempo dedicación al trabajo agrícola, número de miembros de la familia) y 3) características económicas regionales (tipo de cultivos, actividades productivas, recursos naturales entre otros). Así, la identificación de los factores o criterios cualitativos y cuantitativos que determinan la diversificación, y no solo motivaciones financieras o económi-

ca frente a la disminución de los ingresos agrícolas, son fundamentales para tomar la decisión de diversificar establecer bio-refinerías.

## 2. Agroindustria azucarera de la Huasteca México

La Huasteca se localiza en el estado de San Luis Potosí y sur de Tamaulipas (Gráfico 1).

**Gráfico 1**  
**Zona cañera de la Huasteca San Luis Potosí y Sur de Tamaulipas**



Fuente: Elaboración propia basados en Aguilar *et al.* (2010).

El área ha tenido durante mucho tiempo los campos de caña de azúcar en monocultivo, dependiente de insumos materiales y soluciones tecnológicas y fábricas azucareras en comprometidas relaciones espaciales y siendo una de las regiones de mayor producción de sacarosa del país (3er lugar nacional) durante la última década, los 4 ingenios que operan (Alianza Popular, Plan de Ayala, Plan de San Luis y San Miguel del

Naranjo), registraron una sensible desaceleración de la productividad, registrada en sus indicadores (Confederación Nacional de Productores Rurales -CNPR-, 2011) (Tabla 1).

La problemática mayor de la agroindustria azucarera de la Huasteca es la recuperación agrícola, donde el rendimiento actual (44 toneladas caña/hectárea) ha descendido 8 t/ha en la presente década (SIAP, 2010); esto debido a causas multi-

**Tabla 1**  
**Indicadores de productividad de la agroindustria azucarera de la Huasteca Potosina. Periodo 2000-2010**

Indicador	Zafra 2000/2001	Zafra 2009/2010	Diferencia
Rendimiento de campo t/ha	52.566	44.964	-14.5 %
Rendimiento agroindustrial t/ha	6.024	4.989	-17.5 %
Sacarosa en caña (%)	14.143	13.500	-4.5 %
Fibra en caña (%)	14.873	14.71	-1.1 %
Superficie Cosechada (ha)	66,125	66,598	+0.7 %
Caña molida neta (t)	3,311,940	2,855,741	-13.8 %
Perdidas de sacarosa (%)	2.71	2.43	-10.3 %
Eficiencia de fábrica (%)	80.837	81.975	+1.4 %
Rendimiento de fabrica	11.46	11.10	-3.1 %
Tiempos perdidos totales (%)	26.28	26.25	-0.11 %
Producción de derivados de la caña de azúcar (Coproductos y subproductos)			
Sacarosa (t)	398,332	332,275	-16.6 %
Melazas A 85° Brix Total (t)	121,433	105,982	-12.7 %
Cachaza (t)	154,210	163,185	+5.8 %
Bagazo (t)	1,165,513	965,548	-17.2 %
Energía eléctrica por quema de bagazo (KWH)	67,297,376	56,163,343	-16.5 %
Generación de vapor por quema de bagazo (t)	2,496,019	1,739,929	-30.3 %
Balance térmico y energético			
Consumo de energía eléctrica de CFE (KWH)	6,382,585	3,030,690	-52.5 %
Consumo de Combustóleo de PEMEX (L)	29,939,527	10,589,181	-64.6 %
Consumo de e. eléctrica por ton. de caña	19.767	21.197	+7.2 %

Fuente: Elaboración propia basado en la CNPR (2011).

factoriales y a que en esta zona productora los patrones espaciales del cultivo de caña de azúcar mantienen tendencias inerciales en los sistemas de producción agrícola y unidades de producción, capital invertido en equipos, infraestructura interna y externa, gasto público del Estado, mercados de caña de azúcar y la presencia de otras agroindustrias, legislación, organización de productores, patrones culturales, sociales y productivos entre otros.

En función de ello, para la Huasteca una de las desventajas de la construcción de un sistema de etanol u otros derivados de la caña de azúcar, como alternativa productiva o como soluciones tecnológicas directamente en los ingenios, no es una opción, ya que la infraestructura no existe como tal y más que adquirir tecnología, mano de obra, y capital, las regiones cañeras no cuentan con la materia prima, en cantidad y calidad necesaria, además de no poseer la capacidad de producción requerida para diversificarse (Aguilar, 2012).

En las zonas cañeras de México como la Huasteca, solamente los trabajos de Bassols (2003) incorporaron la dimensión territorial y el enfoque geográfico y le otorga a la disciplina económica el acercamiento *georeferenciado* (geoeconómico) del que se debe partir para adecuar la planeación regional y local, y con los elementos del sistema (económicos, políticos, sociales, entre otros). Se puede llegar al diagnóstico inicial de la región y señalar vías de solución, alternativas o escenarios (medida relativa) a sus problemáticas en el corto y mediano plazo.

### **3. Diversificación de la agroindustria azucarera**

La teoría económica de la diversificación tiene su origen en las obras pioneras de Chandler (1962) y de Ansoff (1965) que plantean la diversificación como estrategia de la empresa. Así mismo los trabajos de Ramanujam y Varadarajan (1989) definen a la diversificación como la incursión del negocio base en nuevas líneas de negocios, lo que resulta en cambios en la estructura de producción y gestión de la empresa.

Rumelt (1982) definió cuatro tipos de diversificación: a) negocio único, b) negocio dominante, c) diversificación relacionada y d) diversificación no relacionada. Mubarik (2004) planteó que la diversificación debe considerarse como un primer paso en el proceso de lograr la competitividad. En tanto que Osorio (2009), Martin y Sayrak (2003) reportaron una revisión sobre los temas de la diversificación de la empresa específicamente, durante la última década. Es decir, se ha sugerido que la diversificación de la producción en la agroindustria azucarera, mediante una mayor utilización de subproductos o sistemas alternativos de producción en las zonas de abasto de los ingenios azucareros, podría reducir la vulnerabilidad de la agroindustria a depender su sostenibilidad exclusivamente al producto final azúcar, y por motivos sociales a través del establecimiento de nuevas industrias rurales al participar en diferentes sistemas de producción, sinergias derivadas de la coexistencia de múl-

tiples y complementarias empresas agrícolas, incluidos diversos cultivos, ganado, pesca, forestales, y horticultura dentro de la unidad productiva cañera o ingenios azucareros (Diagrama 1) tomando en cuenta los recursos y capacidades (Aguilar, 2012; Aguilar *et al.*, 2009, Contreras *et al.*, 2009; Smeets *et al.*, 2008, Macedo *et al.*, 2008; Nguyen, 2008; Ramjeawon, 2008).

criterios de evaluación o puntos de vista considerados relevantes en el problema de decisión. Si  $A$  es una alternativa,  $g_i(A)$  es su evaluación en el  $i$ -ésimo criterio; puede ser representado en una matriz  $P$  de  $m$  filas y  $n$  columnas denominada matriz de evaluación o impacto, cuyos elementos  $p_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m$ ;  $j=1,2,\dots,n$ ) representan la evaluación de la alternativa  $j$ -ésima en el  $i$ -ésimo criterio (Cuadro 1).

#### 4. Método de jerarquías analíticas en el análisis de la diversificación productiva

Un problema multicriterio, con un número discreto de alternativas, puede ser explicado siendo  $A$  un conjunto finito de  $n$  alternativas o acciones posibles;  $G$  es el conjunto de las  $m$  funciones de evaluación  $g_i$   $i=1,2,\dots,m$  asociadas con los

**Cuadro 1**  
**Matriz de Jerarquías Analíticas**

		Alternativas		
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Criterios	C <sub>1</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>
	C <sub>2</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>
	C <sub>3</sub>	P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>
	C <sub>4</sub>	P <sub>41</sub>	P <sub>42</sub>	P <sub>43</sub>

Fuente: Saaty (1990).

**Diagrama 1**  
**Niveles de Diversificación de la agroindustria azucarera**



Fuente: Aguilar *et al.* (2009).

Las reglas de decisión son:

- Si  $a$  y  $b$  son dos alternativas, la alternativa  $a$  es mejor que la alternativa  $b$ , según el  $i$ -ésimo criterio o punto de vista, si  $g_i(a) > g_i(b)$ .
- La alternativa  $a$  domina a la alternativa  $b$ , si  $a$  es al menos tan buena como  $b$  para todos los criterios que están siendo considerados, y mejor que  $b$  al menos en un criterio.

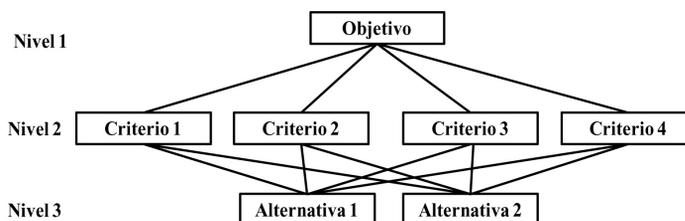
Es decir, cada criterio o factor temático deben ser estructurados como una matriz cuadrada, en la cual los criterios ocupan las filas y las alternativas las columnas, para posteriormente determinar el vector característico (eigenvector) principal, el cual establece los pesos ( $w_j$ ); y el valor característico (eigenvalue), que proporciona una medida cuantitativa (escala 0 a 1) de la consistencia de los juicios de valor entre pares de criterios.

Nardo *et al.* (2005) han señalado que el Método Multicriterio de Jerarquías Analíticas (AHP) de Saaty (1990, 1977) es la técnica que ha sido extensamente adoptada para construir indicadores compuestos como instrumento de gestión y políticas públicas en numerosas aplicaciones espaciales en tres etapas:

modelización, valoración y priorización (Silva *et al.*, 2009; Díaz y Blasco, 2000; Malczewski, 1999) ya que permite integrar criterios cuantitativos y cualitativos de un problema complejo de toma de decisión (objetivo) en un espacio geográfico, en un mismo indicador o índice a evaluar espacialmente el cual es sensible a las variaciones de peso, así como a visualizar la dimensión espacial y obtener nuevos conocimientos y características de sus interrelaciones temporales-espaciales como escenarios de salida o alternativas en la ordenación y gestión del territorio.

Aunque existen en el mercado numerosos programas de cómputo con aplicación multicriterio, la integración del método AHP en un Sistema de Información Geográfica (SIG) combina la metodología de soporte en la toma de decisiones, con la visualización de gran alcance y las capacidades cartográficas que facilitan considerablemente la creación de alternativas, mapas de aptitud de tierras o decisiones espaciales a determinado objetivo, transformando un problema no estructurado en una estructura jerárquica (Diagrama 2).

**Diagrama 2**  
**Estructura jerárquica en AHP**

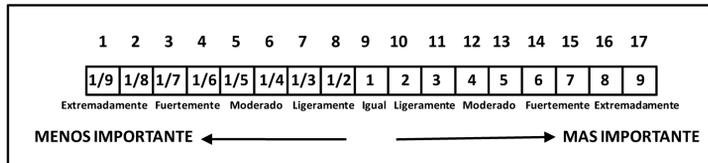


Fuente: Marinoni (2004).

En este sentido, Samizava *et al.* (2008); Gómez y Barredo (2006); Rozman y Pažek (2005) y; Díaz y Blanco (2000) establecieron que el proceso de ponderación por el método AHP, como integración de la Geomática (SIG) y las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) presenta aplicación y experiencias prácticas en campos muy diversos en diferentes países del mundo como instrumento de gestión y políticas públicas. Además, ofrecen la posibilidad de compensación de una variable con otra por el grado de importancia relativa en un estudio inicial, lo que hace posible la generación de nuevos escenarios espaciales de localización/asignación como medida relativa, de actividades productivas (alternativas), planificación y ordenación del territorio, mediante la cons-

trucción y superposición de mapas temáticos o de criterios múltiples (información espacial del cultivo y los productos), derivados de bases de datos geográficas y territoriales en la Huasteca, tomando como unidad de referencia el municipio, como espacio geográfico. Se realizó una transformación geoespacial en formatos vectorial y raster para la utilización de las bases de datos de los temas geográficos como variables o criterios espaciales como medida relativa, para el objetivo referido a la capacidad para expandir la productividad y diversificación (*índice de diversificación*) donde cada uno de los pares fue comparado y calificado aplicando una escala continua de 17 jerarquías de importancia relativa dentro del módulo AHP del software ESRI ArcGis 9.2 (Tabla 2 y Cuadro 2).

**Tabla 2**  
**Escala de 17 jerarquías de importancia relativa**



Fuente: Díaz y Blanco (2000).

**Cuadro 2**  
**Escala de evaluación en AHP**

Valor	Significado
9	A es extremadamente más importante que B
7	A es mucho más importante que B
5	A es más importante que B
3	A es levemente más importante que B
1	A y B tienen la misma importancia
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes

Fuente: Saaty (1990).

Estos archivos pasaron a formar parte de las coberturas ráster (mapas o capas temáticos escala 1:50,000) para reclasificar criterios de valor y dimensión diferente a una escala común para el cálculo de las alternativas (Nivel alto o muy alto, medio, bajo y muy bajo). Por lo tanto, los rangos de valores se dividen en intervalos (clases), donde los nuevos valores son asignados para calcular los pesos de los criterios (escala 0 a 1) con respecto al objetivo y desarrollar una representación espacial de las alternativas acuerdo a la metodología de Herrera-Seara *et al.* (2010); Erden (2010); Chen y Shahbaz (2009) y Marinoni (2004) con la cual se construyó el modelo espacial en relación con su índice de diversificación de la agroindustria azucarera.

Una vez obtenidas las prioridades totales de los factores, AHP permite evaluar la inconsistencia del decisor a la hora de emitir juicios. La medida de inconsistencia propuesta en Saaty (1990) está representada por el *índice de consistencia* (IC) o error de una matriz pareada; que refleja la desviación de los juicios con respecto al cociente estimado entre las prioridades, si este es menor al 10% (índice <0.1) el análisis es robusto.

## **5. Descripción de factores limitantes a la diversificación de la agroindustria azucarera**

Para la determinación de los factores o criterios (ecológicos y socioeconómicos) del cultivo, unidad productiva, productora e institucionales y su peso específico en la decisión de un proceso diversificador se revisó la bibliografía existente

y la consulta a expertos (académicos con experiencia en la agroindustria azucarera de las disciplinas de agronomía, ingeniería de procesos, economía agrícola, agroecología, biología, geografía, antropología y otras) para determinar los niveles (Cuadro 3).

Posteriormente se construyó la estructura jerárquica de AHP que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas (Diagrama 3) de acuerdo a la metodología de Eakin *et al.* (2011); Tienwong (2009); Bojórquez y Hallie (2009); Buchholz y Hallie (2007); Windle y Rolfe, (2005, 2003); Bassols (2003) y Díaz y Blanco (2000).

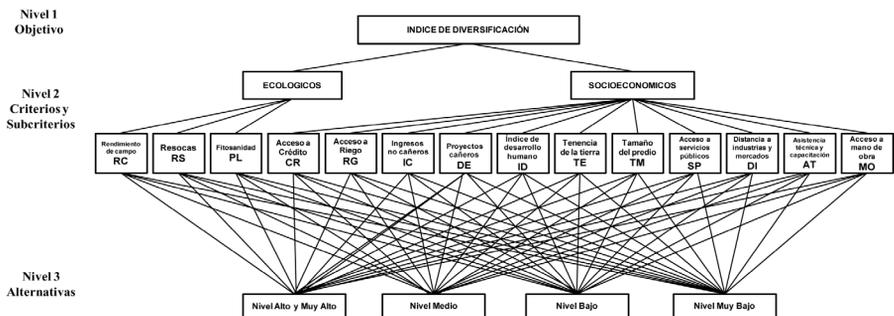
Los datos para el análisis se tomaron del Padrón de Productores de Caña de Azúcar Zafra 2006-2007 (SIAP, 2010), Plan rector del sistema producto caña de azúcar (ASERCA, 2004) y Manual Azucarero Mexicano 2010 de la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera (CNIAA) y los reportes de la zafra azucarera en México de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2013). En relación a las alternativas, un valor Alto y Muy Alto representa, según la teoría de recursos y capacidades (Riveros, 2004) que son en este caso, municipios y zonas cañeras de ingenios azucareros, donde pueden existir negocios alternativos (diversificación horizontal y vertical) de la actividad económica base o estructurante (caña para ingenios o trapiches piloncilleros) sobre la base de varias fortalezas o recursos asociados, es decir, la experiencia en proyectos de diversificación cañera y el destino de la producción cañera diferente a ingenios

**Cuadro 3**  
**Factores limitantes de la diversificación de municipios cañeros**

Clave	Descripción
<b>Criterios ecológicos del cultivo de caña de azúcar</b>	
RC	Rendimiento de campo de la unidad productiva cañera (t/ha)
RS	Superficie cañera en ciclo resoca (%)
PL	Superficie cañera con afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades (%)
<b>Criterios socioeconómicos del cultivo de caña de azúcar</b>	
TM	Tamaño de la unidad productiva cañera (ha)
TE	Tenencia de la tierra (% régimen ejidal)
RG	Superficie cañera con riego (%)
CR	Unidades productivas con acceso a crédito (%)
DI	Superficie cañera con distancia al ingenio mayor a 5 km (%)
AT	Unidades productivas sin asistencia técnica y capacitación (%)
MO	Unidades productivas sin mano de obra contratada (%)
ID	Índice de Desarrollo Humano (salud, educación e ingreso)
SP	Unidades productivas sin acceso a servicios públicos (electricidad, agua, entre otros) (%)
IC	Superficie cañera con diversificación de ingresos diferentes a la caña de azúcar (%) (forestal, acuícola, ganadería, turismo, remesas, pensión o jubilación, jornales entre otros) (experiencia en proyectos de diversificación no cañera)
DE	Destino de la producción cañera diferente a ingenios (trapiche, panela, semilla, alimento de ganado y otros) (%) (experiencia en proyectos de diversificación cañera)

Fuente: Elaboración propia.

**Diagrama 3**  
**Estructura jerárquica para el análisis de la diversificación de municipios productores de caña de azúcar (índice de diversificación)**



Fuente: Elaboración propia.

azucareros (trapiche, panela, semilla, alimento de ganado y otros), el manejo simultáneo de actividades agrícolas y no agrícolas que al mismo tiempo son áreas prioritarias o de aptitud para expandir la productividad cañera y mejorar la eficiencia de las explotaciones (Tabla 3).

La Tabla 4, muestra los principales indicadores de la agroindustria azucarera y de otros sistemas producto agrícola, en relación a los elementos de la competitividad como clases de criterios ecológicos o ambientales y socioeconómicos a nivel municipal.

**Tabla 3**  
**Clases de factores o criterios de la capacidad de diversificación de municipios productores de caña de azúcar**

Criterios/ Alternativas	A1 (Potencial Alto)	A2 (Potencial Medio)	A3 (Potencial Bajo)	A4 (Potencial Muy Bajo)	Referencias
RC	>75	74-65	64-50	<50	Tenerelli y Monteleone (2008); Roebeling <i>et al.</i> (2006); Domac <i>et al.</i> (2005)
RS	<30	30-40	40-50	>50	Valverde (2009); Moore (2009)
PL	<5	5-10	10-15	>15	Waclawovsky <i>et al.</i> (2010); Ashfaq <i>et al.</i> (2008); Moore (2009); Solomon (2000)
TM	>10	10-7	7-4	<4	Haque <i>et al.</i> (2010); Pope y Prescott(1980)
TE	<30	30-50	50-75	>75	Pérez (2007); Nothard <i>et al.</i> (2005)
RG	>75	75-50	50-25	<25	Tienwong <i>et al.</i> (2009); Naraine (2005)
CR	>50	50-30	30-15	<15	Kamruzzaman y Hassanurraman (2007); Jiménez (2007)
DI	>50	50-40	40-30	<30	Grenzebach (2009); Tienwong <i>et al.</i> (2009).
AT	<10	10-20	20-30	>30	Piñeiro (2009); Oddershede (2007)
MO	<30	30-50	50-70	>70	Chaplin (2000); Gallardo-López <i>et al.</i> (2002); Wynne y Lyne (2004)
ID	> 0.80	0.80-0.75	0.70-0.75	<0.70	Windle y Rolfe (2005); Antony (2005); Escobal (2004); Domac <i>et al.</i> (2005)
SP	<5	5-10	10-20	>20	Bandaranaike (2005); Godoy y Bennett (1999)
IC	>50	50-40	40-30	<30	Kingpaiboon S. (2006); Wynne y Lyne (2004)
DE	>20	10-20	10-5	<5	Antony (2005); Mishra y Hisham (2004); Summer y Wolf (2000); Cáceres (1994)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4**  
**Indicadores de los municipios productores de caña de azúcar**

Municipio/ Clave	Valor de los factores o criterios para la diversificación del campo cañero														
	RC	CR	RG	RS	IC	TM	TE	PL	DE	DI	ID	AT	SP	MO	
Tamasopo	54.72	36.11	17.71	57.94	36.03	4.23	86.03	18.2	1.0	85.60	0.700	96.0	2.10	29.20	
Ciudad Valles	44.29	23.11	22.84	38.72	38.62	6.72	48.36	12.6	1.0	90.30	0.780	94.0	2.80	33.50	
Aquismon	47.98	27.94	0.61	41.76	49.52	5.54	83.67	18.4	1.2	74.20	0.601	97.1	6.20	54.00	
San Vicente	37.37	34.38	<b>57.31</b>	31.06	40.63	6.52	71.22	13.5	4.9	72.00	0.708	53.3	0.00	53.00	
Tamuín	51.51	9.21	41.10	57.15	32.86	3.78	81.10	20.1	0.1	97.00	0.751	95.0	0.00	35.50	
Tanlajás	23.67	4.64	0.00	41.32	7.36	2.66	87.97	11.8	18.0	32.00	0.665	97.0	4.30	88.00	
El Naranjo	61.24	25.67	11.48	47.24	29.86	4.72	55.55	<b>5.9</b>	0.5	<b>93.50</b>	0.752	80.0	2.40	26.00	
Rayón	59.00	54.35	2.24	61.32	32.61	2.91	100	31.8	1.6	82.60	0.711	95.0	<b>0.00</b>	26.30	
Tancanhuitz	24.72	3.83	11.30	74.77	26.60	1.37	63.09	16.7	18.2	21.20	0.672	99.0	7.00	74.00	
Alaquines	14.67	0.21	0.98	44.51	18.94	0.27	99.71	13.7	<b>36.1</b>	6.00	0.672	100.0	7.10	78.70	
Cd. del Maíz	29.11	7.89	10.89	26.73	<b>77.19</b>	5.14	<b>51.53</b>	32.9	25.8	10.50	0.719	87.2	1.00	76.50	
Ocampo	<b>65.79</b>	52.92	0.26	45.18	54.29	7.47	79.69	39.65	0.0	20.63	0.825	<b>64.1</b>	1.86	21.19	
Antiguo Morelos	51.10	<b>70.62</b>	20.13	<b>21.94</b>	71.30	8.10	60.12	32.81	0.4	15.83	<b>0.825</b>	74.0	0.91	<b>15.83</b>	
Nuevo Morelos	61.18	53.65	14.36	31.11	54.29	<b>9.23</b>	54.70	38.17	0.0	17.29	0.825	79.5	1.97	52.40	
Promedio Regional	44.7	28.9	15.1	44.3	41	5	73	21.9	7.8	51.3	0.73	86.5	2.7	47.4	

Fuente: Elaboración propia.

Los valores resaltados representan el comportamiento de cada factor a nivel municipal; asimismo, permiten representar que ningún valor por sí solo, aunque sea máximo, puede determinar la capacidad de diversificación, por lo que como sistema complejo, es necesario construir un índice o valor agregado con todos y cada uno de los indicadores o factores que constituyen en el Sistema de Información Geográfica, una representación espacial de la capacidad, recursos o activos para diversificar unidades productivas cañeras como un sistema socio-ambiental.

Escobal (2004) los clasifica como: a) variables regionales comprendidas por la productividad regional de la tierra y del cultivo, tamaño del mercado local; b) variables de capital humano correspondiente al tamaño y composición de la familia, edad, género y años de escolaridad; c) bienes públicos tales como el acceso a la electricidad y a los caminos, distancia al mercado; d) activos propios de la agricultura referidos a la tierra, cultivos y ganado; e) activos propios no agrícolas representado por la experiencia en trabajo asalariado, y f) activos financieros expresados por el acceso al crédito. Aunque existen muchos otros indicadores convencionales de productividad, en este trabajo se propone usar una combina-

ción de ellos, porque muestran de manera más clara la importancia regional y sectorial de la actividad productiva cañera en la Huasteca.

## 6. Capacidad de diversificación de la agroindustria azucarera de la Huasteca

La aplicación del Sistema de Información Geográfica determinó la superficie cañera total de la Huasteca (138,123 ha) indicada en la Tabla 5, así como también zonas de abasto de ingenios azucareros y municipios productores, correspondiente a cañaverales cosechados para abastecer a ingenios azucareros, trapiches, semilla cañera, alimento ganadero u otros usos. Del total de la superficie cañera la zona de abasto del ingenio azucarero San Miguel del Naranjo es la de mayor extensión, este ingenio fue fundado en 1974 y comprende los municipios de El Naranjo y Ciudad del Maíz en el estado Mexicano de San Luis Potosí y los municipios de Ocampo, Antigua y Nuevo Morelos en Tamaulipas.

En la Tablas 6 y 7 se indican los pesos de cada uno de los criterios que componen el índice de diversificación de municipios productores.

**Tabla 5**  
**Superficie cañera en Ingenios Azucareros de la Huasteca Potosina**

Ingenio Azucarero	Superficie cañera (ha)	%
Alianza Popular	18,077.63	13.09
Plan de San Luis	18,587.60	13.46
Plan de Ayala	33,400.21	24.18
San Miguel del Naranjo	68,057.56	49.27
Total	138,123	100

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6**  
**Pesos de los criterios de diversificación de municipios cañeros**  
**(Índice de inconsistencia 0.05)**

Clave	Criterios para la diversificación del campo cañero	Tipo de criterio	Peso
DE	Destino de la producción cañera diferente a ingenios o experiencia en proyectos de diversificación cañera	Socioeconómico	0.155
RC	Rendimiento de campo de la unidad productiva cañera (t/ha)	Ecológico	0.144
PL	Superficie cañera con afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades (%)	Ecológico	0.123
CR	Unidades productivas con acceso a crédito (%)	Socioeconómico	0.117
DI	Superficie cañera con distancia al ingenio mayor a 5 km (%)	Socioeconómico	0.106
RG	Superficie cañera con riego (%)	Socioeconómico	0.077
ID	Índice de Desarrollo Humano (salud, educación e ingreso)	Socioeconómico	0.075
IC	Superficie cañera con diversificación de ingresos diferentes a la caña de azúcar (%) o experiencia en proyectos de diversificación no cañera	Socioeconómico	0.049
TM	Tamaño de la unidad productiva cañera (ha)	Socioeconómico	0.040
AT	Unidades productivas sin asistencia técnica y capacitación (%)	Socioeconómico	0.034
SP	Unidades productivas sin acceso a servicios públicos (%)	Socioeconómico	0.031
RS	Superficie cañera en ciclo resoca (%)	Ecológico	0.027
TE	Tenencia de la tierra (% régimen ejidal)	Socioeconómico	0.019
MO	Unidades productivas sin mano de obra contratada (%)	Socioeconómico	0.009
Total			1.000

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7**  
**Capacidad para diversificar la producción cañera en municipios productores de la Huasteca Potosina o Índice de diversificación**

Estado	Municipio	Zona de Abasto	Superficie (ha)	Ponderación
Tamaulipas	Antiguo Morelos	Ingenio San Miguel	15,183	0.604
	Ocampo	El Naranjo	18,881	0.568
	Nuevo Morelos		6,940	0.549
	Ciudad del Maíz		585	0.541
	Alaquines	Ingenio Alianza Popular	256	0.455
	El Naranjo	Ingenio San Miguel	26,838	0.424
		El Naranjo		
	San Vicente	Ingenio El Higo	208	0.411
	Tancuayalab			
	Tancanhuitz	Ingenio Plan de Ayala	1,283	0.382
San Luis Potosí	Ciudad Valles	Ingenio Plan de Ayala	41,536	0.377
		Ingenio Plan de San Luis		
	Tamuín	Ingenio Plan de Ayala	2,826	0.375
	Tamasopo	Ingenio Alianza Popular	15,720	0.345
	Tanlajas	Ingenio Plan de Ayala	3,114	0.340
	Rayón	Ingenio Alianza Popular	133	0.331
	Aquismon	Ingenio Alianza Popular	4,620	0.267

(1=Alto, 0=Nula, Media regional: 0.427)

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios ecológicos (RC, PL y RS) tienen un peso de 0.294 y los socioeconómicos (DE, CR, DI, RG, ID, IC, TM, AT, SP, TE y MO) 0.712; este resultado es consistente con las conclusiones de Eakin *et al.* (2011) y Bojórquez y Hallie (2009) que establecen que los criterios ecológicos o ambientales, propios de cultivos tipo plantación, representan alrededor del 30% del peso total y los socioeconómicos 70% en relación a la productividad.

En este sentido, la metodología adoptada permitió desarrollar en primer lugar, un marco sistémico y riguroso para la integración de factores o criterios regionales y locales a veces divergentes para el análisis de la capacidad para diversificar el sector. En segundo lugar, definir *a priori* (medida relativa o estándar establecido) que 41,589 ha (30.11% del total de la zona cañera) de cañaverales ubicados en los municipios de Antiguo Morelos, Ocampo, Nuevo Morelos (Tamaulipas) con valores de 0.604, 0.568 y 0.549 respectivamente y Ciudad del maíz en San Luis Potosí con y 0.541 y correspondientes en su conjunto al 60.8% de la zona de abasto del Ingenio San Miguel el Naranjo; presentan una alta capacidad para expandir la productividad y la diversificación productiva. De manera *posteriori* se puede señalar que de acuerdo a la ponderación resultante, basada en los factores o criterios en esta zona productiva, tales como la experiencia adquirida en proyectos de diversificación ya establecidos (trapiche, piloncillo, alimento de ganado, semilla de caña, entre otros), junto a la produc-

ción de materia prima en cantidad-calidad para ingenios y la obtención de altos rendimientos y la generación de subproductos agrícolas, llegan a explicar el 30% de la capacidad y decisión de los productores para diversificar la producción cañera y son criterios clave para evitar la competencia con la producción de azúcar y la planeación de proyectos futuros.

Estos pudieran estar basados en sub-criterios de la unidad productiva cañera tales como la tenencia de tierras, productividad, tamaño del predio, variedades, climas, suelos, degradación ambiental, canales de comercialización, relación costo-beneficio entre otros, así como también en la información de nuevos escenarios (medida absoluta), derivados del estándar espacial establecido en el presente trabajo (medida relativa). Sin embargo, el resto de los municipios: El Naranjo, San Vicente Tancuayalab, Tancanhuitz, Ciudad Valles, Tamuin, Tamasopo, Tanlajas, Alaquines, Rayón y Aquismón presentan índice de diversificación por debajo de la media regional (0.427), lo que establece que estos municipios tienden a especializarse en la producción de caña de azúcar para ingenios azucareros sin considerar otras opciones, además se caracterizan por tener en su mayoría indicadores ecológicos y socioeconómicos por debajo de promedio regional y de los municipios con alta capacidad de diversificación (Tabla 8).

El mapa resultante de la representación espacial de aptitud o alternativas del territorio en función del objetivo se observa en el Gráfico 2.

**Tabla 8**  
**Indicadores de los municipios productores de caña de azúcar**  
**por índice de capacidad de diversificación**

	Valor de los factores o criterios para la diversificación del campo cañero													
	RC	CR	RG	RS	IC	TM	TE	PL	DE	DI	ID	AT	SP	MO
Promedio Municipios con alto índice de diversificación	51.8	46.3	11.41	31.3	64.3	7.5	61.5	35.9	6.55	16.1	0.8	76.2	1.4	41.5
Promedio Municipios con bajo índice de diversificación	42	22	16.5	49.5	31	3.8	77.7	16.3	8.26	65.44	0.7	90	3.2	49.8
Promedio Regional	44.7	28.9	15.1	44.3	41	5	73	21.9	7.8	51.3	0.73	86.5	2.7	47.4

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Toma de decisiones en la agroindustria azucarera de la Huasteca

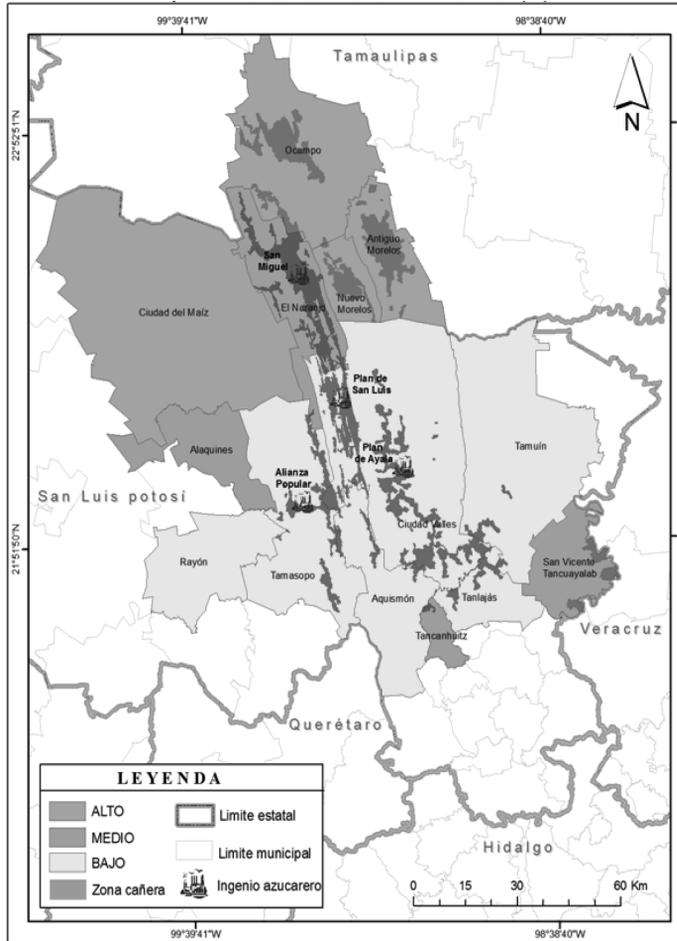
De acuerdo a los trabajos de Zein *et al.* (2010); Grenzebach, 2009); Ashfaq *et al.* (2008); Kamruzzaman (2007); Mishra (2002) y Summer y Wolf (2000) y los resultados alcanzados en esta investigación para la zona de estudio, se puede señalar que los municipios que presentaron un alto índice de diversificación, muestran que: 1) los criterios ecológico o ambientales del cultivo como afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades, 2) los criterios institucionales como acceso a crédito y riego, distancia de las unidades productivas a las carreteras principales y mercados y 3) los criterios socio-económicos como el tamaño la unidad productiva, nivel de educación, relaciones sociales en el campo, asistencia técnica y capacitación entre otros, se relacionan positivamente como medida relativa con su capacidad para adoptar en ellos proyectos de diversificación basados en la caña misma o en otros proyectos productivos, eso significa que si estas variables se mo-

dificaran en los demás municipios (Alaquines, El Naranjo, San Vicente Tancua-yalab, Tancanhuitz, Ciudad Valles, Tamuin, Tamasopo, Tanlajas, Rayón y Aquismon) el nivel potencial de diversificación de los mismos, también se incrementaría.

En este sentido, Waclawovsky *et al.* (2010) y Roebeling *et al.* (2006) concluyeron que la diversificación agroindustrial, en virtud de los actuales precios del azúcar, no debe dar lugar a una reducción de la oferta de caña de azúcar disponible para la producción de azúcar, que ponga en riesgo la viabilidad de la fábrica, y un suministro suficiente de caña de azúcar es un requisito previo para sostener el desarrollo de cualquier nueva industria (Vlosky *et al.*, 2005). Todo ello debido a que la industria es vulnerable y dependiente a la diversificación del uso del suelo, mientras la productividad del campo sea a la baja, como el caso del área de estudio.

En relación a lo anterior, Eakin *et al.* (2011) plantearon que entre otros los factores ecológicos o ambientales del cultivo (rendimientos, calidad agroindustrial, ciclo productivo, afectaciones por plagas y

**Gráfico 2**  
**Distribución espacial de los municipios de la Huasteca y capacidad para diversificar la producción cañera<sup>1</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

1 Para la representación espacial de la zona cañera (138,123 ha) se empleó el software ILWIS 3.3 (Integrated Land and Water Information System, ITC, ILWIS System) mediante la fotointerpretación de imágenes de satélite SPOT 5 HVR y la georeferenciación de los ingenios azucareros con un equipo GPS Garmin modelo GPSmap 60CSx.

enfermedades entre otros) son numerosos criterios que condicionan al productor a establecer diversas estrategias de competitividad (incremento de productividad, rentabilidad y diversificación). Entre estos factores cabe señalar aspectos 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.

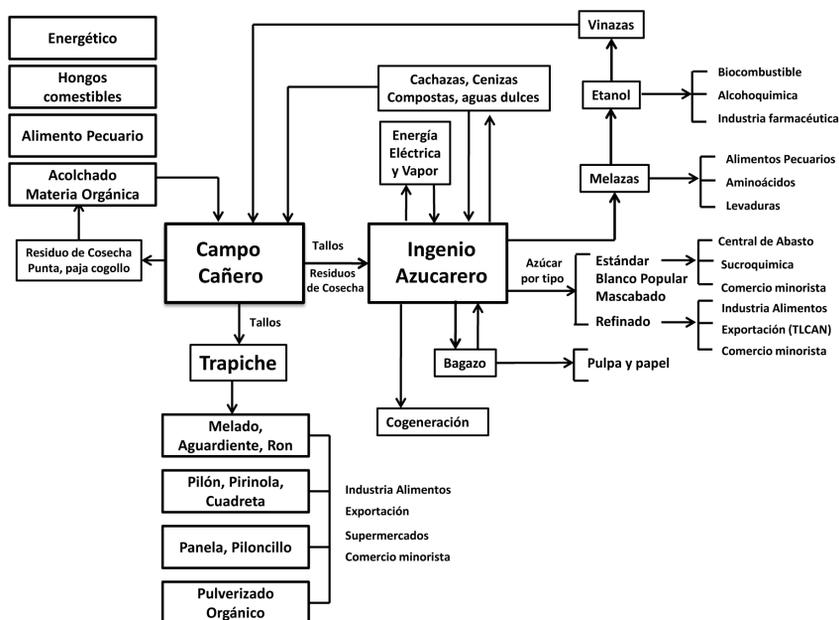
Papademetriou y Dent (2001) concluyeron que la aceptación o no de las alternativas de diversificación propuestas es una cuestión de incentivos. En términos económicos, los agricultores cañeros van a examinar si los ingresos generados por las alternativas son mayores que la tradicional producción. En cuanto a los aspectos sociales, un plan alternativo puede o no ser adecuado para los recursos de su explotación base en términos de tierra, mano de obra y la disponibilidad de capital. Eso significa que los recursos derivados del mercado y de la unidad productiva son los principales criterios que influyen en la toma de decisiones y en la asunción de riesgos para diversificarse y están en la decisión de los propios agricultores, y no en la elección del gobierno o las organizaciones cañeras. Los agricultores no aceptarán las alternativas si no pueden ver una oportunidad de mercado; también considerarán si la tierra, el trabajo y el capital que tienen son adecuados para un programa de diversificación.

En este sentido, la agroindustria azucarera de la Huasteca, derivada de su complejidad de factores o criterios de análisis, requiere forzosamente un modelo de desarrollo regional y políticas públicas, con tecnologías e innovaciones propias para ser autosuficientes en las áreas de alimentos, energía y combustibles (azúcares, cogeneración y etanol), tal como se propone (Diagrama 4).

Estos proyectos regionales en caña de azúcar representan los pasos iniciales que debe seguir este sistema agroindustrial para transitar de un modelo histórico estructural, a otro por medio de una transformación en sus paradigmas de competencia y el desarrollo de políticas públicas, con el fin de adaptarse a las nuevas condiciones del mercado por medio de una serie de estrategias:

- Desarrollar capital humano en los paradigmas de competitividad en la cadena agroindustrial de la caña de azúcar.
- Implementar la agricultura de precisión para el manejo de la variabilidad por sitio específico, gestión de plagas y enfermedades, logística de cosecha y transporte.
- Eliminación paulatina de la quema para el uso de la paja cañera en proyectos de diversificación como la alimentación de ganado y el pago por servicios ambientales por la minimización de Gases de efecto Invernadero (GEI's).
- Desarrollo de variedades para diversos ambientes agroecológicos y en el contexto de cambio climático.
- Lotificar las zonas cañeras, bajo el criterio de ambientes productivos, para

**Diagrama 4**  
**Proyectos regionales en caña de azúcar**



Fuente: Elaboración propia.

- disminuir costos e implementar la mecanización.
- Establecer programas de diversificación en la unidad productiva, sin disminuir la entrega de caña al ingenio para la producción de azúcar, mediante la reconversión de trapiches rústicos en trapiches tecnificados con productos diferenciados (panela, pilón, aguardientes, rones entre otros).
- Reconvertir ingenios hacia la producción de etanol directamente de la caña de azúcar o de la melaza para lograr en primer lugar la autosuficiencia nacional y regional.
- Incorporar lodo de filtros, cenizas de combustión en calderas, residuos de cosechas y vinazas de destilación directamente al campo como abonos.
- Creación de clústeres o concentración agroindustrial con el consenso de todos los actores.
- Llevar estudios multidisciplinarios que incluyan técnicas de cartografía participativa.
- Incorporar a académicos de diversas disciplinas para la creación de una nueva legislación que paulatinamente desregule el sector azucarero hacia un mercado libre de caña de azúcar y sus derivados.

- Formación de redes con el sector pecuario para el intercambio de materiales (residuos de cosecha para alimentación de ganado y estiércol para composteo y el biogás entre otros).

## 8. Conclusiones

El presente trabajo determino un *índice de diversificación* para el área de estudio, dada la naturaleza compleja de los indicadores que componen el concepto de diversificación, mediante la integración de la caracterización espacial, la identificación y el análisis de información existente y pertinente utilizando para ello el método de jerarquías analíticas (AHP) a nivel de la potencialidad actual necesaria para proyectos de diversificación en municipios y predios productores de caña de azúcar.

Los resultados de este índice sugieren que las decisiones de alcance tecnológico o técnicas aplicadas hasta el día de hoy, para alcanzar la diversificación, no solo dependen de un solo factor, por lo que los recursos, capacidades, habilidades, educación y motivación de los productores cañeros podrían ser vistos como el motor esencial de la diversificación a nivel local.

Este trabajo, constituye un paso inicial para que profesionales, líderes y organizaciones cañeras, gobierno, empresarios e investigadores de esta región cañera, actúen sinérgicamente para llevar a cabo gestiones e innovaciones tecnológicas e institucionales mediante políticas públicas diferenciadas para minimizar el impacto de los factores limitantes socioeconómicos y ecológicos.

Estos factores limitantes presentaron una importancia de 71.2% para los de carácter socioeconómicos y un 29.4% para los de carácter ecológicos. De allí que, las futuras acciones de investigación que se planteen a nivel de predio cañero, requieren la incorporación de un mayor número de variables y temporalidades, así como la generación de nuevos índices e información.

En la zona de estudio, los municipios de Antiguo Morelos, Ocampo y Nuevo Morelos en Tamaulipas y Ciudad del Maíz en San Luis Potosí presentaron el mayor valor en índice de diversificación, estos municipios se caracterizan por tener indicadores en su mayoría por encima de la media regional a excepción de la experiencia en proyectos de diversificación cañera, afectaciones al cultivo por plagas y enfermedades y riego, pero estas limitaciones no han afectado significativamente a la agricultura cañera que permita continuar con la entrega de materia prima a las fábricas de azúcar y piloncillo e inclusive innovar en el corto plazo hacia otras producciones con la caña misma o hacia otros cultivos intercalados o en rotación.

## Referencias Bibliográficas

- Aguilar, Noé (2012). Paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera de México. **Convergencia Revista de ciencias sociales**, 19(59) pp. 187-213.
- Aguilar, Noé; Galindo, Guadalupe; Contreras, Carlos y Fortanelli, Javier (2010). Zonificación productiva cañera en la Huasteca Potosina México. **Agronomía Tropical Venezuela** 60(2) pp. 139-154.

- Aguilar, Noé; Galindo, Guadalupe; Contreras, Carlos y Fortanelli, Javier (2009). **¿Por qué diversificar la agroindustria azucarera en México? Revista globalización competitividad y gobernabilidad**, 3(1) pp. 62-75.
- Ansoff, Igor (1965). Strategies for Diversification, **Harvard Business Review**, 35(5) pp. 113-124.
- Antony, George (2005). Industry transition and sugarcane farm households in Maryborough. The Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, 8-11 February 2005, Coffs Harbour, p. 15.
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria ASERCA (2004). Plan Rector del sistema producto caña de azúcar [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/PRector/24\\_SLP/AG\\_CanaAzucar.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/PRector/24_SLP/AG_CanaAzucar.pdf)
- Ashfaq Muhammad, Sarfraz Hassan, Muhammad Zeeshan Naseer, Irfan Ahmad Baig y Javeria Asma (2008). Factors affecting farm diversification in rice-wheat. **Pak. J. Agri. Sci.**, 45(3) pp. 91-94.
- Bandaranaike, Solomon (2005). Crisis and Change: Engaging Rural Communities in the Sugar Industry. <http://www.engagingcommunities2005.org/abstracts/Bandaranaike-Suniti-final.pdf>
- Bassols, Ángel (2003). Elementos de metodología de investigaciones geoeconómicas regionales. Investigaciones Geográficas, **Boletín del Instituto de Geografía, UNAM**, 50, pp. 147-165.
- Bojórquez, Luis y Hallie, Eakin (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, pp.10 [http://www.creativedecisions.net/~rozann/OProceedings/Final\\_Papers/13\\_Bojorquez\\_ANP\\_in\\_Complex\\_System\\_REV\\_FIN.pdf](http://www.creativedecisions.net/~rozann/OProceedings/Final_Papers/13_Bojorquez_ANP_in_Complex_System_REV_FIN.pdf)
- Buchholz, Thomas, Volk Timothy, Luzadis y Valerie (2007). A participatory systems approach to modeling social, economical and ecological components of bioenergy. **Energy Policy**, 35, pp. 6084-6094.
- Cáceres, Daniel (1994). Estrategias campesinas y riesgo. **Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina**, 3, pp. 2-6.
- Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera –CNIAA- (2010). Manual Azucarero Mexicano 2010. Editado por Cámara Nacional de las Agroindustrias Azucarera y Alcoholera. Edición 53, p. 470.
- Confederación Nacional de Propietarios Rurales CNPR (2011). Estadísticas azucareras. <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.html>
- Contreras Ana, Elena Rosa, Maylier Perez, Herman Van Langenhove y Jo Dewulf (2009). Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using byproducts of cane sugar production. **Journal of Cleaner Production**, 17 pp. 772-779.
- Chandler, Alfred D. Jr. (1962). **Strategy and Structure**, Cambridge, MA: MIT Press.
- Chaplin, Hannah (2000). Agricultural diversification: a review of methodological approaches and empirical evidence. Department of Agricultural Economics and Business Management, Wye College, University of London. Working paper 2, p. 70.
- Chen J. Yu, K. Shahbaz, E. Xevi (2009). A GIS-Based Sensitivity Analysis of Multi-Criteria Weights. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. [http://www.mssanz.org.au/modsim09/I2/chen\\_y.pdf](http://www.mssanz.org.au/modsim09/I2/chen_y.pdf)
- Díaz, Jesús y Blanco, Jorge (2000). Evaluación del potencial para acuicultura

- costera de camarón en el entorno de la laguna de Mar Muerto, mediante la aplicación de técnicas de análisis multicriterio con un SIG. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM**, 41, pp. 62-80.
- Domac, Julije, Keith Richards, Stjepan Risovic (2005). Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. **Biomass & Bioenergy**, 28 pp. 95-266.
- Eakin Hallie, Luis, Bojorquez-Tapia, Rafael Monterde, Edwin Castellanos y Jeremy Haggar (2011). Adaptive Capacity and Social-Environmental Change: Theoretical and Operational Modeling of Smallholder Coffee Systems Response in Mesoamerican Pacific Rim. **Environmental Management**, 47(3) pp. 352-367.
- Erden Turan y Mehmet Zeki Coskun (2010). Multi-criteria site selection for fire services: the interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 10 pp. 2127-2134.
- Escobal, Javier (2004). Los determinantes de la diversificación del ingreso no agrícola en el Perú rural <http://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ah500s/ah500s01.pdf>
- Franco, Marta (2008). Use of Geographical Information Systems to evaluate the potential of cogeneration from sugarcane residues in the state of São Paulo, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 120 pp. Dissertation (M.Sc.).
- Gallardo-López, Felipe; Riestra-Díaz, David; Aluja-Schunemann, Andrés y Martínez-Dávila, Juan (2002). Factores que determinan la diversidad agrícola y los propósitos de producción en los agroecosistemas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. **Agrociencia**, 36 pp. 495-502.
- Godoy, Ricardo y Bennett, Christopher (1999). Diversification among Coffee Smallholders in the Highlands of South Sumatra, Indonesia. **Human Ecology**, 16(4) pp. 397-420.
- Gómez-Limón, José y Riesgo, Laura (2008). Alternative approaches on constructing a composite indicator to measure agricultural sustainability. 107th EAAE Seminar "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies". Sevilla, Spain, January 29th -February 1st, 2008, p. 25.
- Gómez, Montserrat y Barredo, Jose (2006). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2da edición. Edit. Alfaomega Ra-Ma, México, p. 279.
- Grenzebach, Ernst (2009). Exit strategy – the cost to farmers of moving out of sugarcane. En: Restructuring and Diversification Management Unit (RDMU) to Coordinate the Implementation of the National Adaptation Strategy to the EU Sugar Reform, Swaziland. Ministry of Economic Planning and Development Swaziland, p. 94.
- Haque Tajamul, Bhattacharya Mondira, Gitesh Sinha, Purtika Kalra, Saji Thomas (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\\_agri-div1102.pdf](http://planningcommission.nic.in/reports/sereport/ser/ser_agri-div1102.pdf)
- Herrera-Seara, María Ángeles, Fernando, Aznar Dols, Monserrat, Zamorano y Enrique Alameda-Hernandez (2010). Optimal location of a biomass power plant in the province of Granada analyzed by multi-criteria evaluation using appropriate Geographic Information System according to the Analytic Hierarchy Process. Proce-

- edings of International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), Spain, 23-25th March, 2010, pp. 1-5.
- Hildebrand, Clive (2002). Independent Assessment of the Sugar Industry, Report to the Hon. Warren Truss MP Minister for Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra, p. 54.
- Higgins, Andrew; Thorburn, Peter; Archer, Ainsley and Jakku, Emma (2007). Opportunities for value chain research in sugar industries. **Agricultural Systems** 94, pp. 611–621.
- Jiménez Zamora, Elizabeth (2007). La diversificación de los ingresos rurales en Bolivia. **Flacso-Iconos. Revista de Ciencias Sociales**, 29, pp. 63-76.
- Kamruzzaman Mohammad, Mirza Hasanuzzaman (2007). Factors affecting profitability of sugarcane production as monoculture and as intercrop in selected areas of Bangladesh. **Bangladesh J. Agril. Res.** 32(3) pp. 433-444.
- Kingpaiboon, Sununtha (2006). A Suitable Schedule for Harvesting and Delivering of Sugar Cane (Application Using Remote Sensing and GIS). [http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/A-3\\_A15.pdf](http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/A-3_A15.pdf)
- Macedo, Isaías; Seabra, Joaquim y Silva, Joao (2008). Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, 32 pp. 582-595.
- McNamara, Kevin y Weiss, Christoph (2001). On- and Off-Farm Diversification. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/20520/1/sp01mc01.pdf>
- Malczewski, Jacek (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley, New York.
- Marinoni, Oswald (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. **Computers & Geosciences**, 30 pp. 637–646.
- Martin, John y Akin, Sayrak (2003). Corporate Diversification and Shareholder Value: A Survey of Recent Literature. **Journal of Corporate Finance**, 9(1) pp. 37-57.
- Mishra Ashok, y Hisham, El-Osta (2004). Factors Affecting Farm Enterprise Diversification. *Agricultural Finance Review*, Fall, pp. 151-166.
- Mishra, Ashok y Hisham, El-Osta (2002). Risk management through enterprise diversification: A farm level analysis. AAEA meetings in Long Beach, CA, U.S.A. July 28-31. [Http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19711/1/sp02mi02.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19711/1/sp02mi02.pdf)
- Moore, Paul (2009). Sugarcane Biology, Yield, and Potential for Improvement [http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen\\_Moore.pdf](http://www.fapesp.br/pdf/bioen1803/Bioen_Moore.pdf)
- Mubarik, Ali (2004). Agricultural Diversification and International Competitiveness Report of the APO Study Meeting on Agricultural Diversification and International Competitiveness, Edited by Dr. Agriculture Economist/Head of the Socioeconomic Unit and Economic and Nutrition Project, Asian Vegetable Research and Development Center, Republic of China, p. 292.
- Naraine, Leighton (2005). An Examination of Factors Influencing Policy Design and Implementation of Non-Sugar Agricultural Diversification in St. Kitts. Sir Arthur Lewis Institute of Social and Economic Research University of the West Indies 53 p. [Http://www.cavehill.uwi.edu/SALISES/conferences/past-conferences/6th-annual-conference-2005.aspx](http://www.cavehill.uwi.edu/SALISES/conferences/past-conferences/6th-annual-conference-2005.aspx)
- Nardo, Michela; Michaela, Saisana; Andrea Saltelli y Stefano Tarantola (2005). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user gui-

- de. OECD Statistics Working Paper. OECD, Paris. [Http://www.oecd.org/dataoecd/37/42/42495745.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/37/42/42495745.pdf)
- Nguyen, Lan y Shabbir H., Gheewala (2008). Life cycle assessment of fuel ethanol from cane molasses in Thailand. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 13 pp. 301-311.
- Nothard Richard y Gerald Ortmann (2005). Attributes of small-scale sugarcane contractors that influence their service quality in kwazulu-natal. **Agrekon**, 44 pp. 402-422.
- Oddershede, Astrid, Arnoldo, Arias y Hugo, Cancino (2007). Rural development decision support using the Analytic Hierarchy Process. **Mathematical and Computer Modelling**, 46(7-8) pp. 1107-1114.
- Osorio, Benito (2009). Análisis teórico de la relación entre diversificación corporativa y resultados empresariales. **Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa** 15(2) pp. 105-126.
- Papademetriou, Minas y Frank, Dent (2001). Crop Diversification in the Asia-Pacific Region. Food and agriculture organization of the United Nations regional office for Asia and the pacific Bangkok, Thailand <http://www.fao.org/docrep/003/x6906e/x6906e00.htm#Contents>.
- Pérez, Abel (2007). Tenencia de la tierra e agroindustria azucarera. Edit. Porrua, México, p. 214.
- Piñeiro Martin (2009). El contexto internacional y regional para el desarrollo agropecuario y rural de América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José, C.R., p. 36.
- Pope, Rulon y Richard, Prescott (1980). Diversification in relation to farm size and other socio-economic characteristics. **American Journal of Agricultural Economics**, 62(3) pp. 554-559.
- Ramanujam, Vasudevan y Rajan Varadarajan (1989). Research on Corporate Diversification: A Synthesis. **Strategic Management Journal**, 10 pp. 523-551.
- Ramjeawon, Toolseeram (2008). Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius. **Journal of Cleaner Production**, 16 pp. 1727-1734.
- Riveros, Patricia (2004). La Diversificación desde la Teoría de Recursos y Capacidades. **Cuadernos de Estudios Empresariales** 14 pp. 87-104.
- Roebeling, Peter; Mark, Smith y Martijn, van Grieken (2006). Exploring environmental-economic benefits from agri-industrial diversification in the sugar industry: an integrated land use and value chain approach. 26th Conference of the International Association of Agricultural Economists (IAAE), Gold Coast, Australia, 12-18 August, 2006, p. 16.
- Rozman, Ęrtomir y Karmen Pažek (2005). Application of Computer Supported Multi-criteria Decision Models in Agriculture. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, 70(4) pp. 127-134.
- Rumelt, Richard (1982). Diversification Strategy and Profitability. **Strategic Management Journal**, 3(4) pp. 359-369.
- Saaty, Thomas (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 48 pp. 9-26.
- Saaty, Thomas (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, 15(3) pp. 234-281.
- Samizava, Tiago Matsuo, Rodrigo Hiroshi Kaida, Nilton Nobuhiro Imai, y João Rodrigues Nunes (2008). SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no muni-

- cípio de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, 60 pp. 43-55.
- Sistema de Información Agropecuaria -SIAP- (2010). Padrón De Productores De Caña De Azúcar (Zafra 2006-2007). Secretaria de Agricultura Pesca y Alimentación SAGARPA. [Http://siazucar.siap.gob.mx/informacion.php?cv\\_cl=6&cv\\_in=30](http://siazucar.siap.gob.mx/informacion.php?cv_cl=6&cv_in=30)
- SAGARPA (2013). Reporte de cierres de la zafra azucarera. [Http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE](http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE)
- Silva Júnior Aziz Galvão, Ronaldo, Perez (2009). Análise de investimento em unidade de produção de óleo vegetal utilizando a metodologia “Analytic Hierarchy Process” com o software “Expert Choice. In. 7° Congresso Brasileiro de Agroinformática. Viçosa – MG. 21 a 25 de setembro.
- Smeets, Edward, Martin, Junginger, Andre, Faaij, Arnaldo, Walter, Dolzan y Wim Turkenburg (2008). The sustainability of Brazilian ethanol - an assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and Bioenergy**, 32 pp. 781-813.
- Solomon, Suchil (2000). Sugar production in India by 2000 ad. 1. Constraints and strategies for increasing production and production efficiency. Sugarcane: Research Towards Efficient and Sustainable Production. En. Wilson JR, Hogarth DM, Campbell JA and Garside AL (Eds). CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, Brisbane, pp. 9-11.
- Summer, Daniel y Cristhoper, Wolf (2000). Diversification, vertical integration and regional patterns of dairy farm size. **Review of Agricultural Economics**, 24(2) pp. 442- 457.
- Tenerelli, Patrizia y Massimo Monteleone (2008). Combined land-crop multicriteria evaluation for agro-energy planning. Italy: SUSTOIL. University of Foggia; <http://sites.google.com/site/sustoilfg/VP5.2.12.pdf>
- Tienwong Kanlaya, Songkot, Dasananda, Chalie, Navanugraha (2009). Integration of land evaluation and the analytical hierarchical process method for energy crops in Kanchanaburi, Thailand. **Science Asia**, 35 pp. 170–177.
- Valverde, Javier (2009). Análisis de la situación económica de la industria azucarera colombiana. Trabajo de Grado para Optar por el Título de Economista Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas programa de economía Santiago de Cali, p. 103.
- Vlosky, Richard, Francisco, Aguilar y Qinglin, Wu (2005). Demographic profile and spatial analysis of sugarcane growers in Louisiana. **Journal American Society Sugar Cane Technologists**, 25 pp. 157-172.
- Waclawovsky, Alessandro, Paloma, Sato, Carolina, Lembke, Paul, Moore y Glauca M.Souza (2010). Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. **Plant Biotechnology Journal**, 8 pp. 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) pp. 63-74.
- Windle, Jill y John, Rolfe (2003). Diversification in the sugar industry: the growers perspective in central Queensland, Australia. Proceedings of 14th International Farm Management Congress: Farming at the edge, Burswood Convention Centre, Perth, Western Australia, August, pp. 1-11, <http://www.ifmaonline.org/pdf/congress/Windle%20Rolfe.pdf>

- Windle, Jill (2003). Opportunities for Change in the Sugar Industry, Preliminary Results from a survey of Sugarcane Growers in Sarina, Mackay and Proserpine, Report for survey respondents, Central Queensland University, Rockhampton. <http://acquire.cqu.edu.au:8080/vital/access/manager/Repository/cqu:4706>
- Wynne Adrian y Michael Lyne (2004). Rural economic growth linkages and small scale poultry production: a survey of producers in kwazulu-natal. **Agrekon**, 43 pp. 1-21.
- Zein Kallas, Teresa, Serra y José, Gil (2010). Farmers' objectives as determinants of organic farming adoption: the case of Catalanian vineyard production. **Agricultural Economics**, 41(5) pp. 409-423.