

# Estrategias metodológicas para el análisis de la reconversión y diversificación productiva de regiones cañeras

NOÉ AGUILAR RIVERA<sup>1</sup> ✉

Recibido: 19/01/2016 | Aceptado: 13/05/2016

## Resumen

El azúcar ha sido el principal producto comercial de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La producción del edulcorante en México depende de tres factores: a) cantidad y calidad de caña de azúcar industrializada; b) rendimiento de la fábrica; y c) capacidad instalada y de molienda de ingenios azucareros. Sin embargo, el análisis de factores de producción que afectan su competitividad (productividad y capacidad de diversificación) se ha llevado a cabo sin considerar la distribución espacial y temporal, aptitud agroecológica de las regiones cañeras y factores limitantes socioeconómicos. Este trabajo identificó mediante el método multicriterio AHP (Jerarquías analíticas) en sistemas de información geográfica y técnicas participativas, como herramientas para el análisis de sistemas complejos, donde los factores clave Aptitud agroclimática al cultivo de caña de azúcar; Rendimiento de campo; y Tamaño de la unidad de producción explican el 78 % del potencial de regiones cañeras para establecer proyectos de diversificación y/o reconversión productiva. Sin embargo, para los productores cañeros la diversificación es un tema conocido, pero poco atractivo.

---

Palabras clave: Campo cañero; AHP; evaluación multicriterio.

---

## Abstract

*Methodological strategies for analysis of the productive reconversion and diversification of sugarcane regions*

Sugar has been the major commercial product from sugarcane (*Saccharum officinarum*). Production of the sweetener in Mexico depends on three factors: a) the amount and quality of the industrialized sugar cane, b) sugar mill yield, and c) the installed capacity and crushing capacity in sugar mills. However, the analysis of production factors affecting their competitiveness (productivity and diversification capacities) has been carried without considering the spatial and temporal distribution and agro ecological aptitude of sugarcane regions and others socioeconomic constraints. This study to identify using the multicriteria method AHP (Analytic Hierarchy) in a GIS and participatory techniques, as suitable tools for analyzing complex systems, the key factors that determine the potential of sugarcane supply areas to establish diversification projects are sugarcane land suitability, sugarcane yield and farm size account for 78% of the potential of sugar cane regions. However, for sugarcane growers diversification it is known but still unattractive.

---

Keywords: sugarcane crop field; AHP; multicriteria evaluation

---

1. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana (México). [naguilar@uv.mx](mailto:naguilar@uv.mx)

## Résumé

### *Stratégies méthodologiques pour l'analyse de la conversion et la diversification des régions de canne à sucre*

Le sucre a été le principal produit commercial de la canne à sucre (*Saccharum officinarum*). La production de l'édulcorant au Mexique dépend de trois facteurs: a) la quantité et la qualité de la canne à sucre industrialisée; b) la performance de l'usine; et c) capacité des installations et moulins de broyage des usines. Cependant, l'analyse des facteurs de production qui affectent la compétitivité (productivité et la capacité de diversification) a été effectuée sans tenir compte de la distribution spatiale et temporelle, l'aptitude agro-écologique des régions de canne à sucre et les facteurs limitatifs socio-économiques. Ce travail a identifié au travers de la méthode multicritère AHP (Analytical Hierarchy) avec des systèmes d'information géographique et des techniques participatives comme outils pour l'analyse des systèmes complexes, au les facteurs clés aptitude agroclimatique pour la canne à sucre; la performance sur le terrain et la taille de l'unité de production expliquent le 78% du potentiel des régions de la canne à sucre pour établir des projets de diversification et / ou reconversion productive. Cependant, pour les producteurs de canne à sucre la diversification est un problème connu, mais peu attrayant.

---

Mots-clés: Terrain de canne à sucre; AHP; évaluation multicritère.

---

## 1. Introducción

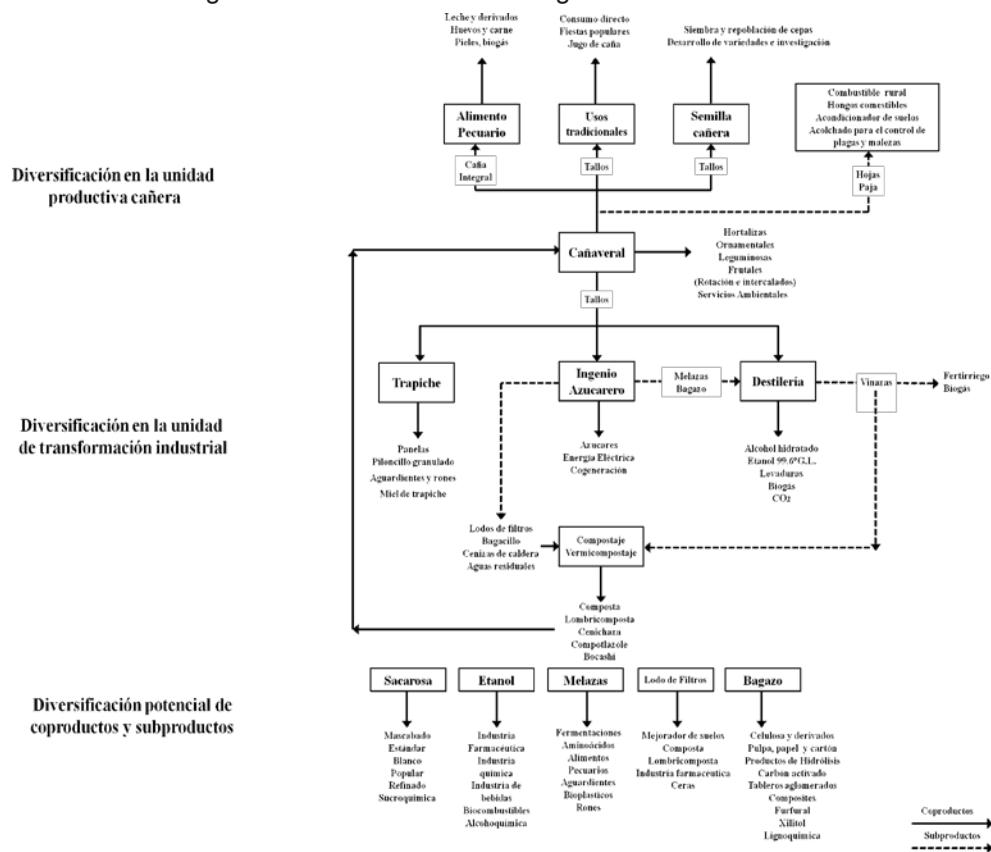
La caña de azúcar fue introducida en México en el siglo XVI, actualmente la superficie cultivada supera las 800 mil hectáreas. Es el séptimo productor y consumidor de azúcar en el mundo. Los campos cañeros, ingenios azucareros, grupos empresariales, productores y consumidores se encuentran distribuidos como la agroindustria azucarera en 15 estados de la República: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz con 51 fabricas, donde se concentra el 13% de la población nacional. La región del Golfo (Veracruz y Oaxaca), el noreste (Huasteca) y la costa central del Pacífico (Jalisco, Colima y Michoacán) representan más de 80 % de la producción total de azúcar. Sin embargo, la mayoría de los ingenios se encuentran por debajo de los indicadores internacionales de competitividad y capacidad para diversificar y/o reconvertir su producción básica (Senties-Herrera *et al.*, 2014).

La diversificación, como elemento de la competitividad en la agroindustria azucarera, ha sido abordada en numerosos estudios como una forma de acelerar la viabilidad económica de la producción agroindustrial a largo plazo, mediante la mejora en la rentabilidad y sostenibilidad, y el cambio hacia otros cultivos o actividades económicas en la agricultura, procesos productivos en la industria y el uso de subproductos en la cadena de valor (Renouf *et al.*, 2013). En este sentido, en todos los países productores de azúcar de caña se han adoptado desde 1970 políticas de "diversificación y/o reconversión" con la introducción de otros cultivos en tierras sembradas con caña y uso de subproductos en ingenios azucareros. Sin embargo, la diversificación de la agroindustria azucarera, es un proyecto sumamente complejo para incrementar ingresos disminuir costos de producción e impactos ambientales, convirtiendo subproductos en materias primas en nuevos ciclos productivos como cogeneración, compostas, etanol combustible bajo el concepto de integración productiva (Eggleston y Lima, 2015; Renouf *et al.*, 2013)

### 1.1. Diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar

La producción de materia prima y bienes derivados en la agroindustria azucarera se caracterizan por complejas interacciones entre factores económicos, ambientales y sociales, y la diversificación y/o reconversión son procesos que pueden ser vistos en varias etapas. Inicialmente, la diversificación de cultivos se encuentra en el nivel en el que se ha producido un cambio de monocultivo; la unidad productiva cuenta con más de una empresa y puede producir cosechas diversas en distintas épocas del año; por lo tanto, la diversificación es entendida como agricultura mixta. A su vez, puede ser considerada como practicas no convencionales con respecto a las actividades tradicionales de explotación agrícola familiar, e incorpora la utilización de los recursos y capacidades para actividades no agrícolas en la explotación cañera convencional, para posteriormente seguir un proceso de diversificación en unidades industriales basado en coproductos y subproductos (Álvarez-Mosso *et al.*, 1984) (Figura 1).

Figura 1. Diversificación en la agroindustria azucarera



Fuente: Elaboración propia

Para el sector agropecuario, la literatura clásica de diversificación se ha desarrollado desde la década de 1950, siguiendo los trabajos iniciales de Heady (1952) y Markowitz (1968), donde la diversificación es una estrategia que utiliza el excedente de capacidad de los factores de producción (tierra, trabajo, capital, tecnología, innovaciones). En relación al análisis de la diversificación agroindustrial, gran parte de la investigación se ha basado en datos cuantitativos de los factores que la inducen. Los estudios suelen resaltar factores internos (tamaño y tipo de explotación, ubicación geográfica, educación, edades etc.) y factores externos (físicos, estructurales, institucionales y socioeconómicos). Sin embargo, la caña de azúcar, no tienen valor de uso para autoconsumo. En este modelo económico, el bagazo (la fibra que queda después de la molienda)

se quema para generar vapor y energía para la fábrica de azúcar, mientras que los residuos de cosecha son para alimento pecuario o se queman. Los ingresos derivados de la venta de melazas y lodo de filtros (cachaza) la producción de etanol, compostas y otros bienes, no son considerados en la legislación mexicana (Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar), por lo tanto, no existe interés para los productores cañeros.

En este sentido, se considera que numerosos productores no serán capaces de ampliar escala de producción y una opción viable es la diversificación de los ingresos derivados de cultivos intercalados o en rotación y la conversión de subproductos (Windle, 2005). Por otra parte, Wacławovsky *et al.* (2010) concluyó que un alto índice de campo en cantidad y calidad (caña molida, rendimiento agroindustrial, de campo, fibra y sacarosa) y la capacidad del campo para cubrir la demanda al mercado (ingenios, trapiches, destilerías y biorefinerías) son los factores que *a priori* permiten identificar las oportunidades de diversificación, mediante la adopción de tecnologías de gestión ambiental para incrementar los rendimientos y la incorporación paulatina de más superficie al cultivo con sistemas de asociación, intercalación o en rotación de otros cultivos.

Sin embargo, la agroindustria azucarera en México, actualmente posee un enfoque mayormente de crecimiento cuantitativo, la infraestructura social y productiva es insuficiente, porque produce en suelos de baja fertilidad y procesa caña de calidad heterogénea en fábricas desbalanceadas, como resultado del equipamiento instalado de baja eficiencia mecánica y termodinámica, sin independencia energética y sin la producción de otros bienes, dependientes del petróleo para la continuidad de molienda y la producción de azúcar (Campos-Ortiz y Oviedo-Pacheco, 2013). Por lo tanto, para la agroindustria azucarera nacional, existen problemas de conceptualización y medida de la diversificación, que hacen difícil contrastar la hipótesis de su relación con los resultados de la empresa (ingenios azucareros, trapiches y destilerías); además, la utilización de distintos indicadores simples rendimientos y factores de productividad (paradigma tecno-económico) es limitada y solo han logrado proporcionar una visión incompleta del proceso diversificador, ignorando ventajas competitivas en el largo plazo. (Aguilar-Rivera, 2012).

En la literatura especializada, los estudios de los factores que influyen a diversificar son abordados de forma general (Erdorf *et al.*, 2013; Rello y Saavedra, 2013). Por esta razón, se considera necesario un abordaje multidisciplinario económico, ambiental, agronómico, de ingenierías, financiero y estratégico para incorporar variables o factores de forma integradora, cuantitativa y cualitativa y no individual (Campillo *et al.*, 2009). Así, se deben entender los factores limitantes y las fuerzas conductoras que influyen en un ámbito geográfico y temporal, determinado por la agregación de un conjunto multidimensional de indicadores y factores complejos en un solo índice a través de la Teoría de la Decisión Multicriterio para la toma de decisiones estratégicas (Saaty, 1990). Así mismo, se requiere una aproximación espacial de los factores económicos y ambientales de la producción de materia prima, y de las opciones de procesamiento agro-industrial y mercados, en combinación con modelos de gestión y políticas públicas diferenciadas (Campos-Ortiz y Oviedo-Pacheco, 2013).

En este sentido, los estudios de diversas disciplinas sobre el tema azucarero en México, han llegado a planteamientos similares ya que se refiere a la identificación, en el ámbito del territorio nacional, de diversas regiones con numerosos factores socioeconómicos y ambientales y características geográficas, tecnológicas, institucionales y culturales comunes relacionados con el sector cañero (García *et al.*, 2016). Por ello, se hace necesaria la determinación de la importancia relativa

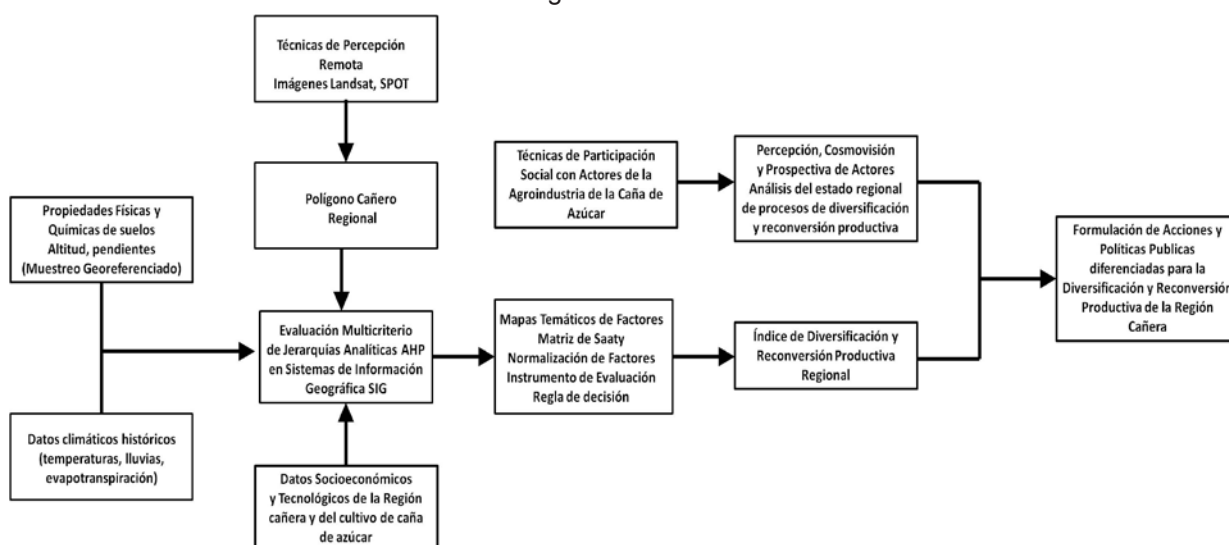
(peso relativo), a escala regional, de cada uno de los factores y de los criterios que la condicionan o limitan, teniendo en cuenta que los mismos forman una jerarquía.

La evaluación multicriterio (EMC) con el uso de técnicas de análisis espacial en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una herramienta eficaz que permite aplicar este enfoque y calcular un indicador compuesto o índice, que permita diagnosticar los sistemas productivos regionales buscando identificar sus factores determinantes y compararlos dentro de un mismo criterio de evaluación con factores agroecológicos de clima, suelo y factores técnicos y socioeconómicos de la unidad productiva y características económicas regionales dando un carácter cuantitativo y cualitativo a las evaluaciones realizadas (Eakin y Bojorquez, 2011).

## 2. Metodología

El presente trabajo empleó metodologías de análisis regional propuestas por Bassol (2003) que estableció que para el análisis geoestadístico a nivel regional y local es necesario construir bases de datos que representen la heterogeneidad ambiental y agrícola y de los agricultores, variables de productividad y de los factores económicos y sociales (Figura 2).

Figura 2. Síntesis metodológica para el análisis de la diversificación/reconversión productiva de regiones cañeras

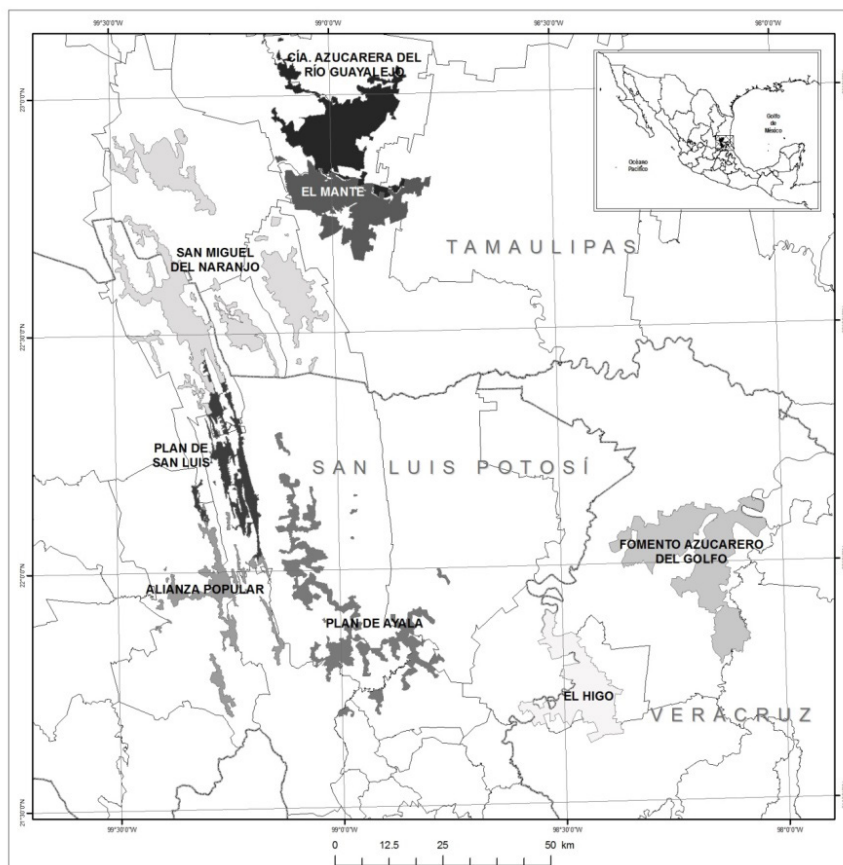


Fuente: Elaboración propia.

La metodología adoptada permitió combinar o sinergizar en un Sistema de Información Geográfica (SIG), tanto técnicas estadísticas del sector y datos espaciales en mapas base del cultivo de caña de azúcar, elementos del clima, propiedades físicas y químicas de suelos y factores socioeconómicos (Kumar *et al.*, 2010). Es importante considerar que, aunque la ubicación espacial del cultivo de caña (polígono cañero), los factores climáticos, y algunas de las propiedades químicas del suelo (conductividad eléctrica, pH, capacidad de intercambio catiónico, calcio fertilidad y saturación de bases) no muestran una variación significativa con el tiempo para afectar la productividad cañera, sí influyen en la idoneidad de otros cultivos en el área de estudio a diversificar. Es decir, una primera cuestión a abordar se relaciona con las características de una visión espacial del proceso de producción del cultivo o plantación actual, a partir de un enfoque regional con el

uso de teledetección y SIG<sup>2</sup> y posteriormente con técnicas cualitativas para evaluar la percepción de los actores. Las nuevas actividades (industriales, agrícolas, ganaderas, forestales, acuícolas, etc.) propuestas como proyectos de diversificación, tienen que ser asignadas a diferentes zonas en función de sus requisitos agroecológicos y en los recursos y capacidades disponibles (Ray, 2005). Esta metodología se evaluó tomando como estudio de caso la región cañera de la Huasteca México; que comprende los estados de San Luis Potosí, sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz que son proveedores de materia prima para los ingenios azucareros (Mapa 1).

Mapa 1. Región cañera Huasteca México



Fuente: Elaboración propia con datos de CONADESUCA (2016)

En esta región, los suelos predominantes son vertisoles, rendzina, regosoles, histosoles y luvisoles con profundidad de media a profunda y textura media a fina. El clima dominante es (A)Cm (Semicálido-húmedo con temperatura media anual de 18 a 22°C), Aw1 (muy cálido subhúmedo con temperatura media mayor de 18°C) y Am (cálido húmedo con temperatura media anual de 18 a 22°C). Este cultivo fue introducido a la zona en el siglo XVI por la conquista, pero el desarrollo industrial azucarero se inicia sistemáticamente en el siglo XX en la década de 1960 y hasta 1985 con la instalación de ingenios azucareros. Actualmente existen en la región 23,538 productores de caña de azúcar (14.3 % del total nacional) (Aguilar-Rivera *et al.*, 2013).

2. El polígono cañero de la región cañera fue obtenido a partir de imágenes Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) 2644, 2645, 2744, 2745 (órbita/punto) con diversas fechas de captura; resolución espacial de 30 x 30 m, las cuales fueron corregidas geográficamente empleando el Datum norteamericano de 1927 y la proyección Transversal de Mercator (UTM zona 14 Norte). Para el procesamiento digital fue empleado el software ILWIS 3.3 (Integrated Land and Water Information System). Posteriormente el polígono fue corregido y actualizado mediante recorridos de campo en la región cañera georeferenciando los predios cañeros empleando un equipo GPS Garmin modelo GPSmap 60CSx.

El campo o zona de abasto cañero está conformado por unidades de producción o frentes de corte. Al ser la región una de las mayores productoras de sacarosa del país, tiene un amplio potencial de desarrollo, aunque también problemas particulares. Esta región representa el 20.8 % de la superficie cañera en México y produce el 19.4 % de la materia prima y el 17.9 % del azúcar a nivel nacional. Sin embargo, durante la última década, los ingenios que operan: Alianza Popular, Plan de Ayala, Plan de San Luis, San Miguel del Naranjo, El Mante (Xicotencalt), Aarón Sáenz Garza (Compañía Azucarera del Río Guayalejo), El Higo y Panuco (Fomento Azucarero del Golfo), registraron la desaceleración en sus indicadores de productividad y se enfrenta a la baja rentabilidad al tener rendimiento de campo (t/ha) 7.03 % y de fábrica 8.26 % menores a la media nacional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores agroindustriales de la Región Huasteca

Zona de abasto cañero	Hectáreas cosechadas (ha)	Caña molida bruta (t)	Azúcar producida (t)	Rendimiento en campo (t/ha)	Rendimiento en fábrica (%)	Antigüedad (Año de fundación)
Alianza Popular	20,367	1,159,382	129,961	56.93	11.21	1975
Plan de Ayala	18,860	1,119,883	110,873	59.38	9.9	1963
Plan de San Luis	20,027	1,168,654	136,013	58.35	11.64	1986
San Miguel del Naranjo	28,809	1,699,807	183,529	59	10.8	1974
Aarón Sáenz Garza	17,225	1,112,039	101,268	64.56	9.11	1949
El Mante	13,212	759,847	70,847	57.51	9.32	1930
El Higo	24,611	1,793,904	180,614	72.89	10.07	1898
Panuco	19,661	1,575,620	156,270	80.14	9.92	1896
Promedio Regional	162,772	10,389,136	1,069,375	63.6	10.25	70 años
Promedio Nacional	783,515	53,599,827	5,984,961	68.409	11.166	82 años

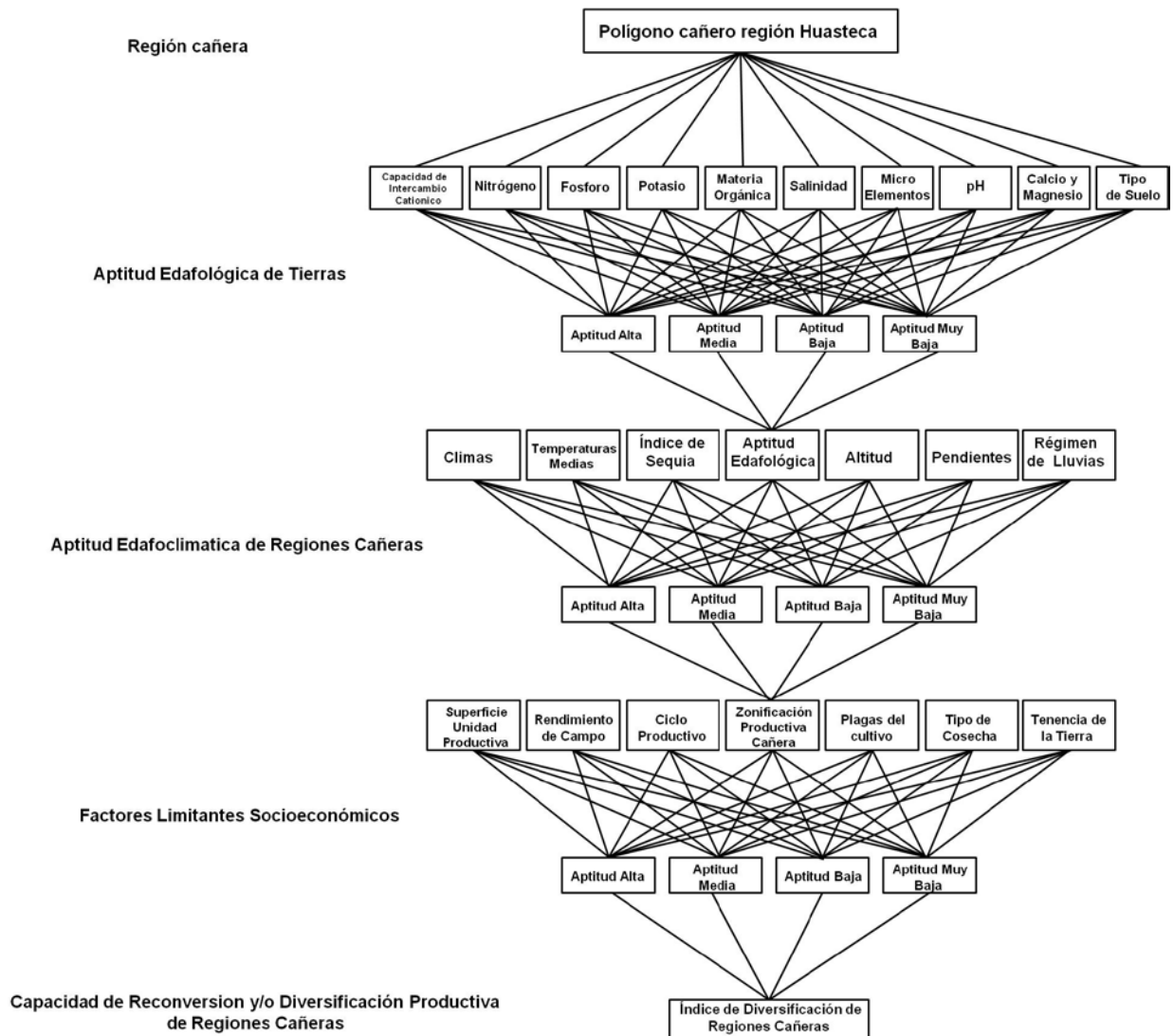
Fuente: CONADESUCA, (2016). Elaboración propia.

El procedimiento de ponderación y comparación de factores que determinan la capacidad de expansión de la productividad y la potencial diversificación y/o reconversión productiva, se llevó a cabo utilizando el método de Evaluación Multicriterio de Jerarquías Analíticas AHP (Saaty, 1990). Esta incluyó el análisis de los predios cañeros (polígono cañero), construcción de la estructura jerárquica (Figura 3), normalización de los factores, ponderación y combinación de pesos, el diseño de la matriz de Saaty de comparación por pares, determinación del índice de diversificación y por último la generación de mapas de la zona de abasto cañero.

Las conclusiones de Eakin y Bojorquez (2011) mencionan que la literatura clásica establece como factores de empuje a la diversificación a factores como apoyos gubernamentales, asistencia técnica, acceso a crédito, diversificación del ingreso agrícola, participación en organizaciones de productores, acceso a capacitación y 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. Sin embargo, en México solo el trabajo de Rivera y Monroy (2015) analizan la diversificación de forma general para el sector rural como vía para incrementar fuentes de ingreso, y no existen trabajos específicos para la agroindustria azucarera, por lo tanto, para la comparación por pares, fueron empleados datos convencionales de tipo ambiental, económico y social obtenidos en bases de datos del gobierno mexicano del sector azucarero: superficie por productor (ha), rendimiento de campo (ha), ciclo productivo (planta, soca, resoca y resoca N), tenencia de la tierra (ejidal o particular),

número de plagas y enfermedades (mosca pinta, gusano barrenador, rata de campo, escaldadura, carbón, roya, etc.), tipo de cosecha (verde o quemada); y la aptitud productiva o agroecológica (clima, temperatura, suelo, índice de sequía, altitud, pendiente y régimen de lluvias); las cuales han sido establecidos como factores relevantes en la capacidad para diversificar la producción en predios agrícolas o plantaciones de acuerdo a las conclusiones de Mishra *et al.*, (2004 y Aguilar *et al.*, (2013)<sup>3</sup> para el análisis de la diversificación en contextos similares a las regiones cañeras de México.

Figura 3. Estructura Jerárquica para el análisis de la diversificación/reconversión productiva de regiones cañeras



Fuente: Elaboración propia.

3. El diagnóstico espacial, temporal y socioeconómico de la zona cañera de la Huasteca se realizó mediante el uso de cartografía de base edafológica y climática escala 1:50,000 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática de México (INEGI). Para el nivel de aptitud agroecológica se empleó la metodología de Evaluación de Tierras de FAO basados en el muestreo georreferenciado de suelos de acuerdo con la “Norma Oficial Mexicana que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis” (NOM-021-RECNAT-2000), los reportes del proyecto: “Digitalización del Campo Cañero en México para Alcanzar la Agricultura de Precisión de la Caña de Azúcar” y los datos socioeconómicos del Manual Azucarero Mexicano y la Comisión Nacional de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA 2016).



### 3. Resultados

El modelo obtenido considera como factores base, para el cálculo del índice de diversificación a la superficie total (sembrada, cosechada, quedada y en resiembras), patrón espacial del cultivo de caña de azúcar (polígono cañero), aptitud edafológica y agro productiva de la zona de estudio (Aguilar-Rivera *et al.*, 2014). Como los mapas factor o temáticos originales se miden en diferentes escalas tienen que ser normalizados a una escala uniforme de calificación de idoneidad. El método MCE dentro del módulo AHP del software de SIG (ESRI ArcGis 10.2), requiere que todos los factores deban ser normalizados (escala 0 a 1). Esta transforma las unidades de medida diferentes de los mapas de los factores en los valores de idoneidad comparables para determinar las características espaciales de la zona de abasto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de la zona de abasto (en % superficie por variable)

Factores o variables	Nivel			
	>85	84-75	74-65	<65
Rendimiento de campo (t/ha)	>85	84-75	74-65	<65
(%) superficie cañera	37.5 %	22.55 %	22.80 %	17.16 %
Aptitud Agroecológica (%) superficie cañera	>75	74-50	50-25	<25
	15.25	81.11	3.63	0
Tamaño de la unidad productiva o superficie cañera en explotación	>15	15-10	10-5	<5
	24.40 %	10.92 %	39.06 %	25.62 %
Superficie promedio (ha)/productor	6.49	5.69	6.56	6.07
Ciclo productivo (planta, soca, resoca, resoca N)	Planta	Soca	Resoca	Resoca N
	10.34 %	23.54 %	28.16 %	37.97 %
Plagas y enfermedades cañeras	Con Afectación		Sin Afectación	
(%) No. Unidades Productivas	50.77 %		49.23 %	
Altitud (m)	Hasta 200	200-400	400-600	>600
(%) No. Unidades Productivas	14.55 %	65.37 %	15.01 %	5.07 %
Tipo de cosecha	Verde		Quemada	
(%) No. Unidades Productivas	18.875 %		84.125 %	
Tenencia de la tierra	Privado		Ejidal	
Tamaño promedio/productor	10.67 ha/predio		4.83 ha/predio	
(%) No. Unidades Productivas	41.25 %		58.75 %	
Organización cañera	Confederación Nacional Campesina (CNC)		Confederación Nacional de Productores Rurales (CNPR)	
Tamaño promedio/productor	54.43 %		45.57 %	
	5.29 ha/predio		7.92 ha/predio	

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.

Una vez obtenidos los mapas base para evaluar la aptitud de la tierra para el cultivo de caña de azúcar, u otros usos y los factores ambientales y socioeconómicos, se obtuvieron la matriz de Saaty, la tabla de ponderación de variables, el instrumento para determinar el índice de diversificación de la Región cañera Huasteca, el mapa que representa espacialmente la aptitud del territorio para establecer proyectos de diversificación con base en las unidades de producción de caña de azúcar y la base de datos que representa las operaciones espaciales (Cuadros 3 al 5, Mapa 2 y Gráfico 1).

Cuadro 3. Matriz de Saaty (Nivel de inconsistencia IC=0.02)

Variables	Tamaño del predio	Rendimiento de campo	Ciclo productivo	Plagas y enfermedades	Tipo de cosecha	Tenencia de la tierra	Aptitud agroclimática
Tamaño del predio	1	2	2	2	4	6	3
Rendimiento de campo	1/2	1	2	7	7	7	2
Ciclo productivo	1/2	1/2	1	2	2	3	5
Plagas y enfermedades	1/2	1/7	1/2	1	2	3	7
Tipo de cosecha	1/4	1/7	1/2	1/2	1	2	7
Tenencia de la tierra	1/6	1/7	1/3	1/3	1/2	1	9
Aptitud agroclimática	1/3	1/2	1/5	1/7	1/7	1/9	1

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.

Cuadro 4. Peso específico de las variables

Variable	Peso
Aptitud agroclimática al cultivo de caña de azúcar	0.381
Rendimiento de campo	0.254
Tamaño de la unidad de producción, superficie cañera	0.144
Ciclo productivo (planta, soca, resoca, resoca N)	0.091
Plagas y enfermedades cañeras (mosca pinta, barrenador, rata, roya, carbón etc.)	0.061
Tipo de cosecha (verde o quemada)	0.042
Tenencia de la tierra (privada o ejidal)	0.028
Total	1.000

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.

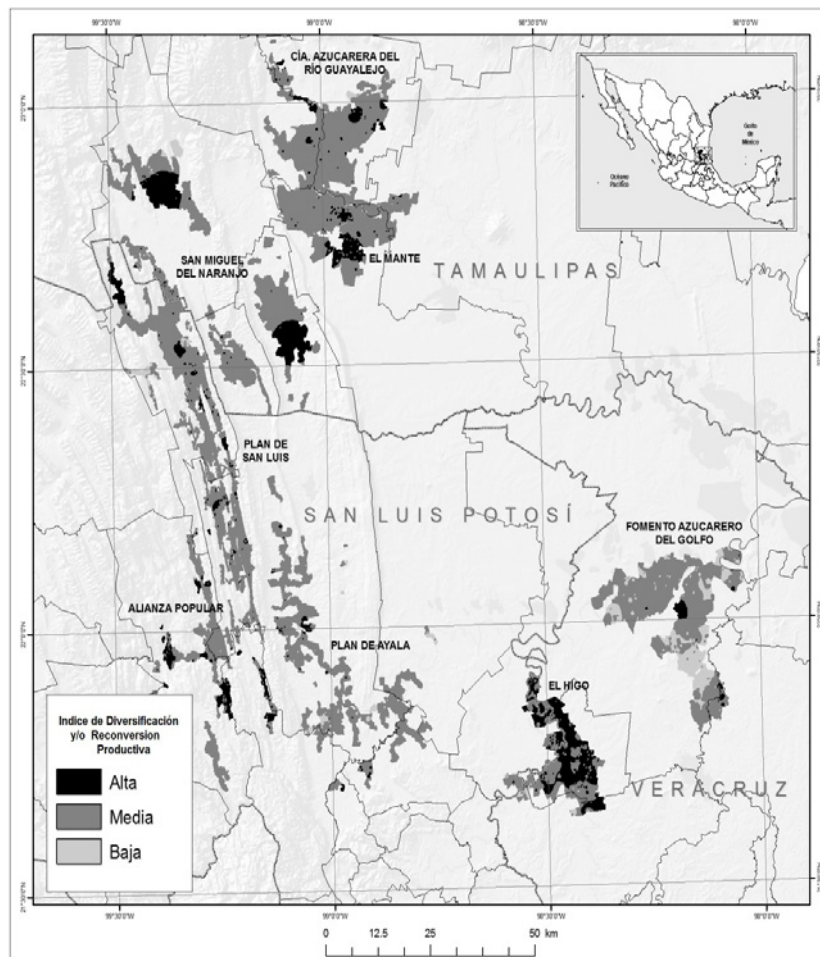
Cuadro 5. Instrumento de evaluación y normalización del índice de diversificación para regiones cañeras

Tipo	Variables o Factores	Normalización				Subtotal
		1 OPTIMO	0.75 MEDIO	0.50 BAJO	0.25 MARGINAL	
Ambiental	Aptitud agroclimática al cultivo de caña de azúcar	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	
		0.381	0.28575	0.1905	0.09525	
Socioeconómico	Rendimiento de campo t/ha	>85	84-75	74-65	<65	
		0.254	0.1905	0.127	0.0635	
Socioeconómico	Tamaño de la unidad productiva cañera ha	>15	15-10	10-5	<5	
		0.144	0.108	0.072	0.036	
Ambiental	Ciclo productivo	Planta	Soca	Resoca	Resoca N	
		0.091	0.06825	0.0455	0.02275	

Tipo	Variables o Factores	Normalización				Subtotal
		1 OPTIMO	0.75 MEDIO	0.50 BAJO	0.25 MARGINAL	
Ambiental	Plagas y enfermedades cañeras (mosca pinta, barrenador, rata, roya, carbón etc.) #	0	1	2	3 o mas	
		0.061	0.04575	0.0305	0.01525	
Tecnológico	Tipo de cosecha (verde o quemada)	Verde		Quema		
		0.0378		0.0042		
Socioeconómico	Tenencia de la tierra (Privada o ejidal)	Privada		Ejidal		
		0.0252		0.0028		
TOTAL						

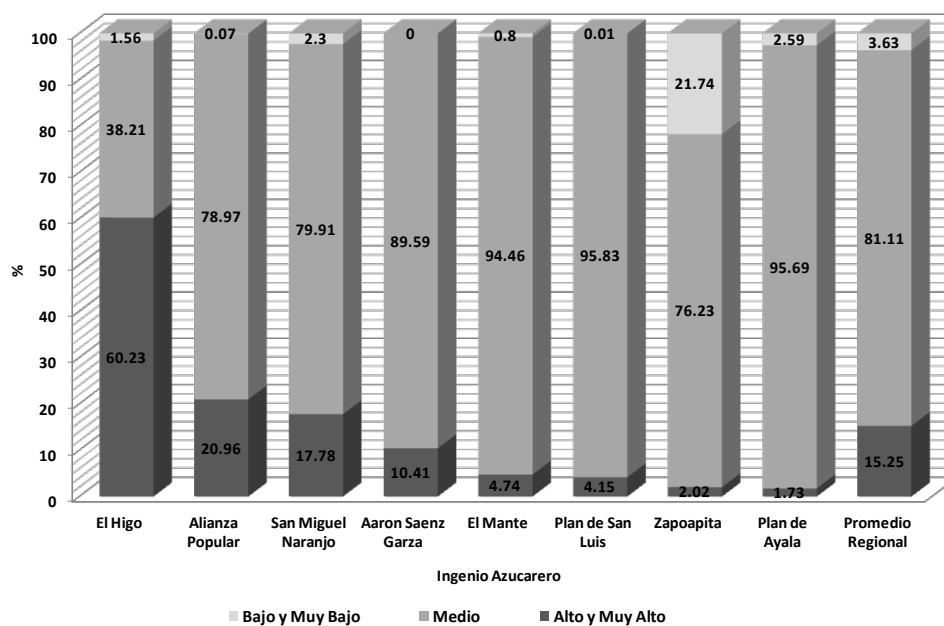
Fuente: Elaboración propia con datos experimentales.

Mapa 2. Distribución espacial del índice de diversificación de la superficie cañera por zona de abasto de ingenios azucareros



Fuente: Elaboración propia con datos experimentales

Gráfico 1. Índice de diversificación de la superficie cañera por zona de abasto de ingenios azucareros



Fuente: Elaboración propia con datos experimentales

De la región cañera, siete ingenios registran del 97 al 100 % de su superficie con índice de diversificación de medio a alto y muy alto respectivamente, a excepción del Ingenio Panuco con solo el 78 % de su superficie. Por lo tanto, la región cañera Huasteca, con un índice de diversificación promedio de 99.78 % de medio a alto y muy alto en el total de la superficie, tiene gran potencial para establecer proyectos de diversificación debido a la interacción de factores ambientales, tecnológicos y socioeconómicos. De estos factores, la aptitud agroclimática al cultivo de caña de azúcar es el factor más importante, seguido por el rendimiento de campo y el acceso a la tierra o tamaño de la unidad productiva o superficie cañera ya que juntos explican el 77.9 % de la capacidad para diversificarse. La aptitud, con un peso de 0.381, 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 diversos proyectos. Estos efectos están estrechamente vinculados con la calidad del suelo, las condiciones climáticas y la afectación por plagas bajo régimen de temporal. Por lo tanto, existe un fuerte vínculo entre la aptitud y el tipo de gestión agrícola que determina el desarrollo agrícola en la región. El resto de los indicadores de la región cañera caso de estudio se presentan en los Cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Indicadores de la unidad de producción cañera (%) de la superficie total por nivel de aptitud o capacidad para diversificar la producción cañera (Índice de Diversificación).

Índice de diversificación	Porcentaje (%)	Tenencia		Tipo de cosecha		Tamaño del predio (ha)			
		Privada	Ejidal	Verde	Quema	>15	15-10	10-5	<5
Muy Alto	16.084	63.91	36.38	11.65	89.07	13.35	10.40	50.06	26.00
Alto	21.915	27.07	73.20	14.35	86.39	2.69	4.33	40.66	51.88
Medio	18.810	27.83	72.37	60.78	39.98	3.53	8.13	49.17	38.69
Bajo	37.330	25.88	74.31	72.19	28.22	4.79	7.59	51.45	36.03
Muy Bajo	5.862	17.53	82.65	34.55	66.10	0.04	0.65	23.72	75.20

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales

Cuadro 7. Indicadores de la zona cañera (%) de la superficie total por nivel de aptitud o capacidad para diversificar la producción cañera (Índice de Diversificación) continuación.

Aptitud al cultivo				Numero de plagas				Rendimiento de campo (t/ha)				Ciclo productivo		
Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	0	1	2	3	>85	84-75	74-65	<65	Planta	Soca	Resoca
0.29	0.49	96.15	3.07	4.81	87.19	7.48	0.80	70.89	26.54	2.11	0.27	2.76	6.81	90.71
0.30	12.86	86.63	0.22	9.69	84.26	5.43	0.89	10.38	27.70	53.49	7.99	5.09	11.53	83.66
68.6	29.79	1.64	0	0.89	90.12	8.12	1.07	52.39	24.58	16.83	5.71	1.88	5.30	93.01
97.8	2.01	0.15	0	0.94	90.63	7.85	0.77	1.12	25.28	56.39	17.06	1.00	3.90	95.3
99.9	0.00	0.12	0	3.41	87.25	9.28	0.25	0.34	0.07	5.93	93.28	0.12	3.89	96.17

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales

El mapa resultante contiene zonas con diversos grados de aptitud agrupados en cuatro clases basadas en la estructura del índice de diversificación. El nivel alto y muy alto indica que el 38 % de la superficie total presenta limitaciones menores que no afectan significativamente a la agricultura cañera. Esta zona se caracteriza por tener el mayor porcentaje de cañas en ciclo planta y soca, rendimiento de campo mayor a 85 t/ha y se ubica en el rango medio de productividad es decir de 84-75 t/ha, con menor afectación por plagas, predios mayores a 15 ha y tenencia privada.

Si bien las regiones agroecológicas (determinantes biológicos, químicos y físicos que tienen tiempos, condiciones y procesos independientes de lo económico) tienen un impacto significativo sobre la capacidad para diversificar las explotaciones agrícolas tradicionales. En esta zona las unidades productivas son más grandes y podrían ser potencialmente más diversificadas (Anosike *et al.*, 1990). En esta zona sería posible diversificar las explotaciones de mayor tamaño con mayor rapidez que las medianas ya que las economías de escala disminuyen con el tamaño, y estas podrían crecer más mediante la diversificación de la producción, sin disminuir la entrega de caña para el ingenio, debido a la disponibilidad de recursos a nivel familiar (fuerza de trabajo, tecnología, tierra, agua, y capital). En este sentido, la productividad creciente del campo permitiría una mayor cantidad de materia prima para otras agroindustrias y/o usos de la caña y subproductos en el campo (hojas, punta y paja) para otras producciones o ingresos (ganadería, combustible rural, hongos comestibles, compostas etc.) (Melhim *et al.*, 2009). Este tipo de sub región es definido como territorios competitivos donde factores como tamaño de la unidad productiva superior a la media, tenencia de tierras privada, disponibilidad de tierras con aptitud y fertilidad, rendimiento de cultivos de alto valor de venta, riego, posibilidad de expansión intensiva y extensiva 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 por encima de la media pueden explicar a nivel local la potencial diversificación agrícola, ganadera, forestal y pesquera de acuerdo a Haque *et al.*, (2010).

Es decir, las economías de escala, la adecuación agroecológica de las tierras, riego, mecanización (sobre todo la cosecha), manejo sostenible de fertilizantes y abonos, gestión de plagas y los procesos gerenciales permitirían a los agricultores cañeros de esta zona la producción de materia prima con mayores ventajas relativas o, al menos, las menores desventajas derivadas de los factores físicos (climáticos, edafológicos, socioeconómicos, institucionales etc.) y biológicos y las fuerzas económicas que limitan las posibilidades de su empresa. En contraste, las zonas de media a muy

baja aptitud poseen la mayor proporción de superficie cañera con aptitud agroclimática al cultivo cañero, pero con fuertes condicionantes socioeconómicas y procesos gerenciales sin visión empresarial sistemática o formal, lo que determina las limitaciones de la expansión de la actividad y posible diversificación y/o reconversión, en cierta medida, por la continuidad o supervivencia del negocio mismo de la manera actual de acuerdo a las conclusiones de Pope y Prescott (1980).

En este sentido, las pequeñas escalas de producción para el cultivo de caña de azúcar (plantación agroindustrial), generalmente de tipo ejidal (tenencia de tierras pública), se asocian con lotes de altos costos de producción 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 ( $< 40 \text{ tha}^{-1}$ ). Es decir, las unidades productivas cañeras más pequeñas son más especializadas que las grandes explotaciones; por lo tanto, tienen menor diversificación. Los agricultores de estas zonas se especializan en el monocultivo porque no pueden diversificar, o porque la diversificación no es atractiva (Singelmann, 2003).

Los factores analizados juegan diferentes niveles de importancia de la adecuación del sitio de tierras de cultivo hacia la diversificación. Desde la perspectiva del mapa de aptitud resultante (índice de diversificación), este instrumento de gestión está destinado a guiar las decisiones regionales para un proceso de toma de decisiones del uso de la superficie cañera con fines de diversificación y/o reconversión productiva (Fischer *et al.*, 2008). La clasificación espacial en zonas de muy alta a muy baja aptitud establece, que además de los factores que caracterizan a las zonas por capacidad para diversificarse, existe un conjunto más amplio de razones que podrían explicar diversos niveles de especialización y diversificación. En primer lugar, los recursos disponibles (tipo de suelo clima, disponibilidad de agua, etc.) afectan a las oportunidades para el cultivo base y otras producciones (cultivos, ganadería, microempresas, pesca, turismo, agroforestería, etc.) (Barnes *et al.*, 2015). Además, los agricultores tienen diferentes niveles de conocimientos y experiencias sobre las actividades específicas de producción, y los planes de explotación fuera de esta base de conocimientos podrían ser más riesgosos.

Esto implica que las zonas con antecedentes de monocultivo (único cultivo que interesa comercialmente) tienden a permanecer especializados. En segundo lugar, el grado de diversificación en los mercados regionales o nacionales y aun mundiales influirá en la producción. Un mercado poco diversificado tiende al monocultivo. En tercer lugar, las restricciones de acceso al mercado tienden a reducir la gama de mercancías producidas y el monocultivo. En cuarto lugar, la infraestructura que prevalece en las zonas rurales afecta la disponibilidad de insumos y acceso a los mercados. Por lo tanto, la infraestructura deficiente puede limitar la diversificación y aumentar la tendencia al monocultivo. En quinto lugar, están los factores históricos y políticos como la colonización y la legislación gubernamental, que creó las plantaciones y dejó una infraestructura y recursos sesgada hacia el monocultivo y un aumento de la propensión a la especialización productiva (Singelmann, 2003).

Sin embargo, a escala regional, los agricultores pueden o no adoptar el plan de diversificación y/o reconversión porque sus decisiones en el uso del suelo se ven afectadas principalmente por sus condiciones económicas y otros factores no determinados, ya que existe poca información para identificar su disposición para explorar oportunidades de diversificación. En este sentido, los resultados basados en metodologías participativas como entrevistas, encuestas y un análisis de los actores relevantes para su implementación exitosa, proporcionaría una guía para el diseño de

futuras alternativas productivas con base en las tierras, la caña, o sus subproductos. En particular, la integración de bases de datos espaciales y los conocimientos de expertos y actores de la agroindustria mejorara significativamente la capacidad de decisión al llevar a cabo las evaluaciones de aptitud de tierras y diversificación productiva. Además, el enfoque destaca la participación en el proceso en la toma de decisiones (Northcote, 2011). Es decir, esta sinergia proporcionará un marco eficaz para estandarizar la evaluación de tierras, la selección de los factores de evaluación e identificación de una ponderación adecuada para cada factor que carece de amplitudes y pesos claramente definidos y que tienen una influencia directa en los resultados de diversificación para la zona cañera en las regiones productoras.

De acuerdo a las metodologías reportadas Rodríguez-Borray, (2008) para el análisis de la diversificación de sistemas productores de panela en trapiches en un país en desarrollo; y Windle y Rolfe, (2005) para el análisis de la percepción de la diversificación por agricultores en regiones cañeras en países desarrollados; se elaboró una hoja de cálculo para la región cañera de la Huasteca, en formato de entrevista y un cuestionario, cuyas preguntas semiabiertas incluyeron las características del productor, los recursos ambientales de que dispone, la tecnología que utiliza, los usos finales de la caña y sus proyectos de ingresos. Para su aplicación se llevaron a cabo recorridos de campo en vehículo por la red vial de la región cañera, donde se realizaron entrevistas en sus domicilios y/o parcela o propiedad. Se obtuvo una muestra de 30 productores seleccionados de acuerdo a sus características como cañero, disponibilidad e interés para ser entrevistados y encuestados, manteniendo su ubicación y nombres confidenciales derivado de la problemática estructural e institucional de México (Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición del instrumento de encuesta y entrevista.

Variable	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Edad del productor	25-35	35-45	45-50	>50
Escolaridad	Ninguno o primaria incompleta	Primaria y/o secundaria	Bachillerato	Licenciatura
Superficie cañera (ha)	<1	1-5	5-10	>10
Tenencia de la tierra	Ejidal		Privado	
Organización cañera	UNPCA-CNC		UNC-CNPR	
Variedades	RD 75-11	Tipo Mex	CP 72 2086	Otras
Rendimiento de campo	<45	45-55	55-65	>65
Ciclo del cultivo	Planta	Soca	Resoca	Resoca N
Limitante al cultivo	Fertilización	Plagas	Agua	Otros
Motivos para sembrar caña	Mercado seguro	Rentabilidad	Decisión del ejido	Otros (Seguridad social y jubilación)
Otros ingresos	Si		No	
Plagas del cultivo	1	2	3	>3
Destino de la producción	Ingenio	Ingenio y Trapiche	Ganadería	Otros
Otros cultivos o ganadería	Si		No	
Maquinaria agrícola	Ninguna	Tractor	Alzadora	Paquete completo
Asistencia técnica	Si		No	
Crédito	Si		No	
Riego	Si		No	
Contratación de personal	Si		No	

Variable	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Sabe de la diversificación	Si		No	
Se diversificará en el corto plazo	Si		No	
Proyectos de diversificación ¿Cuáles?	Si		No	
Motivos para diversificarse	Baja o alta rentabilidad del cultivo de caña	Mercado seguro de la caña	Experiencia en proyectos	Otros motivos
CNPR. Unión Nacional de Cañeros de la Confederación Nacional de Propietarios Rurales CNC. Unión Nacional de Productores de Caña de Azúcar				

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados, fue posible definir un modelo específico para la diversificación de regiones cañeras, considerando características, experiencia, cosmovisión y percepción sobre el tema, escala espacial y temporal de sus producciones y metas a corto y mediano plazo de los actores. Con base en los anteriores indicadores, fue posible definir que en el campo cañero de la región existen cuatro tipos de productores con base en el tamaño de la unidad productiva y características socioeconómicas de acuerdo a las conclusiones de Chollett (1996) y Carpinteiro (1996).

*Grupo 1:* Pequeño productor cañero independiente (de hasta 1.5 ha de caña ciclo resoca no renovada con variedades Co-997, Z Mex 55-32, Mex 57-473 y Mex 69-290 con rendimiento de hasta 45 t/ha) sin posibilidades de expansión agrícola, sin acceso a riego, con bajo nivel de uso de fertilizantes y capacitación con nivel educativo bajo (tan solo la primaria incompleta). Con bajos niveles de capitalización y fuerte articulación al mercado laboral como oferente de mano de obra, sin posibilidad de comercializar totalmente su caña a los ingenios. Generalmente la caña se canaliza al consumo personal o a la venta a vecinos para la producción artesanal de piloncillo con escasa tecnología; su comercialización es a nivel local junto con cultivos como maíz y frijol y las únicas opciones alternativas al cultivo de caña son la migración y la contratación como jornalero. Así mismo permanece como cañero debido a la seguridad social, servicios médicos y jubilación.

*Grupo 2:* Pequeño productor cañero afiliado a la C.N.C. (Confederación Nacional Campesina) o C.N.P.R. (Confederación Nacional de Propietarios Rurales) posee entre 1.5 y 5 ha de caña ciclo resoca en su mayoría, sin riego y con media o baja rentabilidad (alrededor de 55 t/ha) dependiendo de las condiciones climáticas. Son productores campesinos que se caracterizan por utilizar en su explotación mano de obra familiar y por carecer de mecanización; sus plantíos tienen alta susceptibilidad a heladas, sequías y plagas; su educación es secundaria, aunque usualmente incompleta. Generalmente la caña se entrega al ingenio en su totalidad o a trapiches de forma estacional si hay excedente o buen precio de venta. Producen hortalizas, maíz y algo de ganado, alimentado con la caña integral. Puede acceder a una limitada o nula línea de crédito. Las variedades o cultivos que emplea son Mex 68 P 23, Mex 68-1345, Z Mex 55-32, CP 72 20-86, y Co-997.

*Grupo 3:* Mediano productor cañero afiliado a la C.N.P.R. o C.N.C. con orientación hacia el monocultivo, con un buen nivel de capitalización y capacitación importante recibida por la organización cañera o el ingenio azucarero. La superficie cultivada con caña oscila entre cinco y diez hectáreas en ciclo soca y resoca, en régimen de secano y un porcentaje de tierras con riego de tipo gravedad y con rendimientos entre 55 y 65 t/ha (rentabilidad media); se dispone de tractor e implementos agrícolas y, en algunos casos, de alzadora propia o de la organización cañera. Tiene nivel educativo de secundaria y bachillerato incompleto o terminado. Las variedades que emplea



son CP 72 20-86, Mex 68 P 23, SP 70-1284 y sólo algunos productores venden sus cañas quedadas a los trapiches o para el ganado.

*Grupo 4:* Productor establecido, gran productor o empresario propietario de su unidad productiva (más de 10 hectáreas con rendimientos mayores a 65 t/ha en alta rentabilidad). Su nivel educativo es alto, mínimo bachillerato e ingeniería. Orientado a actividades de monocultivo de caña de azúcar con posibilidades de expansión a otros cultivos o actividades como tiendas de abarrotes, agroquímicos, renta de camiones cañeros, turismo, etc., derivado de la rentabilidad del monocultivo, como fuentes de ingresos extra al cultivo de caña. Dispone de maquinaria agrícola (tractores, cosechadoras y/o alzadora de caña) y sistemas de riego moderno y eficiente. Las variedades que emplea son CP 72-2086, Mex 79-431, Sp 74-5203, CP 80 1743, CP 89-2143, ITV 92-1434, RD 75-11, ATEMEX 96-40 y Mex 79-471 en ciclo planta y soca y en menor proporción resocas; es decir, el paquete tecnológico se aplica en su totalidad, emplean permanentemente mano de obra asalariada. Presenta capacidad para tomar decisiones en el marco de la C.N.P.R., principalmente, y en otras organizaciones cañeras como líder y recibir beneficios de estas organizaciones (crédito). Representa una minoría en el campo.

En relación con la diversificación, la mayoría de los tipos de productores conoce el tema y tiene la intención de llevarla a cabo como un proceso de corto plazo; sin embargo, la decisión de diversificarse está limitada a las características del productor y a los incentivos que tienen en su unidad productiva, debido a que la explotación del predio propio (ejidal o privado) exclusivamente con caña sigue siendo la fuente de ingresos más importante para la mayoría de los cañeros.

Por lo tanto, la necesidad como incentivo, se refiere a razones involuntarias y a la desesperación; la elección, por lo contrario, se refiere a razones voluntarias y proactivas para diversificarse. Pero, en general, obedece a un proceso continuo donde las causas, motivaciones y limitaciones varían entre los productores en el tiempo. Factores como precio de la caña como materia prima a los ingenios azucareros y trapiches, estacionalidad de la producción agropecuaria, riesgo, mercados de trabajo y crédito, activos, capital natural (tierra, agua, cultivos), capital físico (canales de riego, maquinaria agrícola, carreteras, electrificación), capital humano (educación, habilidades, salud); capital financiero o sus sustitutos y el capital social (redes, asociaciones), mediadas por las relaciones sociales y las instituciones, no son excluyentes entre sí como determinantes de la diversificación, sino que constituyen distintas superposiciones y procesos que conducen a la intención de diversificación (Higgins, 2007). Adicionalmente, los productores de la región cañera vinculan a la diversificación con la incursión en actividades agropecuarias conocidas (trapiche, venta de caña a ganaderos, trabajo de jornal con productores cañeros de mayor tamaño y escala).

La diversificación, como es entendida por los productores, es una estrategia para la gestión de los riesgos en la caída de la productividad cañera o del precio de liquidación final, derivada de las características de la explotación cañera (productividad del cañaveral, tenencia de tierra, tamaño del predio, falta de fertilizantes, plagas etc), de un cultivo perenne que requiere dos años para mostrar su respuesta ante los cambios ocurridos en el mercado o frente a incentivos de la política agropecuaria.

Es decir, la baja productividad de los agricultores de caña de azúcar en pequeña escala y la calidad de la materia prima, no sólo afecta su propia rentabilidad y sostenibilidad, sino la de los ingenios azucareros a los que abastecen; así, el incentivo más importante para la diversificación es el incremento en el rendimiento de campo para cubrir el contrato con el ingenio y tener excedentes que puedan emplearse en otros procesos de producción regionales donde el productor tenga expe-

riencia o representen un mercado atractivo; entonces, los determinantes de la diversificación de ingresos en la región están basados en que la caña de azúcar podría verse desde una perspectiva de incentivos y de las capacidades o recursos de los productores para responder a los mismos. Es decir, los productores priorizan actividades que les generan mayor rendimiento relacionada directamente con la tenencia de tierra y el tamaño de la unidad productiva (como recurso). Por lo tanto, los cañeros que no son propietarios de su cañaveral (ejidatarios) no estarán dispuestos a desarrollar infraestructura propia y no pueden ser motivados a diversificarse de la misma forma que si la unidad productiva fuera propiedad privada (Tomei, 2015).

Las oportunidades de acumular capital para los campesinos con pequeños lotes son limitadas ya que necesitan utilizar prácticamente toda la superficie disponible, aun en terrenos escarpados y pedregosos, para explotación inmediata en un cultivo agroindustrial (dinamizador económico), y este es uno de los factores que determinan porque los campesinos continúan con la producción de caña de azúcar a pesar de los bajos rendimientos (Singelmann, 2003).

Los resultados de las entrevistas revelaron una preferencia de los productores por las nuevas actividades agroindustriales como la ganadería y el piloncillo (diversificación relacionada), en lugar de las actividades no agrícolas (empleo asalariado no agrícola, pequeño comercio, la manufactura de artesanías, servicios turísticos y la reparación y alquiler de maquinaria). Estas opciones de diversificación también revelan una serie de diferencias a nivel regional y que existen otros factores (capacidades como la educación y el conocimiento necesario para incorporar tecnologías e innovaciones mejoradas a la producción de cultivos comerciales, la crianza de ganado, y los productos y servicios no agrícolas). La diversificación no relacionada (nuevas empresas como una etanolera y el piloncillo orgánico en polvo) fue percibida como una opción que podría ser viable en el largo plazo, pero no en el corto o mediano plazo. En general, para todos los grupos de productores de caña el interés por la diversificación sigue siendo relativamente bajo.

Windle y Rolfe (2005), en un análisis de tendencias de diversificación en países desarrollados, concluyeron que las razones por las cuales los productores estarían dispuestos a diversificar su producción actual son los ingresos potenciales y la percepción del riesgo. Sin embargo, su estudio demostró que en realidad los cañeros no tienen mucho interés en diversificar su mono producción, no obstante los bajos precios de la agroindustria azucarera, con la esperanza de que las condiciones del mercado mejoren. Esto indicaría que, si bien otros factores pueden estar influyendo en las decisiones de los productores, la maximización de beneficios derivados de la caña es un elemento clave en la decisión de diversificarse.

Así, el tamaño, grado de fragmentación y tipo de tenencia de la unidad productiva, disponibilidad de crédito y de servicios de extensión y capacitación explican las causas de la baja productividad y diversificación en cultivos agroindustriales tipo plantación, además del valor de los activos agrícolas. Esto sugiere que los agricultores más jóvenes con acceso al crédito, mayor educación y activos tienen más probabilidades de funcionar de manera eficiente. Los resultados presentados por el autor indican claramente la influencia del desarrollo social y los factores de capital humano (edad, escolaridad, capacitación y asistencia técnica, infraestructura, etc.) en el comportamiento de la diversificación de la agricultura de plantaciones. Por lo tanto, sugiere que la tenencia de la tierra “es la variable más importante para explicar diferencias en los objetivos y las actitudes de los agricultores, la toma de decisiones y por lo tanto su producción”. Por lo tanto, si los factores para la diversificación de la unidad productiva son favorables, el agricultor podrá optar por ella.

Los resultados de este estudio y lo expuesto por los actores de la agroindustria, resaltan la importancia de las diferencias regionales en la industria azucarera y confirman que un enfoque regional y multidisciplinario es necesario para abordar los problemas actuales en la agroindustria azucarera a nivel mundial. Los futuros trabajos deben abordar a nivel local (zonas cañeras de cada ingenio, trapiche o destilería) aspecto clave para la sostenibilidad para disminuir costos de producción y la carga ambiental para incrementar la rentabilidad de la producción de materia prima, base material de cualquier proyecto de diversificación y/o reconversión productiva, como los nuevos cultivares o variedades dentro del contexto de cambio climático, sequías y suelos pobres, la optimización del agua en los actuales sistemas de riego, inclusive operados con energía solar (Santillán-Fernández, 2016), el empleo de técnicas de agricultura de precisión para optimizar insumos y prácticas de manejo, la eliminación de la cosecha de cañaverales con el sistema de quema y el uso de subproductos para dar valor agregado (Bhatnagar *et al.*, 2016).

#### 4. Conclusiones

Las metodologías empleadas en este trabajo, de tipo cuantitativo (EMC y SIG) considerando bases de datos agroecológicos y socioeconómicos, para la construcción o agregación de indicadores en un índice, y cualitativos (entrevista y cuestionario) permitieron desarrollar un modelo regional de alta consistencia (IC=0.02) que caracteriza a la agroindustria azucarera de la Huasteca para la toma de decisiones para la competitividad. Futuros trabajos deberán incluir análisis desde el punto de vista de gestión agroindustrial, a nivel local de zonas de abasto cañero, e incluir factores más específicos como índice de desarrollo humano, infraestructura de caminos, distancia a industrias y mercados, sistemas de riego, acceso a educación, capacitación y asistencia técnica entre otros.

En la Región cañera de la Huasteca hay varias razones para diversificar y/o reconvertir la unidad productiva. Un gran número de agricultores (grupos 1 y 2) complementa su sustento con el empleo asalariado agrícola y con actividades no agrícolas debido a que no tienen la tierra, el ganado o el capital suficiente, y la caña de azúcar no es un alimento básico de autoconsumo sino comercial, pero de supervivencia. Otros grupos (3 y 4), con la excepción de los derechos de propiedad de la tierra (ejidal, privada), cuentan con educación, aptitudes, crédito, acceso a infraestructura de riego, experiencia en proyectos de diversificación como el trapiche y sus productos (piloncillo, miel de trapiche, jugo de caña) o la alimentación de ganado y otros rubros que les permiten desempeñar un empleo asalariado no agrícola (como la fabricación de artesanías, la reparación y alquiler de equipo agrícola, y el comercio). Sin embargo, el estudio demostró que en realidad los cañeros no tienen mucho interés en diversificar su producción, no obstante los bajos precios de la materia prima y la competitividad agroindustria, con la esperanza de que las condiciones del mercado mejoren y el precio de la materia prima se incremente.

Así el incentivo más importante para la diversificación es el rendimiento de campo y los ingresos derivados de este, que logren cubrir el contrato con el ingenio y tener excedentes que podrían emplearse en otras producciones regionales donde el productor tenga experiencia o un mercado; así como la tenencia de tierra y el tamaño de la unidad productiva (como recurso) entonces los determinantes de la diversificación de ingresos en las zonas cañeras están basados en que la caña de azúcar podría verse desde una perspectiva de incentivos y las capacidades o recursos de los productores para responder a los mismos (educación, acceso a créditos, capacitación, desarrollo humano).

## 5. Referencias bibliográficas

- Aguilar-Rivera, Noé (2014). "Índice de diversificación de la agroindustria azucarera en México". *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(4), 441-462.
- Aguilar Rivera, Noé, Olvera Vargas, Luis Alberto, Galindo Mendoza, Guadalupe (2013). "Evaluación de aptitud de tierras al cultivo de caña de azúcar en la Huasteca potosina, México, por técnicas geomáticas". *Revista de geografía Norte Grande*, (55), 141-156.
- Aguilar-Rivera, Noé (2012). "Paradigma de la diversificación de la agroindustria azucarera de México". *Convergencia*, 19(59),187-213.
- Álvarez Mosso, Lucía; González Marín, María Luisa. (1984). "Industria azucarera mexicana. Nivel Tecnológico". *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 15(57),109-125.
- Anosike, Nnamdi y Milton Coughenour (1990). "The Socioeconomic Basis of Farm Enterprise Diversification Decisions". *Rural Sociology*, 55(1),1-24.
- Barnes, A. P., Hansson, H., Manevska-Tasevska, G., Shrestha, S. S., Y Thomson, S. G. (2015) "The influence of diversification on long-term viability of the agricultural sector". *Land Use Policy*, 49, 404-412.
- Bassols Batalla, Ángel (2003). "Elementos de metodología de investigaciones geoeconómicas regionales". *Investigaciones geográficas*, 50, 147-165.
- Bhatnagar, A., Kesari, K. K., & Shurpali, N. (2016). "Multidisciplinary Approaches to Handling Wastes in Sugar Industries". *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(1), 1-30.
- Campillo, A. Gago, R. Fernández (2009). "¿Qué factores determinan la decisión de diversificar? el caso de las empresas españolas (1997-2001)". *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 15(1), 15-28.
- Campos-Ortiz, Francisco, & Oviedo-Pacheco, Mariana (2013). *Study on the Competitiveness of the Mexican Sugar Industry* (No. 2013-16). Banco de México.57 p.
- CONADESUCA (2016). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.: <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=AVANCE> [Consultada el 15 de Noviembre de 2015].
- Carpinteiro, Francisco Javier Gómez (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.
- Chollett, Donna L. (1996). "Culture, Ideology, and Community: The Dynamics of Accommodation and Resistance to Restructuring of the Mexican Sugar Sector". *Culture & Agriculture*, 18(3), 98-109.
- Eakin, Hallie, Bojórquez-Tapia, Luis, Diaz, R. M., Castellanos, E., y Hagggar, J. (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.
- Eggleston Gillian e Isabel Lima (2015). "Sustainability issues and opportunities in the sugar and sugar-bioproduct industries". *Sustainability*, 7(9), 12209-12235.
- Erdorf, S., Hartmann-Wendels, T., Heinrichs, N., & Matz, M. (2013). Corporate diversification and firm value: a survey of recent literature. *Financial Markets and Portfolio Management*, 27(2), 187-215.
- Fischer, Günther, Teixeira, E., Hizsnyik, E. T., & Velthuizen, H. V. (2008). "Land use dynamics and sugarcane production". *Sugarcane ethanol: Contribution to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic, Wageningen*, 29-62.
- García, Carlos, García-Treviño, E. S., Aguilar-Rivera, N., & Armendáriz, C. (2016). "Carbon footprint of sugar production in Mexico". *Journal of Cleaner Production*, 112, 2632-2641.
- Haque, T., Bhattacharya, M., Y Sinha, G. (2010). Constraints and Potentials of Diversified Agricultural Development in Eastern India. Planning Commission (Government of India), , 195 p.
- Heady, Earl (1952). "Diversification in resource allocation and minimization of income variability". *Journal of Farm Economics*, 34(4), 482-496.
- Higgins, Andrew (2007). "Opportunities for value chain research in sugar industries". *Agricultural Systems*, 94(3), 611-621.
- Kumar R., P.K. Mehra, B. Singh, H.S. Jassal, B.D. Sharma (2010). "Geostatistical and Visualization Analysis of Crop Suitability for Diversification in Sub-mountain Area of Punjab North-West India ". *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38 (2), 211-226.
- Melhim, Almuhanad; O'donoghue, Erik J.; Shumway, C. Richard (2009). "What does initial farm size imply about growth and diversification?". *Journal of agricultural and applied economics*, 41(01), 193-206.

- Mishra, Ashok K.; El-Osta, Hisham S.; Sandretto, Carmen L (2004). "Factors affecting farm enterprise diversification". *Agricultural Finance Review*, 64(2),151-166.
- Northcote, Jeremy y Abel Alonso (2011). "Factors underlying farm diversification: the case of Western Australia's olive farmers". *Agriculture and Human Values*, 28(2), 237-246.
- Pope, Rulon y Richard Prescott (1980). "Diversification in relation to farm size and other socioeconomic characteristics". *American Journal of Agricultural Economics*, 62,(3),554-559.
- Ray Shibendu (2005). "Use of GIS and remote sensing for crop diversification - a case study for Punjab state". *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(2), 181-188.
- Rello Fernando y Fernando Saavedra. (2013). "Productive Diversification and Structural Transformation in Mexico: Case Studies of Three Regions". *Investigación Económica*, 72(284), 107-125.
- Renouf, Marguerite A.; Pagan, Robert J.; Wegener, Malcolm K (2013). "Bio-production from Australian sugarcane: an environmental investigation of product diversification in an agro-industry". *Journal of Cleaner Production*, 39, 87-96.
- Rivera, José Jorge; Monroy, Hazael Cerón (2015). "Diversificación de ingresos en el sector rural y su impacto en la eficiencia: evidencia para México". *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 12(76), 57-81.
- Rodriguez-Borray, Gonzalo (2008). "La diversification productive comme stratégie d'activation de Systèmes agro-alimentaires localisés: cas de l'agro-industrie de la panela en Colombie". *Cahiers Agricultures*, 17(6), 572-576.
- Rumelt, Richard (1982). "Diversification strategy and profitability". *Strategic management journal*, 3(4), 359-369.
- Saaty, Thomas (1990). "How to make a decision: the analytic hierarchy process". *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Santillán-Fernández, A., Santoyo-Cortés, V. H., García-Chávez, L. R., Covarrubias-Gutiérrez, I., & Merino, A. (2016). "Influence of drought and irrigation on sugarcane yields in different agroecoregions in Mexico". *Agricultural Systems*, 143, 126-135.
- Senties-Herrera, H.Gómez-Merino, F. C., Valdez-Balero, A., Silva-Rojas, H. V., Y Trejo-Téllez, L. I (2014). "The Agro-Industrial Sugarcane System in Mexico: Current Status, Challenges and Opportunities". *Journal of Agricultural Science*, 6,(4), 26-54
- Singelmann, Peter (2003). "La transformación política de México y los gremios cañeros del PRI". *Revista mexicana de sociología*, 65(1), 117-152.
- Tomei, Julia (2015). "The sustainability of sugarcane-ethanol systems in Guatemala: Land, labour and law". *Bio-mass and Bioenergy*, 82, 94-100.
- Waclawovsky, Alessandro J., P. M. Sato, C. G. Lembke, P. H. Moore, G. M. Souza. (2010). "Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content". *Plant Biotechnology Journal*, 8(3), 263-276.
- Windle, Jill y John Rolfe (2005). "Diversification choices in agriculture: a Choice Modelling case study of sugarcane growers". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 49,1, 63-74.

## Sobre los autores/as

### NOÉ AGUILAR RIVERA

Doctor en ciencias ambientales con orientación en gestión ambiental y desarrollo sostenible. Profesor investigador de la Universidad Veracruzana, línea de investigación: Gestión ambiental en agroindustrias.