

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Escuela de Negocios

Doctorado en Dirección de Organizaciones

**Caracterización y simulación mediante factores climáticos y
edáficos de la producción de caña de azúcar (*Saccharum
officinarum*) (2010-2020), como apoyo a las organizaciones cañeras
del valle de El Grullo-Autlán, Jalisco**

Tesis que para obtener el Grado de Doctorado en
Dirección de Organizaciones

Presenta

José de Jesús Sandoval Legazpi
(ID: 123642 y Matrícula: 40800037)

Puebla, México.

Noviembre 2016



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla



Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Escuela de Negocios

Doctorado en Dirección de Organizaciones

Por este medio nos permitimos informar a Uds. la aprobación de la

Tesis:

Caracterización y simulación mediante factores climáticos y edáficos de la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (2010-2020), como apoyo a las organizaciones cañeras del valle de El Grullo-Autlán, Jalisco

Que presenta el alumno: **José de Jesús Sandoval Legazpi** (ID: 123642 y Matrícula: 40800037), como requisito para obtener el **Grado de Doctorado** en este programa académico

Atte.

Comité Doctoral


Dr. J. Guadalupe Pérez Mares

Director de Tesis


Dra. Yesica Mayett Moreno

Asesor


Dra. Beatriz Pérez Armendáriz

Asesor

Puebla, México.

Noviembre de 2016

DEDICATORIAS

Nuevamente acudo a esta frase, como lo hice anteriormente para obtener el Grado de Maestro, y la que considero sigue rigiendo mi vida. Tomo a la misma como una reflexión muy personal y de gran valor

“El que no cree en dios, no cree en nada, por lo tanto no cree en sí mismo”

A mis queridos padres

José de Jesús Sandoval González (†) y María Legazpi Esparza (†)
Sin los cuales no estuviera aquí, ni alcanzado mis metas

A mis queridos hermanos

Licho por ser como nuestra segunda madre, Coco por ser la responsable, pero noble de la familia, Felipe por su eterna seriedad, Armando por su siempre gusto extrovertido y alegre y a Jaime por su siempre eterna introversión y gran nobleza. Quienes con su apoyo moral y fraternal siempre me han dado el impulso para seguir y salir adelante

A gente muy especial

Alex y Álvaro, quienes con sus logros tanto personales, como académicos, pero principalmente humanos, me hacen sentir y estar orgulloso de ellos. De que he contribuido un poco en su educación y formación, haciendo de ellos hombres de bien

A mis cuñadas y sobrinos

Teresa y Linda. Así como a mis sobrinos: Mi siempre dulce Paulina, mi alocada Teresita y su siempre sobrio y centrado Sergio. Mi tierna niña Dianita. A mi querida brujita Adriana y muy especialmente a mi querido ahijado y más centrado de la familia Armandito. Mención especial a mis sobrinas políticas Mary Urbina y July Bond

Muy especialmente

*A mi gordita chula... Zuria Alejandra
Y actualmente*

Al bimbollito que llegó como un Ángel a la familia Bond

AGRADECIMIENTOS

A mí siempre querida ALMA MATER

Universidad de Guadalajara

Por darme esa oportunidad nuevamente de prepararme y lograr otro escalón más en mi vida y trayectoria académica

A mi 2a alma mater: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)

Por darme las facilidades de estar en esta gran institución y el haber convivido y aprendido de valiosísimos maestros y excelentes compañeros

A las autoridades pasadas del Centro Universitario de la Costa Sur

Quienes nos apoyaron económicamente en su momento para la realización de este Doctorado:

Rector Ing. Enrique Javier Solórzano Carrillo; Secretario Académico Mtro. Alfredo Tomas Ortega Ojeda; Secretario Administrativo Mtro. Alfredo Castañeda Palomera

A las autoridades actuales del Centro Universitario de la Costa Sur

A la Rectora del Centro Universitario de la Costa Sur, Dra. Lilia Victoria Oliver Sánchez, al Secretario Académico, Hirineo Martínez Barragán, al Secretario Administrativo, Mtro. Carlos Gámez Adame. A ellos por continuar con el apoyo para la superación académica de sus profesores

A mi director de tesis

Dr. José Guadalupe Pérez mares, quien con su valioso apoyo salió adelante este trabajo

A mis asesores de tesis

Dra. Yesica Mayett Moreno y Dra. Beatriz Pérez Armendáriz, quien con sus observaciones y valiosos comentarios enriquecieron aún más este trabajo. Un especial agradecimiento al Dr. Luis Manuel Martínez Rivera, de quien recibí precisos comentarios al trabajo inicial, pero que por sus múltiples ocupaciones no se pudo continuar con esta sociedad

Un especial agradecimiento

A los Dres. Blanca Figueroa Rangel y Juan de Dios Luna Martínez por su gran apoyo en el análisis estadístico de los datos y comentarios valiosos al documento final

A mis estimados compañeros del Doctorado en Dirección de Organizaciones

Nora Minerva Núñez López, Luis Guzmán Hernández y Jorge Javier Velázquez Núñez, quienes momento a momento hicieron de mi trayectoria en este Postgrado, más ameno y llevadero, aún a expensas de los extensos trabajos y tareas. Esa convivencia hizo menos pesado esta estancia doctoral

A TODOS... MUCHAS GRACIAS

I	1
III	11
IV	13
1	14
1	15
11	17
13	22
14	24
15	27
15	30
17	31
18	31
22	32
24	33
27	34
30	35

Fe de erratas:

- Pág. 55. Sustituir número de tabla 1 por número de tabla 11
- Pág. 80. Sustituir número de tabla 2 por número de tabla 12
- Pág. 83. Sustituir número de tabla 3 por número de tabla 13
- Pág. 85. Sustituir número de tabla 4 por número de tabla 14
- Pág. 88. Sustituir número de tabla 5 por número de tabla 15
- Pág. 115. Sustituir número de tabla 6 por número de tabla 16
- Pág. 117. Sustituir número de tabla 7 por número de tabla 17
- Pág. 121. Sustituir número de tabla 8 por número de tabla 18
- Pág. 135. Sustituir número de tabla 9 por número de tabla 19
- Pág. 172. Sustitución de cuadro de encuesta por la que aparece en esta hoja

Dirigido a productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán

Conteste por favor las preguntas y subraye las respuestas que considere correctas:

1) ¿Por qué sembrar caña de azúcar y no otros cultivos como maíz, trigo, sorgo?

a) Deja más (\$) la caña. b) Nunca he sembrado otro cultivo que no sea caña
c) Para caña si me apoyan para sembrar d) Aquí se presta más para la caña

2) El problema de mi caña es:

a) Fertilizante a tiempo b) Fertilizante caro c) agua a tiempo (riego)
d) No me asesoran e) mi suelo está agotado

3) ¿La calendarización de los riegos para su parcela son los adecuados?

a) Totalmente de acuerdo b) De acuerdo c) Indiferente

2.5.1	Producción de caña de azúcar (ton/ha).....	40
2.5.2	Relación de la superficie sembrada (ha) con la producción de caña de azúcar (ton)	41
2.6	La dinámica organizativa cañera en el valle de El Grullo-Autlán como parte de las Organizaciones cañeras locales.	43
2.7	La simulación como parte de la dinámica de sistemas en la producción de caña de azúcar.....	50
2.7.1	La aplicación de dinámicas de sistemas en el ámbito agrícola.....	52
2.8	Las propiedades físicas del suelo	57
2.8.1	La textura	57
2.8.2	El pH.....	60
2.8.3	La materia orgánica	62
<u>3</u>	<u>Objetivos</u>	<u>65</u>
3.1	General.....	65
3.2	Particulares	65
<u>4</u>	<u>Metodología (Organización del estudio)</u>	<u>68</u>
4.1	Ubicación de la región de estudio	68
4.2	Fuentes de información.....	69
4.3	Metodología por objetivos	70
4.3.1	Validación de la problemática planteada	70
4.3.2	Generación de la cartografía temática	74
4.3.3	Generación de escenarios propicios para la producción de caña de azúcar periodo 2010-2020).....	75
<u>5</u>	<u>Resultados y Discusión.....</u>	<u>82</u>

5.1 Validación de la problemática planteada. Los resultados muestran los siguientes comportamientos de acuerdo a los siguientes análisis:	82
5.1.1 Análisis Descriptivo	82
5.2 Análisis estadístico	85
5.3 Generación de la cartografía temática de apoyo a los productores de caña de azúcar	90
5.3.1 Variable Textura	90
5.3.2 Variable pH	94
5.3.3 Variable materia orgánica	98
5.4 Generación de los escenarios para la producción de caña de azúcar para el periodo 2010-2020, con apoyo del software VENSIM	102
5.4.1 Simulación con el software VENSIM	102
5.5 Validación de la simulación mediante los softwares Microsoft Office de EXCEL, SPSS y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la SAGARPA	109
5.5.1 Programa de Microsoft Office de EXCEL (1ª Validación)	109
5.5.2 Software SPSS (versión 15) (2ª Validación)	113
5.6 Sentir de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán y su relación con las Organizaciones Cañeras Regionales (CNPR, CNC e Ingenio Melchor Ocampo)	120
5.6.1 ¿Quién le otorga el financiamiento? Y ¿Cuál otorga el mejor financiamiento? (P 6 y 7)	121
5.6.2 Con base a la respuesta anterior ¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento? (P8)	122
5.6.3 ¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña? (P 9)	123
5.6.4 ¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones? (P10)	124

6	<u>Conclusiones y Discusión</u>	126
6.1	Problemática planteada	126
6.2	Generación de los mapas temáticos con base a los datos de suelos	129
6.3	Generación de escenarios con el Software VENSIM.....	130
6.4	Validación con los software Microsoft Office EXCEL, SPSS y USDA-SAGARPA	131
6.4.1	Microsoft office EXCEL (1ª Validación)	131
6.4.2	Software SPSS (2ª Validación).....	132
6.4.3	USDA-SAGARPA (3ª Validación).....	133
6.5	Sentir de los productores de caña de azúcar en relación con los apoyos de las Organizaciones Cañeras.....	134
7	<u>REFERENCIAS</u>	137
8	<u>ANEXO 1</u>	148

Índice de Tablas

Tabla 1 Balances mundiales de azúcar (Octubre-Septiembre 2014-2015)	2
Tabla 2 Comparación de costos por tipo de producción	10
Tabla 3. Cifras agrícolas de siembra total (varios cultivos), del valle de El Grullo-Autlán.....	12
Tabla 4. Balances mundiales de azúcar (2010-2016).....	18
Tabla 5 Producción mundial de azúcar en ton x 1000 (20013-2014).	19
Tabla 6 Consumo mundial de azúcar en ton x 1000 (2013-2014).	22
Tabla 7 Países exportadores e importadores de azúcar en el mundo en ton x 1000 (20013-2014).....	25
Tabla 8. Estados productores de caña y azúcar.....	29
Tabla 9. Producción de caña de azúcar y en los diferentes Ingenios del estado de Jalisco (zafra 2013-2014).....	36
Tabla 10. Porcentajes de cada una de las variedades utilizadas en el valle de El Grullo-Autlán para la zafra 2014-2015 (Fuente: CNPR, 2015).	37
Tabla 11. Método de escenarios y simulación (Godet, 2000; Fontalvo, 2009)	55
Tabla 12. Datos de producción / ha, precipitación y temperatura (2001-2013) para el cultivo de la caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán, Jalisco (Elaboración propia).....	80
Tabla 13. Problemática más recurrente en los productores de caña de azúcar del valle El Grullo-Autlán.....	83
Tabla 14. Resultados estadísticos (Chi-cuadrada X^2) de las respuestas proporcionadas por los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán.....	85
Tabla 15. Respuestas proporcionadas por los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta abierta No 5: ¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo?.....	88

Tabla 16. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Precipitación (mm).....	115
Tabla 17. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Temperatura (⁰ C).....	117
Tabla 18. Prueba no-paramétrica chi-cuadrada (X^2).....	121
Tabla 19. Tarifas de AVIO al campo (paquete tecnológico ajustado). Siembras 2015-2017	135

Índice de Gráficas

Gráfico 1 Pesos por bulto de 50 Kg en azúcar estándar en los últimos 12 meses (Oct 2014-Oct 2015).	2
Gráfico 2 Índice Nacional de Precios de los fertilizantes al Productor.....	5
Gráfico 3 Precio de los fertilizantes Nitrogenados (Datos hasta septiembre de 2016)	7
Gráfico 4. Precio de los fertilizantes Fosfatados (Datos hasta septiembre de 2016)	8
Gráfico 5. Precio de los fertilizantes Potásicos (Datos hasta septiembre de 2016) .	9
Gráfico 6. Producción mundial de azúcar	21
Gráfico 7 Consumo mundial de azúcar.....	23
Gráfico 8 Países Exportadores de azúcar a nivel mundial ton x 1000 (2013-2014)	26
Gráfico 9. Países Importadores de azúcar a nivel mundial ton x 1000 (2013-2014)	26
Gráfico 10. Rendimiento promedio en toneladas por hectárea en fase plantilla, riego + temporal zafra 2014 -2015.....	38
Gráfico 11. Cantidad de hectáreas sembradas con caña de azúcar en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014).....	39
Gráfico 12. Producción de caña de azúcar (ton/ha) en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014).....	40
Gráfico 13. Superficie sembrada (ha) y su relación con la producción de caña de azúcar (Ton/ha) en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014)	42
Gráfico 14. Esquema que muestra el modelo con las variables base utilizadas en el corrido de simulación mediante el software VENSIM para la parte regional	102
Gráfico 15 Proyección variable suelo, tomando un “look up” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2010-2020 para el valle de El Grullo-Autlán)	103

Gráfico 16 y Gráfico 17. Proyección variable precipitación (lluvia), tomando un “look up” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2010-2020 para el valle de El Grullo-Autlán)	105
Gráfico 18. Proyección variable temperatura promedio tomando un “look up” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2011-2020 para el valle de El Grullo-Autlán).....	106
Gráfico 19. Proyección de la producción por hectárea de la caña de azúcar (ton/ha) en el valle de El Grullo-Autlán para el periodo 2010-2020	107
Gráfico 20. Proyección de la producción global en el Ingenio “Melchor Ocampo” en los	108
Gráfico 21. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con la Precipitación (mm) en el periodo 2001-2014 (Elaboración propia).	110
Gráfico 22. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con la Temperatura (oC) para el periodo 2001-2014.	112
Gráfico 1. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con el suelo (textura, pH y materia orgánica), periodo 2001-2012.....	112
Gráfico 24. Análisis de Regresión curvilínea para la producción de caña de azúcar y su relación con la precipitación, mediante los modelos lineal, logarítmica, cuadrática, cubico y exponencial.	114
Gráfico 25. Análisis de Regresión curvilínea para la producción de caña de azúcar y su relación con la temperatura, mediante los modelos lineal, logarítmica, cuadrática, cubico y exponencial.	116
Gráfico 26. Proyección de la Producción (ton/ha) de la caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán (software VENSIM) (gráfica izq.), en relación con la Producción Nacional (ton/ha) (SAGARPA-USDA) (gráfica der.), para el periodo 2010-2020 y 2010-2021 respectivamente.	119

Gráfico 27 y 28. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a las preguntas: ¿Quién le otorga el financiamiento? (P6) Y ¿Cuál otorga el mejor financiamiento? (P7).....	122
Gráfico 28. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán con base a la pregunta: ¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento? (P8)	123
Gráfico 29. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta: ¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña? (P9).....	124
Gráfico 30. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta: ¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones? (P10)	125

Índice de Figuras

Figura 1. Agroindustria cañera en México.....	28
Figura 2. Ingenios cañeros en el estado de Jalisco.....	30
Figura 3. Proceso de campo, fábrica y comercialización de la caña de azúcar.....	44
Figura 4. Organigrama de las dos principales Organizaciones Cañeras del valle de El Grullo-Autlán, CNPR y CNC, incluyendo al Ingenio Melchor Ocampo (IMO).....	47
Figura 5. Ubicación del valle El Grullo-Autlán (Costa Sur de Jalisco).....	68
Figura 6. Variables y software a utilizar en el corrido para la simulación de escenarios en la producción de caña de azúcar (ton/ha.), así como algunos componentes sociales y organizacionales en el valle de El Grullo-Autlán (Elaboración propia).....	77
Figura 7. Mapa de texturas del valle de El Grullo-Autlán.....	93
Figura 8. Mapa de pH del valle de El Grullo-Autlán.....	97
Figura 9 . Mapa de materia orgánica del valle de El Grullo-Autlán.....	101
Ilustración 1. Proceso de recepción y molienda de la caña de azúcar en los ingenios cañeros de México.-----	43

Resumen

En las últimas décadas la producción de la caña de azúcar ha tomado gran auge, ya que a raíz de su privatización en los años 80s, la producción ha ido en constante aumento, aunado a la cada vez más demanda mundial de uno de sus principales derivados como lo es el azúcar, además de los biocombustibles, que se avecinan como una fuerte competencia para este dulce recurso. Se realizó un estudio de suelo en la zona del valle de El Grullo-Autlán, tomándose del mismo las variables textura, pH y materia orgánica, lo que sumado al factor climático (precipitación y temperatura), permitieron alimentar el modelo de predicción VENSIM para la generación de escenarios propicios para la producción del cultivo de la caña de azúcar. Asimismo aunado a lo anterior, se realizaron encuestas con la finalidad de detectar el sentir de los productores de caña de azúcar en relación a las Organizaciones cañeras locales (CNPR, CNC e Ingenio Melchor Ocampo). Los resultados muestran como el valle en su mayoría presenta texturas adecuadas para este y otros cultivos, y pHs que en su mayoría tienden a la neutralidad, no así la materia orgánica que presentó valores bajos en la mayor superficie de este valle. De acuerdo a la simulación, el factor lluvia, junto con el edáfico (materia orgánica), se presentan como una de las principales limitantes para la producción de caña de azúcar. Si las condiciones se mantuvieran, la producción (ton/ha) presentará de acuerdo a la simulación, un ligero aumento para los próximos 10 años (2010-2020), del orden de las 10 u 12 ton/ha (media aproximada de 2 a 3 ton/ha/año). Además en cuanto a las Organizaciones cañeras locales, los resultados mostraron como la mayoría de los productores de caña de azúcar confían en dichas Organizaciones, ya que reciben los apoyos técnicos y económicos de manera ágil y expedita, aun así una pequeña minoría (10%), mostró su inconformidad en

cuanto a los apoyos económicos y lenta asesoría técnica, aunado a los cada vez más altos costos de los fertilizantes.

Palabras clave: *azúcar, suelo, clima, simulación, producción, organizaciones cañeras*

Abstract

In recent decades the production of sugarcane has exploded, as a result of its privatization in the 80s, production has been steadily increasing, coupled with the increasing global demand for one of its main derivatives as is sugar, besides biofuels ahead as strong competition for this sweet resort. A study of soil was carried out in the valley area of El Grullo-Autlan, taking the same variables texture, pH and organic matter, which added to climate factor (precipitation and temperature), allowed to feed the prediction model VENSIM for generating favorable for crop production of sugarcane scenarios. Also coupled with this, surveys were conducted in order to detect the feeling of the sugar cane producers in relation to local cañeras Organizations (CNPR, CNC and Ingenio Melchor Ocampo). The results show how the valley has mostly textures suitable for this and other crops, and pHs that most tend to neutrality, not organic matter presented low values in the largest area of this valley. According to the simulation, the rain factor, along with the edaphic (organic matter), are presented as one of the main constraints for the production of sugar cane. If the conditions are maintained, production (t / ha) presented according to the simulation, a slight increase over the next 10 years (2010-2020), the order of 10 or 12 ton / ha (approximate average of 2 to 3 ton / ha / year). Furthermore as the local cañeras Organizations, results showed as most producers of sugarcane rely on these organizations, as they receive technical and financial support agile and expeditious manner, still a small minority (10%) she showed their dissatisfaction regarding economic and technical assistance support slow, coupled with the increasingly high costs of fertilizers.

Keywords: sugar, soil, climate, simulation, production, cañeras organizations

Introducción

Las actividades agrícolas en el valle de El Grullo-Autlán son parte primordial en el desarrollo de esta región y donde los cultivos básicos juegan un papel relevante dentro de su economía. De estos sobresale el cultivo de la caña de azúcar el cual en las últimas décadas ha tenido un gran repunte debido principalmente a la gran demanda mundial del azúcar.

Esta actividad ha permitido detectar en los recorridos de campo realizados y bajo la percepción de algunos actores (productores, ingenio, organizaciones e inclusive gobierno), situaciones que generan molestia en los mismos, mal entendidos en el accionar de la cadena productiva de la caña de azúcar, reflejados principalmente en los costos de los insumos del cultivo. Al respecto algunos productores muestran su molestia de las organizaciones cañeras y señalan que *“solo les roban el dinero de sus liquidaciones ya que en la zafra anterior el costo de gastos de organización alcanzó hasta los 70 pesos por tonelada”*. Asimismo problemas en las calendarizaciones de riego y quema de la caña, así como escasa asesoría en la fertilidad de sus suelos. Esto se pudiera ver reflejado en el funcionar de la industria azucarera regional y más aún cuando en la región se encuentran dos asociaciones de cañeros, la Confederación Nacional de la Propiedad Rural (CNPR) y la Confederación Nacional Campesina (CNC), las que se suman al Ingenio “Melchor Ocampo” (IMO).

Por otra parte y aunado a lo anterior la oferta y demanda mundial del azúcar se ha visto empañada por diferentes situaciones, siendo una de ellas los excedentes en la producción de la cual se derivan dos vertientes, una es sobre la misma sobreproducción y la otra los cambios de hábitos de consumo o sustitución del azúcar por edulcorantes artificiales (jarabes de maíz de alta fructuosa, aspartato,

sacarina, entre otros) (Domínguez, 2005). Asociado a la anterior y con un gran impacto de inferencia, se presentan como tal los factores ambientales, los cuales son y serán un fuerte obstáculos para alcanzar una producción óptima para dar respuesta a la demanda de azúcar que existe actualmente, ya que a lo menos de manera local dicha problemática ambiental jugará un papel relevante en el futuro debido principalmente a la pérdida de estacionalidad de la lluvia, situación no ajena al contexto nacional e internacional.

Por otra parte se avecina una fuerte competencia para el uso y consumo del azúcar de caña, siendo esta la producción de biocombustibles. Mertens (2008), señala que uno de los cambios más fuertes que se presenta para este tercer quinquenio del siglo XXI en cuanto a el cambio del consumidor de azúcar, es la utilización de los biocombustibles, lo que podrá (que de hecho ya se está dando) generar una alza en los precios del petróleo y al agotamiento de este, pero sobre todo la dinámica de querer reducir las emisiones de carbono (CO₂) de los automóviles hacia la atmósfera. Este mismo autor señala, que si bien en México aún es muy incipiente esta demanda del consumidor, en los Estados Unidos está en plena expansión el uso de los biocombustibles, particularmente del etanol. Al mismo tiempo, el uso de la energía eléctrica renovable a partir del bagazo de la caña de azúcar, lo que es igualmente incipiente en el contexto mexicano.

En cuanto a producción, la demanda nacional siempre ha estado por debajo de las expectativas productivas de nuestro país, razón por la que se necesitan más tierras potenciales a este cultivo para cubrir dichas demandas (ZAFRANET, 2010). Las fluctuaciones del mercado mundial en cuanto sus diferentes necesidades no son ajenas al desarrollo local de este valle, ya que la oferta y demanda regional son regidas de acuerdo a la dinámica presente desde finales de los 80s con la liberación del estado de los ingenios azucareros y la privatización de éstos, donde este actor se retira como agente económico promotor del desarrollo y

el mercado comienza a ser el principal generador de la economía (Domínguez, 2005).

Este no es un problema solo nacional, ya que la demanda mundial en relación con la cantidad de azúcar que se produce ha tenido ligeros desfases, con variaciones en donde se tenían déficit en el mercado de aproximadamente un 3% anual* (entre 9,000 y 11,000 toneladas por año) en la primer década de este siglo XXI, pero nivelando estos dos factores en los siguientes cinco años, y proyectando esta misma situación hasta el año 2020. Esta necesidad mundial ha traído como consecuencia un vaivén económico en cuanto a la oferta y demanda se refiere, por lo que el buscar estrategias de producción que den respuesta a dicha demanda, por lo que éste será el reto tanto de este valle como de su contraparte nacional.

Por toda esta serie de situaciones surge la necesidad de planificar y de vislumbrar las posibles condiciones o escenarios que se pudieran presentar en los próximos 10 años, de ahí que éste trabajo pretende generar estrategias de manejo, que den respuesta a dichas necesidades y que mediante el análisis de los factores que inciden en la producción de este cultivo como lo es el clima y el edáfico, aminore esta incertidumbre, pero sobre todo apoye al sector productivo organizado (CNPR, CNC e IMO) de esta región, que junto con los demás actores se vean beneficiados con la implementación del mismo y en la toma de decisiones.

Dado que la finalidad de este trabajo es dar respuesta a las necesidades de los productores en cuanto al manejo de sus parcelas, los estudios de suelos y el simulacro de escenarios, se presentaron como una alternativa de mitigación a la

*Fuente: *ISO trimestrales perspectivas del mercado, febrero 2015. Tomado de Indian Sugar Mills Association. Asociación Premier de la Industria Azucarera en la India (ISMA por sus siglas en inglés) En: <http://www.indiansugar.com>*

problemática verbal comunicada por dichos productores, por lo que es necesario implementar estrategias que permitan a todos los actores enfrentar los nuevos retos que amenazan al cultivo de la caña, teniendo como propósito principal la misma producción de azúcar.

Por otra parte se presenta un nuevo desafío para los productores de caña de azúcar no solo de este valle, sino del país en general con la demanda de biocombustibles, los cuales forman parte de una estrategia competitiva dentro del mercado mundial, principalmente para países desarrollados como Estados Unidos, los cuales los toman como una opción al uso intensivo de combustibles fósiles como el petróleo (Gonzalez y Castañeda, 2008).

Para el caso de la caña de azúcar la generación de biocombustibles es por ahora una de las principales opciones para la producción de etanol, el cual se encuentra ya en fuerte competencia con la producción de azúcar, lo que conlleva también a entrar en competencia con la producción de alimentos. Así lo señala Musalem (2006), citado por Aguilar-Rivera (2007), al acotar que "el producir biocombustibles, es primordial no establecer una competencia con la producción de alimentos, ya que, debido a las condiciones en que se encuentra en la actualidad el campo, México ya no es autosuficiente en casi ningún tipo de producto agrícola, a excepción y en algunos años de la caña de azúcar", la cual se encuentra en amenaza por dicha producción.

Otra amenaza más y que se encuentra más fuertemente ligada a la producción de alimentos de primera necesidad, es la producción de maíz como una opción de biocombustibles. Al respecto las importaciones de Estados Unidos de alta fructuosa (maíz amarillo), ha entrado como una fuerte competencia a la producción de maíz nacional como alimento, al utilizar parcelas sobre todo del norte del país para este propósito. Esto se da desde que se eliminaron los permisos

previos de importación de azúcares en los 90s, ya que se incrementaron las importaciones de éstos en sus diferentes calidades a precios por abajo de los concertados, además de elevar la acumulación de inventarios por parte de los productores, creándose, a partir de ello, una importante sobreoferta de azúcar que afectó a la industria azucarera nacional, aunado a los problemas que ya venía enfrentando esta industria a partir de la privatización de los ingenios¹.

Asimismo los costos de los insumos son otra preocupación de los productores en general, ya que consideran que los fertilizantes van cada año a la alza lo que merma aún más su economía

Es por esta situación que el valle de El Grullo-Autlán enfrentara nuevos retos sobre todo en lo que al campo se refiere y donde las necesidades de los suelos son una acción prioritaria para la búsqueda de mejores condiciones de manejo de este recurso, que junto con el recurso agua, bien sea de riego o lluvia, enfrentan condiciones que cada año se vuelven adversas por las situaciones cambiantes del clima.

Es así como este trabajo da a conocer esta dinámica de la caña de azúcar mediante cinco capítulos, los cuales están plateados de la siguiente manera:

El primer capítulo es referido al planteamiento del problema (protocolo), en él se aborda la problemática recurrente que dio origen a este proyecto mediante los comentarios y sondeos verbales que se llevaron a cabo tanto en campo, en las asambleas, así como en oficinas de las organizaciones cañeras antes mencionadas.

¹ Centro de Estudios de la Finanzas Públicas. *El Impacto de las importaciones de fructosa en la industria azucarera* (2005). Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Palacio Legislativo de San Lázaro.

El capítulo dos da soporte teórico a la propuesta de este trabajo (estado del arte), en él se conceptualizan las variables planteadas para la realización de este trabajo. Así también da a conocer información generada por instituciones cañeras (CNC, CNPR e IMO), las cuales proporcionan datos sobre el manejo de la caña de azúcar tanto nacional como regional. Esta información es tratada y analizada mediante descripción gráfica que muestran el comportamiento productivo y de manejo de suelo de esta gramínea.

El tercer capítulo plantea los objetivos de acuerdo a la problemática más recurrente, tratando de dar respuesta a los mismos y como un apoyo a los productores de caña de azúcar de este valle.

El capítulo cuarto da soporte a la metodología utilizada, la cual fue parte importante para llevar a cabo este trabajo, en ella se muestran los pasos llevados a cabo con base a los objetivos planteados.

El quinto capítulo da a conocer los resultados que arrojó esta investigación mediante un análisis textual y gráfico del comportamiento de la dinámica azucarera en esta región principalmente. Así también se muestra un análisis de sistemas mediante el uso del programa de simulación "VENSIM" y el estadístico SPSS (versión 15), así como la validación de dicha simulación con el apoyo del programa de Excel. En él se ejemplifican escenarios futuros (2010-2020), propicios para el manejo de la caña de azúcar, utilizando para ello variables de clima (precipitación pluvial y temperatura) y suelo (textura, pH y materia orgánica). También se da respuesta de manera gráfica descriptiva y estadística del sentir de los productores de caña de azúcar en sus relaciones con las organizaciones cañeras locales (CNPR, CNC e IMO).

Finalmente el capítulo seis muestra la discusión y la conclusión a la que se llegó en este trabajo, que pretenden dar solución a la problemática planteada y en donde se puede observar mediante ellas como tanto el productor como la mismas Organizaciones Cañeras se ven beneficiados con estos resultados, pero sobre para la toma de decisiones para un futuro inmediato

CAPÍTULO I

1 Protocolo de investigación

1.1 Planteamiento del problema

La dinámica de la caña de azúcar a nivel mundial ha permeado tanto la producción local como la regional. Sin embargo es la producción de azúcar a nivel global la que determina los vaivenes de demanda y oferta de este endulzante. Dicha producción mundial ha tenido en los últimos 5 años un ligero repunte, lo que ha generado que aparentemente el mercado del azúcar se estabilice.

Sin embargo si a esto le agregamos la producción de caña de azúcar para otros fines como es la producción de biocombustibles (etanol), dicho excedente se podría ver alterado, por lo que se necesitará de más producción de azúcar en un futuro para cubrir la demanda existente tanto para consumo, como para la generación de dichos biocombustibles.

Al respecto datos recientes señalan como la producción de azúcar apenas ha cubierto la demanda de consumo (Tabla 1).

BALANCES MUDIALES DE AZÚCAR (OCTUBRE/SEPTIEMBRE)							
En miles de toneladas, Tel quel							
	2014/15	2013/14	2012/13	2011/12	2010/11	2009/10	2008/09
Producción	172,086	171,002	172,029	164,629	154,927	149,333	140,818
Consumo	171,463	168,368	164,292	158,060	153,254	152,122	151,626
Superávit / déficit	620	2,634	7,737	6,569	1,673	2,789	10,808
Demanda de importaciones	55,720	56,390	60,533	54,325	53,870	53,991	48,395
Disponibilidad de exportaciones	56,036	56,366	60,530	54,322	53,867	53,997	48,390
Inventario final	79,885	79,581	76,923	69,326	62,754	61,078	63,873
Inventario / Consumo	46,59	47,27	46,82	43,86	40,95	40,15	42,13

Tabla 1. Balances mundiales de azúcar (Octubre-Septiembre 2014-2015)
Fuente: ISO. Quarterly Market Outlook –February, 2015, (citado por CONADESUCA, 2015).

Por otra parte, los fenómenos meteorológicos han jugado un papel importante, tal es el caso de la dinámica de la lluvia al presentar años con buenos temporales y otros con no tan buenos, situación que se ha reflejado en los últimos cinco años con un ligero repunte de la precipitación (CONAGUA, 2014), lo que ha llevado a fluctuaciones productivas de la caña de azúcar, incidiendo con ello que la oferta en ocasiones sea un poco mayor que la demanda y viceversa.

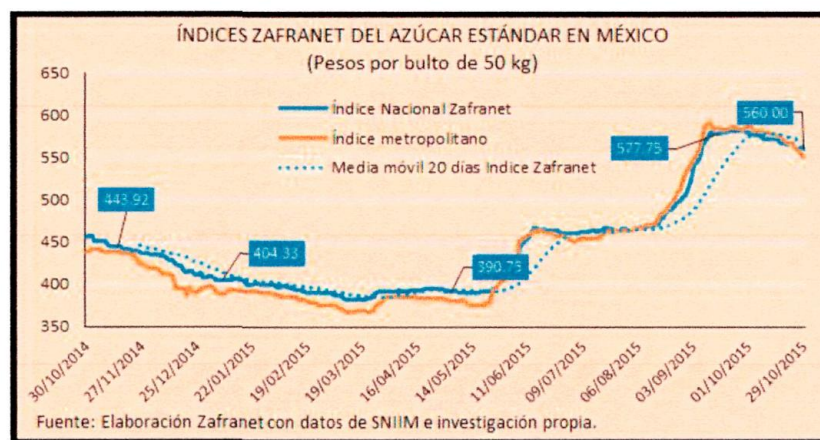


Gráfico 1. Pesos por bulto de 50 Kg en azúcar estándar en los últimos 12 meses (Oct 2014-Oct 2015).
Fuente ZAFRANET (2015). (Consultado el 30 de Octubre de 2015)

México no ha estado ajeno a estos vaivenes mundiales tanto del clima, como de la producción de azúcar. En datos recientes para nuestro país, donde la situación no es nada halagüeña dados los costos de arancel los cuales se vieron reducidos en las importaciones hacia los Estados Unidos. En el ciclo 2013-2014 dichas importaciones se redujeron en 96.000 toneladas métricas (TM), las cuales fueron destinadas al Programa de re-exportación de México (IMMEX) para los productos que contienen azúcar. Las entregas para el consumo se redujeron en 50.000 MT después de una caída en los envíos nacionales de fin de temporada. Las entregas totales por lo tanto se redujeron en 156.000 TM (Riche, et al. 2014).

La misma fuente cita que para el periodo 2014-2015 la situación no fue nada mejor, ya que para este periodo, la oferta total de México se incrementó en 71.000 toneladas en las reservas iniciales. La entrega para el consumo se redujo en 52.000 TM en línea por la reducción hecha en el 2013/14. Las reservas finales se pronostican en un 22 % del consumo con una reducción de 11,000 TM a 936,000 TM. Por otra parte esa merma de azúcar a nivel nacional ha generado que los precios de este producto se incrementen año con año. Así lo señala ZAFRANET (2015), quien comenta como dichos precios en los bultos de 50 Kg. han ido a la alza en los últimos cuatro meses (Gráfica 1). En dicha gráfica se muestra como los precios de la azúcar se mantuvieron con cierta estabilidad del octubre de 2014 a junio de 2015, donde después de esta fecha los precios se incrementaron en más del 50 %.

Esta situación no ha sido ajena al valle de El Grullo-Autlán, que con su dinámica agrícola representa una de sus principales actividades económicas más importantes, donde se destaca la producción de cultivos básicos (frijol, maíz, sorgo y arroz), hortalizas (melón, sandía, calabacita, tomate de cáscara, chile y jitomate) y cultivos frutales (naranja, lima y limón) y perennes como alfalfa, caña de azúcar y agave en los últimos años (Quintero, 2003).

Sin embargo, es la caña de azúcar la que ha tomado gran relevancia en estas últimas décadas, debido a su importancia económica y estratégica para el desarrollo regional, dadas las extensas superficies de suelos dedicadas para su cultivo, así como a la generación de empleos e ingreso y sobre todo a la importancia del mercado azucarero. Esta dinámica azucarera ha permitido detectar bajo la percepción de los productores de caña de azúcar una serie de preocupaciones, donde sobresalen mediante sus comentarios, lo *caro* de los insumos para su cultivo, señalando a los fertilizantes y a sus tierras como su mayor preocupación, ya que según ellos año con año se van *cansando*. Esto genera en ellos inquietudes y malos entendidos que se pudieran ver reflejados en el funcionar de la industria azucarera regional.

Al respecto se señala que los precios de los fertilizantes mantienen una correlación directa con los hidrocarburos. El costo principal en la fabricación de fertilizantes nitrogenados (amoníaco anhidro, nitrato de amonio y urea) es el gas natural, cuyo precio aumentó a la par que el del petróleo. Durante 2008, se estimó un incremento en los precios de los fertilizantes internacionales de alrededor de 51% (SAGARPA, 2009). Asimismo, proyecciones sobre los costos de los fertilizantes muestran como estos insumos tendrán diferente comportamiento económico de acuerdo a las proyecciones para el año 2018 (Gráfica 2).

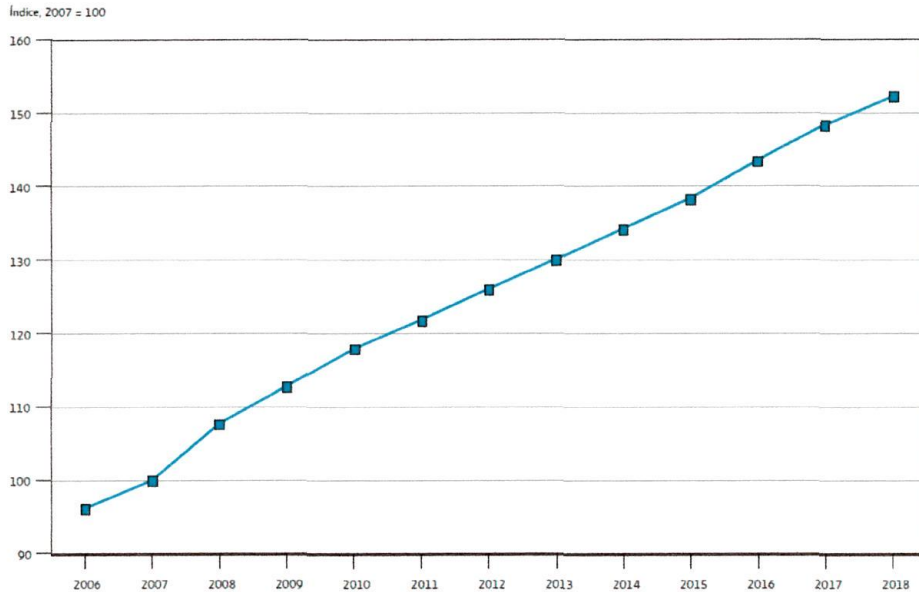


Gráfico 2. Índice Nacional de Precios de los fertilizantes al Productor.

Fuente: CAPEM, Enero 2009, citado por SAGARPA (2009).

Esta tendencia en el aumento de los precios de fertilizante es una constante que se ha presentado desde el 2009, y los productores en general manifiestan dicha preocupación en los aumentos continuos de los fertilizantes. A este respecto México importan 58 por ciento de los fertilizantes químicos que se emplean en la agricultura, cuyo costo se ha incrementado en los últimos meses debido a la paridad peso-dólar. El mercado nacional de los fertilizantes representa actualmente un valor estimado de más de 2 mil 200 millones de dólares –unos 37 mil 400 millones de pesos, considerando un tipo de cambio de 17 pesos por dólar (Perea, 2016).

Pero ¿qué es lo que ha sucedido en estos dos últimos años? En la Evolución de los precios de insumos agropecuarios seleccionados, se señala que de enero a febrero de 2016, los insumos agropecuarios que forman parte del Índice Nacional de Precios Productor (INPP), en la parte de fabricación de fertilizantes, presentó

una variación de 6.19%, siendo la que mostró la mayor alza en puntos porcentuales (3.71) con respecto a igual intervalo de 2015 (2.48%)². Esto es que el costo de producción de los fertilizantes va año con año a la alza, generando con ellos la carestía de los mismo y la consecuente merma económica de los productores agrícolas en general.

De manera local y con base al Informe de Zafra (2014/2015), los técnicos de campo de la Confederación Nacional de la Propiedad Rural (CNPR) del valle de El grullo-Autlán, manifestaron que una de las problemáticas que se presentaron fue el incremento a los precios de fertilizantes, debido esto, al tipo de cambio del dólar americano, el cual se ha venido presentado de manera paulatina desde hace ya varios años a la fecha (CNPR, 2015).

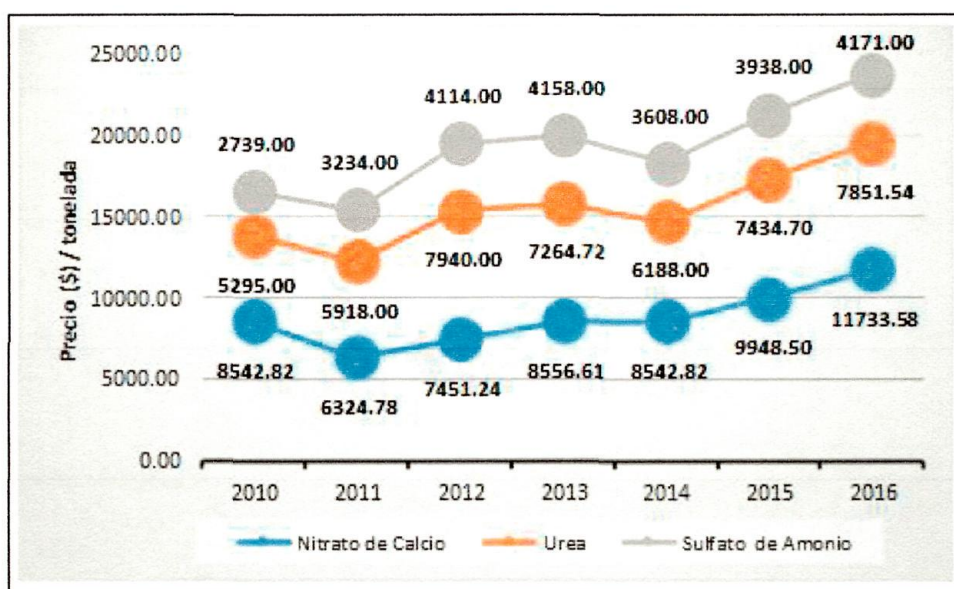
Una de las formas de presentación de los fertilizantes agrícolas es mediante los elementos de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), los cuales de manera comercial son ofertados a los productores como insumos propios para mejorar la producción en los cultivos mediante su aplicación al suelo y conocidos como fertilizantes Nitrogenados, Fosforados y Potásicos (SAGARPA, 2015). Respecto a los costos de estos últimos se tiene lo siguiente:

Fertilizantes nitrogenados

En lo que respecta a los fertilizantes nitrogenados el comportamiento de los precios de éste insumo ha sido ascendente en los últimos 6 años (Gráfica 3). En la gráfica se puede observar como en el caso de la Urea, el aumento ha sido del 50%, siendo este fertilizante uno de los más importantes para el suelo como fuente de Nitrógeno.

² FUENTE: Evolución de los precios. (2016). Comisión Nacional de los Salarios Mínimos con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Pág. 1772

Para el caso del Nitrato de calcio ha sido similar en cuanto su comportamiento ascendente, ya que a partir del año 2011, se tuvo un aumento gradual de casi el 50 % de este producto hasta lo que va de éste año 2016, lo que representa en pesos, un aumento gradual de 1000 a 2000 pesos por año / tonelada.



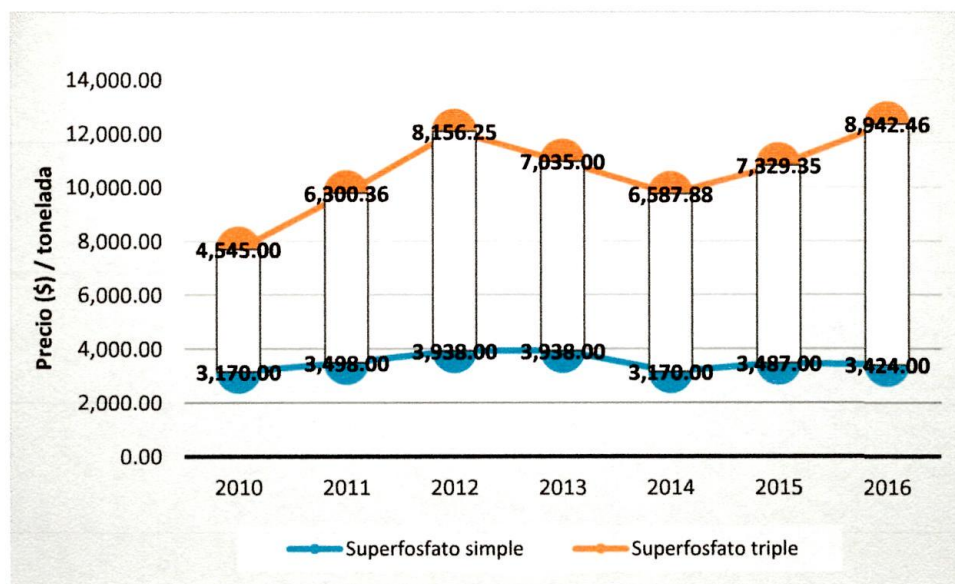
Gráfica 3. Precio de los fertilizantes Nitrogenados (Datos hasta septiembre de 2016)

Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016).
(Elaboración propia)

Fertilizantes fosfatados

Para el caso de los fertilizantes fosfatados no ha sido la excepción, ya que a partir del 2014 su aumento en costo ha sido notorio (Gráfica 4). Tal es el caso del fertilizante Superfosfato triple, de pasar de 6500 pesos a casi 9000 pesos por tonelada. Sin embargo cabe mencionar que solo tuvo un leve descenso en su precio entre el 2012 y el 2014.

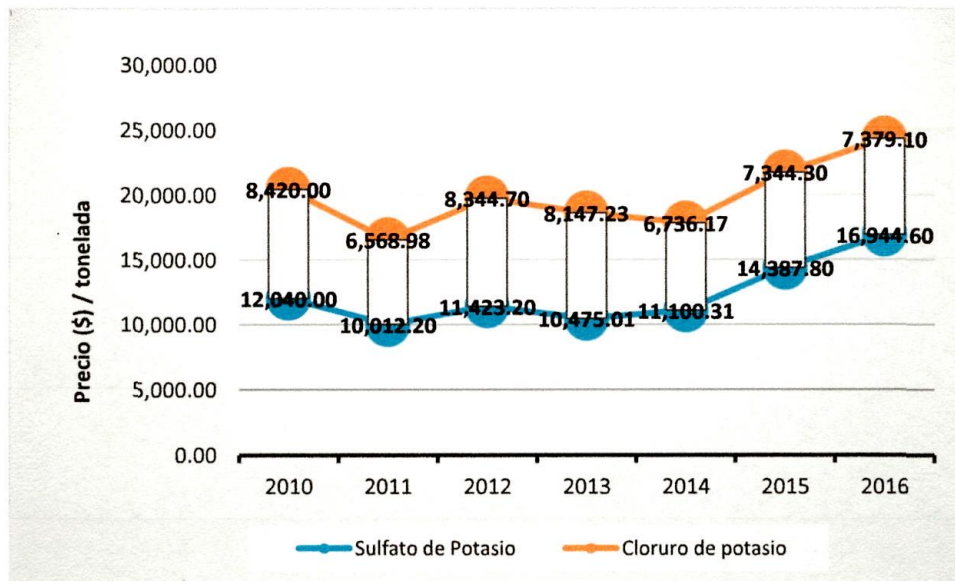
El comportamiento en precio del fertilizante Superfosfato simple se mantenido relativamente constante en estos últimos, al estar el precio de la tonelada entre los 3000 y los 3,500 pesos.



Gráfica 4. Precio de los fertilizantes Fosfatados (Datos hasta septiembre de 2016)
Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016).(Elaboración propia)

Fertilizantes potásicos

Los fertilizantes potásicos han ido a la par con los fertilizantes nitrogenados al tener constantes aumentos en el precio de entre 1000 y 2000 pesos en los últimos 3 años (Gráfica 5). De hecho el comportamiento tanto del Sulfato de potasio, como del Cloruro de potasio ha sido algo similar y donde la estabilidad de su precio solo se dio entre el 2010 y el 2014.



Gráfica 5. Precio de los fertilizantes Potásicos (Datos hasta septiembre de 2016)

Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016).
(Elaboración propia)

Como se podrá observar el sentir y malestar de los productores de caña de azúcar de este valle y de otros lugares agrícolas de la República respecto al aumento constante de los fertilizantes, si tiene un fundamento, por lo que el buscar alternativas de manejo que disminuyan, quizás no el precio de los fertilizantes, pero si la aplicación de los mismos, será una alternativa de manejo tanto a corto, como largo plazo.

Al respecto la aplicación de los abonos orgánicos se presenta como una buena alternativa para mitigar los costos del fertilizante convencional, pero esto quizás a largo plazo mientras dicho fertilizante orgánico se incorpora al suelo y empieza su función de enriquecimiento al mismo.

Aunado a lo anterior, un estudio realizado para el valle de El Grullo-Autlán por Sandoval et al. (2012), mostró como la percepción del costo del abono

orgánico sobre el convencional o “químico” (como algunos productores le llaman) de la mayoría de los productores de caña de este valle, es que el abono orgánico sigue siendo el más económico, pero también señalaron en aquella ocasión que el fertilizante convencional sube año con año. A este respecto y en un informe comparativo de los técnicos de la CNPR señala como los costos de producción aumentan en el sistema tradicional y la utilidad es menor, mientras que en el manejo sustentable los gastos disminuyen y la utilidad es mucho mayor (Tabla 2)

Manejo tradicional / ha	
Gastos (cultivo, cosecha e indirectos)	\$ 28,000.00
Ingresos (caña cosechada)	\$ 47,000.00
Utilidad	\$ 19,000.00
Manejo sustentable / ha	
Gastos (labores de conservación)	\$ 22,000.00
Ingresos (Caña cosechada)	\$ 45,000.00
(Residuos de cosecha)	\$ 3,000.00
Utilidad	\$ 26,000.00

Tabla 2. Comparación de costos por tipo de producción
(CNPR, 2011; citado por Sandoval et al. 2012).

El manejo sustentable es una de las acciones que últimamente se están implementando para este valle de El Grullo-Autlán, ya como una realidad por algunos productores de caña de azúcar, y la meta del mismo es ir disminuyendo poco a poco la quema de la caña en cada una de las parcelas, incorporando para ello los residuos de la corta de la caña para su molienda en seco, lo que favorece el enriquecimiento de nutrientes para el suelo y además como una medida de control en la contaminación por la quema de dicha caña.

Así es como se observa en la tabla 2, donde el manejo sustentable se presenta como una alternativa para la disminución de costos en los insumos y por ende en los fertilizantes convencionales, parte importante en la producción del

cultivo de la caña de azúcar, así como la incorporación de los residuos de cosecha que se presenta como una opción para la mejora del suelo en cuanto a su parte nutrimental. Esta incorporación orgánica permite la recuperación del suelo a largo plazo (Félix-Herrán et al.2007).

1.2 Justificación

El valle de El Grullo-Autlán presenta gran importancia debido principalmente a sus características agroclimatológicas que benefician a la gran cantidad de habitantes que ocupan esta zona y la región de influencia (cerca de 85,000 habitantes solo en estos dos municipios) (INEGI, 2015).

Por otra parte, esta importancia agrícola se ve reflejada en la intensa agricultura de riego que se desarrolla para el cultivo de la caña de azúcar, lo que reviste gran relevancia para el crecimiento de la región y de otros centros de población cercanos (Tabla 3).

Actividad	Valle de El Grullo-Autlán		%
	(Ha)	Jalisco (Ha)	
Superficie sembrada total	17,841	1,592,094	1.12
Superficie cosechada total	15,463	1,309,485	1.19
Superficie sembrada de temporal	6,529	1,337,019	0.48
Superficie sembrada de riego	11,312	255,075	4.43
Superficie mecanizada	15,662	1,248,458	1.25
Valor de la producción agrícola total	710,804 (pesos)	27,155,504 (pesos)	2.61

Tabla 3. Cifras agrícolas de siembra total (varios cultivos), del valle de El Grullo-Autlán (Incluye a los municipios de Autlán de Navarro y El Grullo).

Fuente: INEGI (2014), (Elaboración propia).

Asimismo se señala que la intensidad en el manejo agrícola de los suelos ha reflejado a través de las últimas décadas deterioro y agotamiento de los mismos en las regiones agrícolas de México, ocasionado principalmente por un uso intensivo de tecnología con fines de producción a corto plazo, principalmente en lo que al cultivo de caña de azúcar se refiere (SEI-JAL. 2000).

Es por lo anterior y con base a la problemática planteada que el manejo y estudio de los suelos tanto para este valle, como para otras regiones, es parte fundamental para una adecuada producción que llene las expectativas de los productores de determinado cultivo. Para el caso del cultivo de la caña de azúcar no es la excepción, ya que su buen desarrollo depende de un manejo integral que refleje todas las acciones para su crecimiento. Acciones iniciales como podrían ser estudios completos de suelos cada cinco años.

Pero existen condiciones que por sí solas reflejan la parte fértil de un suelo con fines agrícolas. Variables como la textura, el pH y la materia orgánica podrían ser condiciones a estudiar mediante mapas temáticos en el valle de El Grullo-Autlán, ya que esto representa la condición inicial del suelo para una mejora desde el punto de vista de su fertilidad.

Finalmente el predecir condiciones agrícolas con el historial climático y productivo existente, puede mejorar o apoyar mucho mejor a la producción de cultivos, por lo que el realizar simulacro de escenarios que sean propicios para un manejo adecuado de dichos cultivos, ayudará en la toma de decisiones de las Organizaciones cañeras locales.

1.3 Propósito

Dado el sentir de los productores del valle de El Grullo-Autlán el cual se encamina a un problema o queja por el alza continua de los insumos donde sobresalen los fertilizantes, lo cual se relaciona en gran parte con la parte productiva de los suelos, al ser un elemento primordial para el buen desarrollo y crecimiento del cultivo de caña de azúcar y para otros cultivos, así como por el accionar de la cadena productiva de esta región, se propone para este trabajo el realizar estudios que reflejen las condiciones actuales de los suelos, así como el manejar situaciones mediante simulaciones que permitan vislumbrar la producción en un futuro y en relación con factores edáficos y climáticos. Por otra parte indagar si realmente la preocupación del alza continua de los fertilizantes es una problemática aislada, o se presentan más.

Asimismo se considera que desde el punto de vista social las funciones de los diferentes actores que intervienen en el cultivo de la caña de azúcar y todo lo que conlleva la cadena productiva de este cultivo son de gran importancia, por lo que al respecto se propone indagar el papel que juegan las organizaciones cañeras en este valle mediante un análisis del sentir de los productores de caña de azúcar, lo que será fundamental para la implementación de recomendaciones y en la toma de decisiones de dichas Organizaciones Cañeras.

1.4 Alcances y Limitaciones

Este estudio beneficiará a productores, organizaciones cañeras locales del valle de El Grullo-Autlán, así como de su zona de influencia, lo que equivale afavorecer a aproximadamente a 150 ejidatarios y sus familias y poco más de 12,000 hectáreas de cultivo de caña de azúcar de estos dos municipios.

Una limitante que se puede presentar es el acceso a la información existente sobre todo de las dependencias gubernamentales, ya que puede darse el caso de que niegue la misma o se de largas para no proporcionarla. Asimismo y en su momento el acceso a las parcelas de cultivo para el estudio de los suelos mediante su descripción y muestreo no fue un obstáculo cuando se realizó un estudio de suelo de este valle, ya que fueron actividades apoyadas por los productores de caña de azúcar al proporcionar todas las facilidades para dichos muestreos, lo que lleva a pensar que las visitas posteriores tanto a estas parcelas, como a sus Asambleas no presentará problema alguno.

CAPITULO II

2 Marco teórico

2.1 Características del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar es considerada una gramínea tropical perteneciente a la tribu *Andropogoneae* y un híbrido complejo de dos o más de dos especies del género *Saccharum*. A diferencia del maíz el tallo de la caña de azúcar tiene una yema en la axila de todas las hojas con excepción de las más viejas. La caña de azúcar se siembra en un agujero poco profundo o en surcos en la parte superior de un camellón de una o varias hileras y posteriormente se le aplica una fertilización postemergente, mientras que el control de plagas se realiza generalmente mediante aspersores de mochila, maquinas con un gran espacio libre sobre el terreno o con aviones (Chen y Chen, 2000).

Por otra parte los factores climáticos son una parte importante de este cultivo, por lo que al respecto Subiros (1995) señala que en cuanto a temperatura y humedad (factores muy importante para la germinación y el crecimiento), esta debe de estar en un rango de entre 27 y 33 °C. La precipitación es otro factor que como parte de la humedad genera las condiciones propicias de desarrollo de la caña, por lo que esta debe de estar entre los 1200 y 1500 mm anuales, situación que en condiciones de estiaje es reemplazada por el riego cuando se cuenta con este recurso. Otros factores que pueden afectar el desarrollo de este cultivo es la radiación la cual no debe de estar entre los 400 y 700 nm², así como el viento cuya velocidades no deben de rebasar los 40 Km. por hora.

En lo que respecta a México las condiciones de manejo varían en relación con los tipos de clima y suelo donde se implementa el cultivo de caña. La SAGARPA (2009) menciona características generales en cuanto a que es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm. de diámetro y donde la temperatura, humedad y luminosidad, son los principales factores del clima que controlan su desarrollo. Esta misma fuente señala que su reproducción es por trozos de tallo y se recomienda que la siembra se realice de este a oeste para lograr una mayor captación de luz solar, el material de siembra debe ser de preferencia de cultivos sanos y vigorosos, con una edad de seis a nueve meses, se recomienda utilizar la parte media del tallo, se deben utilizar preferentemente esquejes con 3 yemas.

La producción y calidad de la caña de azúcar a nivel de la República Mexicana varía de estado a estado debido a varios factores, desde los climáticos (lluvia y temperatura), hasta los edáficos, por lo que esta ha sido una de las polémicas que han tenido los estudiosos de este cultivo, y es el de afirmar cuales son los mejores suelos y clima para el mejor desarrollo y crecimiento del cultivo de caña (CONADESUCA, 2015).

La caña de azúcar se cultiva con éxito en la mayoría de suelos, estos deben contener materia orgánica y presentar buen drenaje tanto externo como interno, y que su pH oscile entre 5.5 a 7.8 para su óptimo desarrollo. Al respecto Sánchez et al. (2002), señalan que la productividad de los suelos o tierras donde es sembrada la caña de azúcar está en íntima relación con sus características edafológicas (textura, profundidad, contenido de materia orgánica, pH, y Punto de Saturación de Bases).

Por una parte Chen y Chen (2000) señalan que la presencia de limitaciones físicas, como horizontes endurecidos en el subsuelo o niveles freáticos cercanos a la superficie, contribuyen a la baja en el rendimiento del cultivo y, por otro lado, cuando se tienen condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos, pueden esperarse altos rendimientos propiciados por alto contenido de materia orgánica (> 4%), buen drenaje, consistencias friables y valores de pH cercanos a la neutralidad.

2.2 Contexto internacional de la caña de azúcar

La producción mundial de azúcar en el mundo para el período comprendido entre 2015 a febrero de 2016 fue de 166,833 miles de toneladas, lo que muestra una brecha creciente entre el consumo mundial y la producción mundial, ya que la demanda para este periodo fue de 171,851 miles de toneladas, lo que representa un déficit de 5,018 miles de toneladas (ISO. Quarterly Market Outlook, citado por CONADESUCA, 2016). Además esta misma fuente señala que la economía mundial del azúcar se enfrenta por este año dicho déficit entre la oferta y la demanda, por lo que el crecimiento de la producción mundial es demasiado baja para cubrir los aumentos previstos en el consumo de azúcar. La siguiente tabla (No. 4), nos muestra la fluctuación actual del azúcar, según la anterior fuente:

Balances mundiales de azúcar (Octubre /Septiembre)							
En miles de toneladas							
	2015/16	2014/15	2013/14	2012/13	2011/12	2010/11	2009/10
Producción	166,833	171,180	171,386	172,029	164,629	154,927	149,333
Consumo	171,851	168,894	165,391	164,384	158,034	153,254	152,122
Superávit/déficit	-5,018	2,286	5,995	7,645	6,595	1,673	-2,789
Demanda de importaciones	56,759	55,450	57,957	60,600	54,325	53,870	53,991
Disponibilidad de exportaciones	56,749	55,430	57,958	60,605	54,322	53,867	53,997
Inventario final	80,552	85,560	83,220	77,226	69,586	62,988	61,312
Inventario / consumo	46.87%	50.66%	50.32%	46.98%	44.03%	41.10%	40.30

Tabla 4. Balances mundiales de azúcar (2010-2016).
Fuente: ISO. Quarterly Market Outlook, citado por CONADESUCA, 2016)
(Elaboración propia)

Obsérvese en la tabla anterior como las perspectivas actuales de producción han estado siempre por debajo de las necesidades del mercado mundial, esto es, de entre un 2,000 y 5,000 toneladas por año, lo que representa aumentar la producción en poco más del 3% anual de acuerdo a dichas demandas.

Para ver el panorama actual en cuanto a la producción de azúcar, se presenta el siguiente punto, el cual aborda a los principales países productores de este recurso.

2.2.1 Producción mundial de azúcar

¿Cómo se encuentra la producción de azúcar a nivel de los países del mundo?, o ¿Qué lugar ocupa México actualmente entre los principales productores? Al respecto Gutiérrez y Reyes (2003) reportaban que México se encontraba a principio de este milenio en los 10 primeros productores de azúcar en el mundo, ubicándose como tal en el 8° lugar, muy por debajo de las máximas

potencias productoras de azúcar como lo son Brasil y China, quienes juntos rebasaban las más de 40,000 toneladas anuales (poco más de una tercera parte de la producción mundial aproximadamente).

Sin embargo aunque nuestra producción de azúcar ha ido en este nuevo milenio ligeramente a la alza con respecto a los años 90s, donde con una menor producción ocupábamos el 6° lugar (FAO, 2004), también es cierto que esta no ha sido suficiente para satisfacer las necesidades nacionales, aunado a que otros países despuntan en su producción y brincan escaños en el panorama mundial.

La perspectiva actual posesiona a México nuevamente como uno de los principales productores de azúcar, ubicándose en este momento en el 8° lugar (Tabla 5), lo que presume que nuestro país se haya mantenido en los últimos 20 años como uno de los de mayor producción de este endulzante, fluctuando su lugar de entre el 6° y el 8°.

Lugar	País	Ton x 1000	cultivo
1	Brasil	37.800	Caña
2	India	27.045	Caña
3	UE	16.100	Remolacha y caña
4	China	14.346	Remolacha y caña
5	Tailandia	11.390	Caña
6	Estados Unidos	7.693	Remolacha y caña
7	Pakistán	5.215	Caña
8	México	4.971	Caña
9	Rusia	4.400	Caña
10	Australia	4.300	Caña
	Otros	42.44	
	Total	175.703	

Tabla 5. Producción mundial de azúcar en ton x 1000 (20013-2014).

Fuente: USDA (2014). (Elaboración propia)

La tabla anterior muestra como Brasil se sigue manteniendo como uno de los grandes productores de azúcar a nivel mundial y como otros países han sido desplazados en este rubro, casos como el de Rusia, el cual a principios del milenio no aparecía entre los primeros diez, o el caso de México que de estar debajo de Australia, actualmente la rebasó en su producción.

Otro punto interesante es el repunte de la producción de azúcar Tailandesa, la que a principios del milenio era superada por los Estados Unidos, ubicándose actualmente por encima de esta nación americana. Es importante mencionar como la nación Pakistán pasó de ser el 10º lugar al 7º lugar mundial.

La gráfica siguiente (6), muestra con más detalle los países productores de azúcar, donde Brasil con poco más del 23% de la producción mundial sigue encabezando la lista, seguido de la India con el 11%, la UE con el 10% y China con cerca del 9% y más abajo Tailandia y Estados Unidos con el 5% y México con cerca del 4%, lo que lo posesiona como el 8º productor de azúcar en la actualidad.

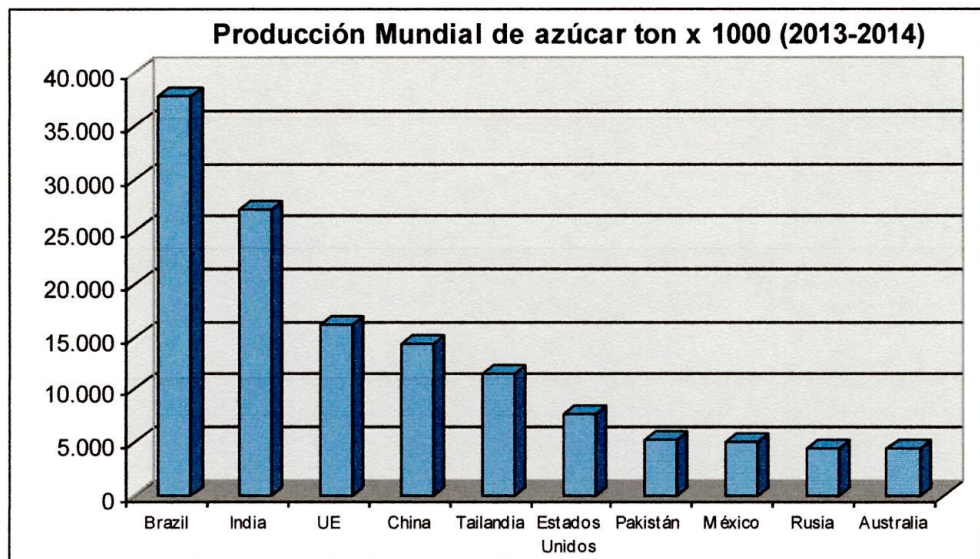


Gráfico 6. Producción mundial de azúcar
Fuente: USDA (2014) (Elaboración propia).

Es eminente que uno de los retos de la próxima década será el de dar respuesta a la demanda de este recurso alimenticio, ya que los números señalan el déficit que existe entre dicha necesidad con respecto a la oferta, la cual rebasa en poco más de las 9000 millones de toneladas anuales (<http://www.indiansugar.com>), lo que hace de esta situación un problema y desafío al futuro.

Aunque esta distancia poco a poco ha ido reduciéndose en los últimos años, esto no garantiza el que se pueda cubrir en su totalidad la demanda, ya que se pueden exhibir otra serie de factores que abran aún más la brecha de lo que se está presentando actualmente, problemas de disminución de recursos naturales como agua, tierras, el cambio climático y la sustitución del azúcar por edulcorantes (que ya está sucediendo), aunado al uso de otros derivados de la caña de azúcar como los biocombustibles, pueden hacer que esta ligera recuperación que se logra año con año, pueda ir en decremento en los siguientes.

Sumándose a esta serie de problemas, otros de índole social y económico también amenazan la producción de azúcar, como lo manifiesta Gutiérrez y Reyes (2003), quienes señalan que los países desarrollados al imponer sus políticas económicas o sectoriales de los productos primarios, hacen de los países subdesarrollados sus súbditos y grandes perdedores y donde sus empresas (transnacionales instaladas en países en vía de desarrollo), son las que deciden los precios de los bienes exportados.

2.2.2 Consumo mundial de azúcar

Por otra parte y muy fuertemente ligada a la producción de azúcar, se encuentra el consumo de la misma donde los mayores productores no dan abasto a sus necesidades internas. La siguiente tabla (6) nos muestra el consumo a nivel mundial:

Lugar	País	Ton x 1000
1	India	26.000
2	UE	18.300
3	China	16.500
4	Brasil	11.260
	Estados	
5	Unidos	10.932
6	Rusia	5.615
7	México	4.971
8	Pakistán	4.450
9	Egipto	2.870
10	Tailandia	2.600
	Otros	
	Total	

Tabla 6. Consumo mundial de azúcar en ton x 1000 (2013-2014).
Fuente: USDA (2014). (Elaboración propia)

Observe en la tabla anterior (11) cómo la mayoría de los grandes productores de azúcar como lo son la India, China, la UE, Estados Unidos e inclusive México no satisfacen su demanda interna, por lo que tienen que importar dicho producto. Solo un país cubre sus necesidades de consumo como lo es Brasil, ya que produce poco más del doble de lo que consume (37.800 por 11.260 tx1000 respectivamente). La siguiente gráfica (7) nos muestra a más detalle el consumo mundial de azúcar dentro del ciclo 2013-2014.

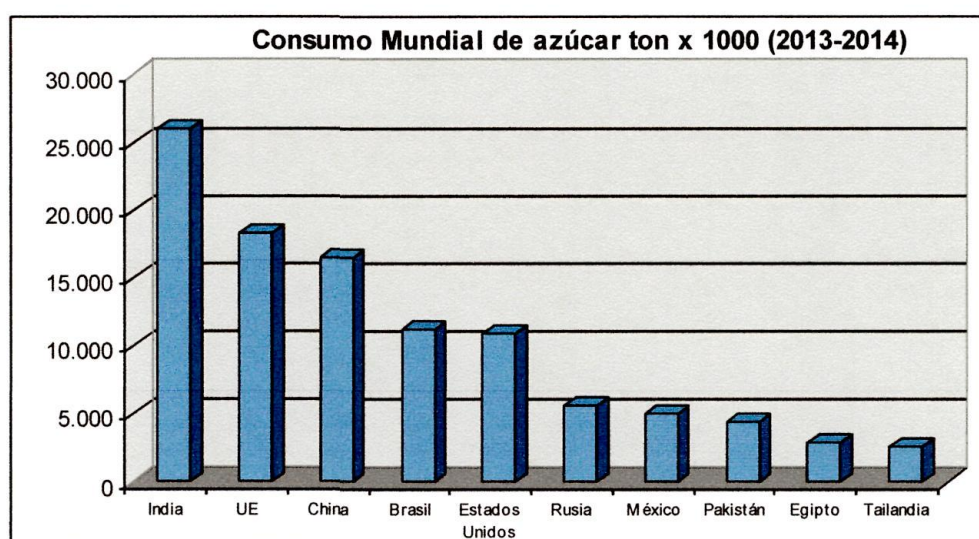


Gráfico 7. Consumo mundial de azúcar
Fuente: USDA (2014) (Elaboración propia)

Se puede observar como la U. E. (16.100 ton x 1000 de producción vs. 18.300 de consumo), junto con China (14.346 ton x 1000 de producción vs. 16.500 de consumo) y Rusia (4.400 ton x 1000 de producción vs. 5.600 de consumo) son alguno de los principales consumidores de azúcar, aunado a una gran producción, pero que esta no satisface sus necesidades de consumo, por lo que tienen que buscar alternativas para cubrir su mercado interno con importaciones. No así el caso de Brasil, el cual gran parte de su producción se reparte entre su demanda interna, en la producción de biocombustibles (etanol) y acciones de importación. El caso de México es interesante, ya que su producción a través de los últimos 20

años había sido ligeramente menor a su demanda para consumo, pero en este último año la paridad entre producción y consumo ha sido notable.

2.2.3 Países exportadores e importadores de azúcar

La fluctuación de estas dos variables está grandemente influenciada por los acuerdos a largo plazo entre gobiernos y por la necesidad de los productores de azúcar de tener seguridad en el uso de su capacidad instalada (Gutiérrez y Reyes, 2003). Por otra parte los niveles de importación se encuentran regidos por la aplicación de la tecnología en la refinación del azúcar en bruto, lo que le da a esta última un valor agregado encareciendo la misma. Países como Estados Unidos, Japón, Canadá, entre otros, importan azúcar en bruto refinando la misma y otorgándole un valor extra.

La siguiente tabla (7), nos muestra los países con mayor grado de exportación, tomándose este factor como referencia con su contraparte de importación:

	Exp. Ton x 1000		Imp. Ton x 1000
Brasil	26.200	Unión Europea	3.500
Tailandia	7.500	China	3.300
Australia	3.190	Estados Unidos	2.806
México	2.543	Japón	1.390
Guatemala	1.950	Egipto	1.220
India	1.800	Canadá	1.160
UE	1.500	Rusia	1.100
Cuba	850	Colombia	330
Sudáfrica	760	Australia	90
Colombia	580	Filipinas	45

Tabla 7. Países exportadores e importadores de azúcar en el mundo en ton x 1000 (20013-2014).

Fuente: USDA (2014). (Elaboración propia)

Observe en la tabla como Brasil encabeza la lista de los mayores exportadores de azúcar en el mundo y como los países en vía de desarrollo como es el caso de Sudáfrica y Colombia, exportan una parte de su producto a países con una mejor tecnología de proceso del azúcar.

En caso contrario las grandes potencias en tecnología generan un acaparamiento de este endulzante, una para cubrir sus necesidades y otra por que cuentan con la tecnología de refinación del azúcar en bruto, haciendo de este producto un recurso con mayor valor agregado, esto es, más caro para los países que les vendió el mismo.

La paridad de la exportación con respecto a la importación de azúcar es casi evidente, mientras que la primera está por las 51. 277 ton x 1000, la segunda anda por los 49.921 ton x 1000. Las siguientes 2 gráficas (8 y 9), nos muestran con más detalle los países exportadores e importadores de azúcar respectivamente:

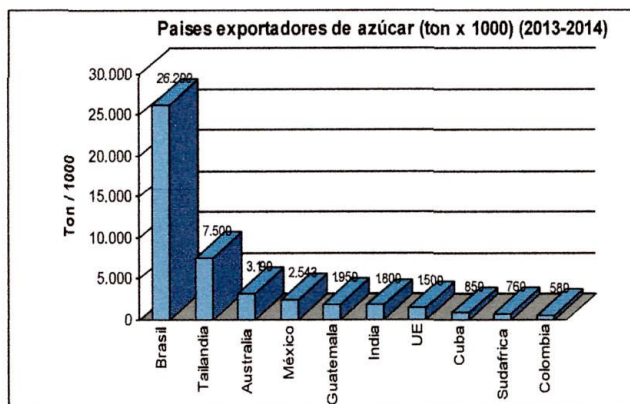


Gráfico 8. Países Exportadores de azúcar a nivel mundial ton x 1000 (2013-2014)
Fuente: USDA (2014) (Elaboración propia)

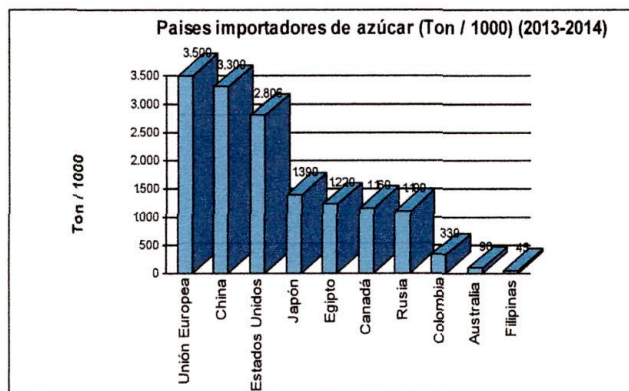


Gráfico 9. Países Importadores de azúcar a nivel mundial ton x 1000 (2013-2014)
Fuente: USDA (2014) (Elaboración propia)

Las gráficas anteriores muestran como Brasil es el principal país exportador de azúcar con poco menos del 50% (46.51 ton x 1000) de las exportaciones mundiales, mientras que el país que más importa es la Unión

Europea con poco más del 12 % mundial (12.018 ton x 1000). En años anteriores (década pasada), México se encontraba en los primeros 10 exportadores de azúcar en el mundo, esto indica que la producción actual ha rebasado las necesidades internas del país en cuanto a este edulcorante.

A manera de conclusión y con base a Gutiérrez y Reyes (2003), quienes señalan que el mercado del azúcar es uno de los más deformados en el mundo y esto debido a las políticas internas de cada uno de los países productores, donde los subsidios a la producción y a las exportaciones son evidentes, por lo que este mismo autor cita a LMC (2001), quien menciona que a nivel general se pueden distinguir básicamente dos tipos de mercados de azúcar: el mercado protegido y el mercado libre.

2.3 Contexto nacional de la caña de azúcar

En el ámbito nacional la Producción de caña de azúcar está conformada por quince Estados (Figura 1). Donde la superficie sembrada para la zafra 2014 fue del orden de las casi 476,000 hectáreas, mientras que la producción de azúcar fue de casi 4 millones de toneladas (CONADESUCA, 2014).



Figura 1. Agroindustria cañera en México

Fuente: Unión Nacional de Cañeros, A. C. – CNPR (2012), en: <http://www.caneros.org.mx>

En palabras de un directivo de la Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcoholera de la República Mexicana (CNIAA), donde señala que los datos generados son aún sin terminar la zafra, por lo que se espera una producción un poco más de 6 millones, mientras que el ciclo azucarero pasado fue de 6 millones 975 mil toneladas de este endulzante. En ese contexto, puntualizó que de continuar el alza del precio del azúcar al cierre del ciclo azucarero, sin duda se vendrá a reflejar en los bolsillos de los productores de la gramínea (Juárez, 2013).

Por otra parte, la producción nacional en las últimas décadas siempre ha recaído en 3 estados: Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí, aunque este tercer lugar ha estado variando entre este último estado, Oaxaca y Chiapas.

La siguiente tabla (8) muestra como después de la zafra 2013-2014, Jalisco se sigue manteniendo entre los mayores productores de azúcar (12.48 %) a nivel nacional, solo por debajo de Veracruz que es el máximo productor de este endulzante con el 40.51 %. Asimismo, en cuestión de superficie dedicada a la caña de azúcar se puede observar como Jalisco se encuentra en el tercer lugar con

43,949 ha (9.2%) del total dedicada a este cultivo, solo por debajo de Veracruz con 208,775ha (43.8 %), y San Luis Potosí con 46,849ha (9.8 %).

Estado	zafra 2013/2014			Azúcar Producida Toneladas
	Superficie Cosechada Hectáreas	Caña Molida Bruta Toneladas	%	
Campeche	5.916,19	366.740,58	1.01	33.095,60
Colima	9.231,65	871.087,00	2.41	90.690,70
Chiapas	21.227,18	2.010.360,00	5.58	225.083,00
Jalisco	43.949,14	4.498.043,33	12.48	493.217,00
Michoacán	11.205,65	984.786,62	2.73	115.087,75
Morelos	10.485,87	1.229.660,14	3.41	168.429,50
Nayarit	15.809,00	1.233.849,96	3.42	133.862,59
Oaxaca	38.224,31	2.289.908,30	6.35	254.498,14
Puebla	12.002,49	1.412.350,00	3.92	172.946,85
Quintana Roo	14.852,35	974.152,64	2.70	74.686,10
San Luis Potosí	46.849,46	2.924.708,07	8.11	331.513,55
Sinaloa	3.920,00	329.530,00	0.91	29.012,95
Tabasco	15.683,46	975.612,65	2.70	88.999,80
Tamaulipas	17.818,50	1.355.868,91	3.76	132.789,75
Veracruz	208.775,42	14.568.078,26	40.51	1.575.446,52
TOTAL	475.950,67	36.024.736,46	100	3.919.359,80

Tabla 8. Estados productores de caña y azúcar
Fuente: CONADESUCA (2014) (Elaboración propia)
(Datos de los Ingenios. Mes de octubre de 2014)

Cabe recalcar que Jalisco aun con menor superficie dedicada al cultivo de caña, presenta una mayor producción tanto de caña, como azúcar que San Luis Potosí, quien presenta una mayor superficie para este uso, pero menor producción, esto pudiera estar relacionado de cierta manera a una mejor calidad de sus suelos y a efecto de la presencia de más humedad.

En la parte estatal, la producción de caña de azúcar ha estado sujeta a la molienda de 6 ingenios en los cuales el contexto no ha sido diferente en cuanto a la dinámica nacional e internacional. En seguida se hace hincapié en ellos.

2.4 Contexto estatal de la caña de azúcar

El Estado de Jalisco cuenta actualmente con 6 ingenios azucareros (Figura 2) de los cuales 3 se encuentran cerca de la zona metropolitana de Guadalajara (Tala en el municipio del mismo nombre, San Francisco en el municipio de Ameca y Bellavista como parte de este municipio) y los otros 3 en la costa sur de estado del Estado (José María Morelos en el municipio de Casimiro Castillo, Tamazula en el municipio del mismo nombre y Melchor Ocampo en el Municipio de Autlán de Navarro).

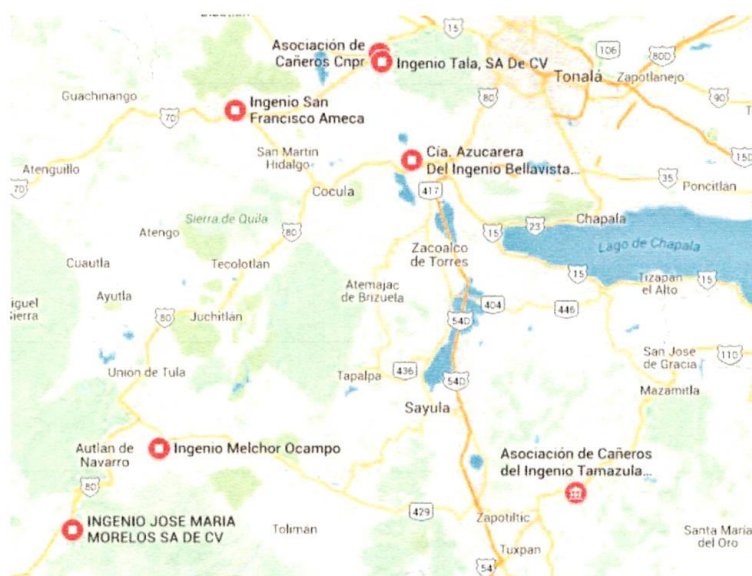


Figura 2. Ingenios cañeros en el estado de Jalisco
Fuente: <https://www.google.com.mx/maps/vt/data> (2015)

La producción de estos ingenios está sujeta a dinámicas diferentes en cada uno de ellos, de entre ellas se puede hacer mención la forma de trabajar, así como a sus orígenes y su razón jurídica, donde esta última es referida a su status de

privado o dependiente del gobierno. A continuación se explica la dinámica de cada uno de estos Ingenios.

2.4.1 Ingenio Tala

Se tienen casos específicos donde el gobierno de México con la expropiación de los 80s de los ingenios azucareros generó una serie de problemas que fueron confrontados mediante litigios legales y donde algunos de los ingenios azucareros recuperaron su status de inversión privada, tal es el caso del Ingenio de Tala quien desde el año 2004 pertenece al Grupo Azucarero México (GAM) de acuerdo a resolución de la Suprema Corte de Justicia emitida en contra de la expropiación de los ingenios azucareros en el 2001 (<http://www.gamsa.com.mx/tala.htm>).

Actualmente el grupo GAM es una empresa industrial alimentaria dedicada a la producción y comercialización de azúcar de caña y sus derivados y cuenta con cuatro ingenios y tres plantas empacadoras ubicadas estratégicamente en cinco estados de la república.

En cuanto a producción promedio de caña por hectárea para este ingenio, esta se ubicó en las 74. 78 ton, con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 8 Kg. Mientras que la producción total de azúcar estándar fue de 159.8 ton para el ciclo 2010-2011 (UNC, 2011).

2.4.2 Ingenio San Francisco Ameca

Este ingenio azucarero pertenece al grupo Beta San Miguel el cual produce caña mediante 5 ingenios ubicados a través de toda la república, siendo estos:

Ingenio San Francisco Ameca ubicado en Ameca, Jalisco, Ingenio Quesería ubicado en Quesería, Colima, Ingenio San Rafael de Pucté ubicado en Chetumal, Quintana Roo, Ingenio San Miguel del Naranjo ubicado en el Naranjo, San Luis Potosí, e Ingenio Constancia ubicado en Tezonapa, Veracruz.

En lo que concierne al ingenio San Francisco, este recibe su materia prima de 5,384 cañeros, que son ejidatarios o pequeños propietarios de 11,400 hectáreas., emplea 411 personas de la región de forma permanente en época de zafra y 333 en época de reparación, dando una molienda para la zafra 07/08 de 868,697 toneladas de caña entre los meses de diciembre y mayo, recibándose diariamente 300 camiones de caña, y su capacidad de molienda fue de 6,600 toneladas de caña por día (<http://www.bsm.com.mx/sanfrancisco.htm>).

En cuanto a producción promedio de caña por hectárea para este ingenio, esta se ubicó en las 76.13 ton, con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 8.4 Kg. Mientras que la producción total de azúcar estándar fue de 92.7 ton para el ciclo 2010-2011 (UNC, 2011).

2.4.3 Ingenio Bellavista

Arranca su potencial de producción cañera a mediados de los 90s mediante la creación del grupo SIMAPRO (Sistema de Medición y Avance de la Productividad), quien en estos años mediante la organización internacional del trabajo en coordinación con Grupo Ingenios Santos, apoyados con proyectos integrales como CIMO, se dan a la tarea de analizar los problemas que afectan a el Ingenio Bellavista, donde después de un intercambio de opiniones, seleccionan un grupo de 40 personas, entre ellos: Sindicato local, Comisión mixta única, supervisores técnicos, empleados, y gerencia para la identificación y seguimiento

de las funciones por área a través de la aplicación de un Sistema de Medición y Avance de la Productividad (SIMAPRO) (<http://www.caibsa.com/>).

En cuanto a producción promedio de caña por hectárea para éste ingenio, ésta se ubicó en las 70.19 ton, con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 7.7 Kg. Mientras que la producción total de azúcar estándar fue de 35.8 ton para el ciclo 2010-2011 (UNC, 2011).

2.4.4 Ingenio José María Morelos

El Fideicomiso Ingenio José María Morelos 80342 proviene de la Instalación de una fábrica usada que se trasladó de la Zona llamada Hospital del estado de Morelos, constituyendo una de las instalaciones más recientes en el Estado de Jalisco, esta se llevó a cabo al iniciarse la década de los años sesenta, siendo Presidente de la República Mexicana el Lic. Adolfo López Mateos, auspiciada en aquel entonces por la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

En 1961 se iniciaron los Trabajos para la preparación de la tierra y obras para la construcción del ingenio, mismas que concluyeron dos años después; la Zafra de prueba tuvo lugar del 13 Abril al 13 de junio de 1963 y en ella se molió un total de 29,994 toneladas de caña y se produjeron 1,888 toneladas de azúcar (Fuente: Fideicomiso Ingenio José María Morelos 80342. En: <http://ingeniojmorelos.com.mx/Nosotros.html>).

En cuanto a producción promedio de caña por hectárea para éste ingenio, ésta se ubicó en las 61.63 ton, con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 7.2 Kg. Mientras que la producción total de azúcar estándar fue de 50.6 ton para el ciclo 2010-2011 (UNC, 2011).

2.4.5 Ingenio Tamazula

El Ingenio Tamazula S.A. de C.V. inicia en 1921-1923 cuando se concibió la idea de establecer un Ingenio a las orillas del río en la Villa de Tamazula, por parte del señor Rafael Ochoa Montaña en ese entonces Jefe Mecánico del Ingenio Santa Rosa, convenció a los hermanos Salvador y Albino Mendoza y ese nuevo Ingenio se llamó Mendoza, Ochoa y Compañía, tiempo después cambio de nombre por La Central Tamazula, realizando en 1924 su primera zafra y se molieron 1,284 toneladas de caña.

En la zafra 1940 se produce por primera vez azúcar refinada con un total de 4,187 toneladas. A partir de 1943-1944 recibió el impulso del capital y dinamismo del industrial Licenciado Aarón Sáenz Garza, quien asociado con sus fundadores la familia Mendoza y Ochoa y los señores Lancaster Jones y Vereá Prieto dueños del Ingenio Santa Cruz y el Cortijo, que dejan de operar, lograron hacer crecer la fábrica y el campo tomando así el nombre de INGENIO TAMAZULA S.A. DE C.V.

(<http://www.gsaenz.com.mx/tamazula.html>).

En la actualidad Ingenio Tamazula S.A. de C.V. sigue siendo la fuente de trabajo más importante de la región ya que su zona de abastecimiento formada por 16,000 hectáreas cultivadas con caña de azúcar da como resultado una molienda es de 1'400,000 Toneladas y su producción de Azúcar aprox. son 175,000 Toneladas. El Ingenio Tamazula cuenta con Fábrica de Alcohol. Existe campo suficiente para tener 1, 500,000 toneladas de caña y una producción entre 188,000 y 195,000 toneladas de azúcar. Se está trabajando en la construcción de los próximos 2 años de una caldera de alta eficiencia y alta presión para poder generar 30 MW y vender a la red 20 MW. En su tercera etapa la construcción de la planta de alcohol, tendrá

como motivo la producción de 125,000 litros de alcohol diario (misma fuente anterior).

Actualmente la producción promedio de caña por hectárea para este ingenio se ubicó en las 94.6 ton, con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 11,200 Kg. Mientras que la producción total de azúcar ya refinada fue de 138.82 ton para el ciclo 2010-2011 (UNC, 2011).

2.5 Contexto local de la caña de azúcar

Como parte del Grupo Zucarmex fundado en el año de 1993 y considerado como uno de los principales productores de azúcar en México, se encuentra al Ingenio Melchor Ocampo (SAE, 2016), cuyas oficinas centrales corporativas son localizadas en Navolato, dentro del estado de Sinaloa. Este Ingenio como parte del valle de El Grullo-Autlán tiene una capacidad de molienda de 767,600 toneladas anuales de caña con una producción de 56.19 toneladas de azúcar por zafra (PDR s/f).

Asimismo, es importante recalcar su importancia en relación al resto de los ingenios del estado de Jalisco, ya que con menos superficie su producción promedio que fue de 108 ton/ha para la zafra 2013-2014 estuvo muy por encima de la de otros ingenios del estado. Tal es el caso de los ingenios de “José María Morelos en el municipio de Casimiro Castillo y de San Francisco en el municipio de Ameca, los cuales tuvieron un promedio de producción de 75 y 93 ton/ha respectivamente.

La siguiente tabla (9) muestra con más claridad la importancia que presenta este Ingenio en relación al resto.

Ingenios de Jalisco (municipios donde se localizan)	Superficie sembrada con caña (Ha)	Caña de azúcar por hectárea (ton)	Azúcar por hectárea (Kg.)	Producción de azúcar estándar por hectárea (Ton)	Producción de azúcar refinada por hectárea (Ton)
Bellavista (Bellavista)	7,838	89.37	10,668	83,618	-
José María Morelos (Casimiro Castillo)	9,212	74.93	7,481	68,917	-
Melchor Ocampo (Autlán de Navarro)	9,707	108.18	12,678	123,069	-
San Francisco Ameca (Ameca)	12,784	93.20	11,157	142,640	-
Tala (Tala Jalisco)	23,959	89.31	10,530	252,183	-
Tamazula (Tamazula)	10,771	129.39	14,890	26,536	133,848

Tabla 9. Producción de caña de azúcar y en los diferentes Ingenios del estado de Jalisco (zafra 2013-2014)

Fuente: UNC. (2016). Comité Ejecutivo Nacional 2010-2014. Estadísticas de la industria de la caña de azúcar 2004-2014. Unión Nacional de Cañeros, A. C. – CNPR. En <http://www.caneros.org.mx/principal.html#>(Elaboración propia)

Observe cómo los ingenios con más hectáreas, no son precisamente los de mayor producción. Caso concreto el del ingenio de Tala con casi 24,000 ha., sembradas, su producción promedio por ha, no rebasa las 90 ton. (Esto se refleja también en la producción de azúcar por hectárea).

Caso contrario al de los ingenios Melchor Ocampo y Tamazula quienes con menos hectáreas su producción rebasa las 100 ton/ha. Pero cabe aclarar que el ingenio Tamazula presenta la tecnología para la producción de azúcar, sin descuidar, pero en menor escala lo del azúcar refinada, lo que incrementa su nivel de producción de azúcar. Esta situación no se presenta en los demás ingenios del estado, incluyendo al Ingenio Melchor Ocampo.

Por otra parte y debido a la heterogeneidad que presenta México en cuanto a sus suelos y clima determinadas en gran parte por las condiciones fisiográficas y topográficas, hacen que existan microclimas que ocasionan que la cantidad de variedades de caña de azúcar deban de ser específicas para cada zona de cultivo y adaptadas de manera especial para cada región, siendo el objetivo principal, la búsqueda de los más altos rendimientos, mayor biomasa y mejor calidad en sacarosa, aunado a una mejor resistencia a plagas, enfermedades y periodos de sequias, entre otras (CONADESUCA, 2016).

En lo que respecta al valle de El Grullo-Autlán mediante el Ingenio Melchor Ocampo (IMO), las variedades son roladas zafra tras zafra, escogiendo aquellas que presentan una mejor calidad de materia prima (mejores contenidos de sacarosa, mediante valores finales de KARBE. La siguiente tabla (10) muestra los valores porcentuales de calidad de cada una de las variedades utilizadas en la zafra 2014-2015 (CNPR, 2015).

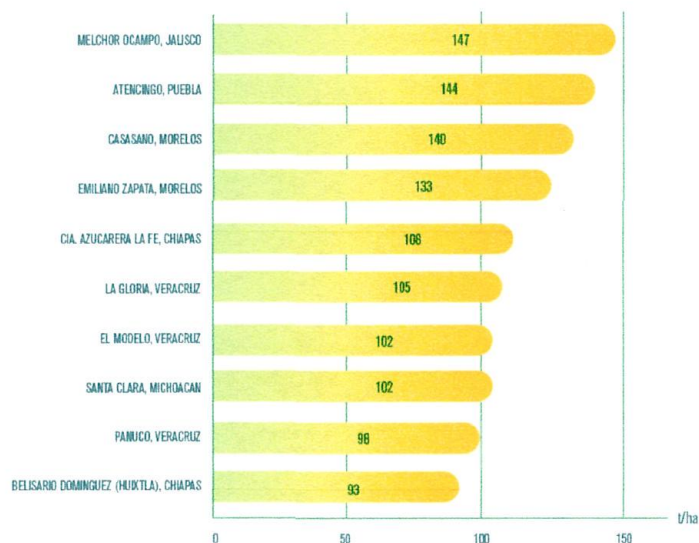
Variedad	Porcentaje/ Sup. (%)
CP 72-2086	39.63
MEX 69-290	31.58
ITV 92-1424	18.23
ATEMEX 96-40	4.26
RD 75-11	1.22
COLMEX 94.8	1.10
MEX-57-473	1.01
MEX 79-431	0.95
Varias	2.02
TOTAL	100.00

Tabla 10. Porcentajes de cada una de las variedades utilizadas en el valle de El Grullo-Autlán para la zafra 2014-2015.

(Fuente: CNPR, 2015).

Además, este mismo reporte señala que el Comité de Producción y Calidad Cañera sembrará para el ciclo 2015-2017 las primeras cuatro variedades por su calidad mostrada. Asimismo la utilización de variedades prometedoras como CP 85-1382, MEX 79-431, COLMEX 94-8, COLMEX 95-27 y RD 75-11. La calidad de estas variedades, aunado al clima el cual ha sido muy bondadoso para esta región, hacen del valle de El Grullo-Autlán y por ende al Ingenio Melchor Ocampo uno de los más productivo por hectárea del país. Así lo señala CONADESUCA (2015) en sus notas sobre variedades de mejor producción y calidad de la caña de azúcar.

La siguiente gráfica (10) muestra la producción por hectárea de las mejores producciones cañeras del país. En ella se puede ver como el Ingenio Melchor Ocampo para la zafra 2015 rompió sus propios records al producir un promedio por hectárea de 147 toneladas a nivel nacional.

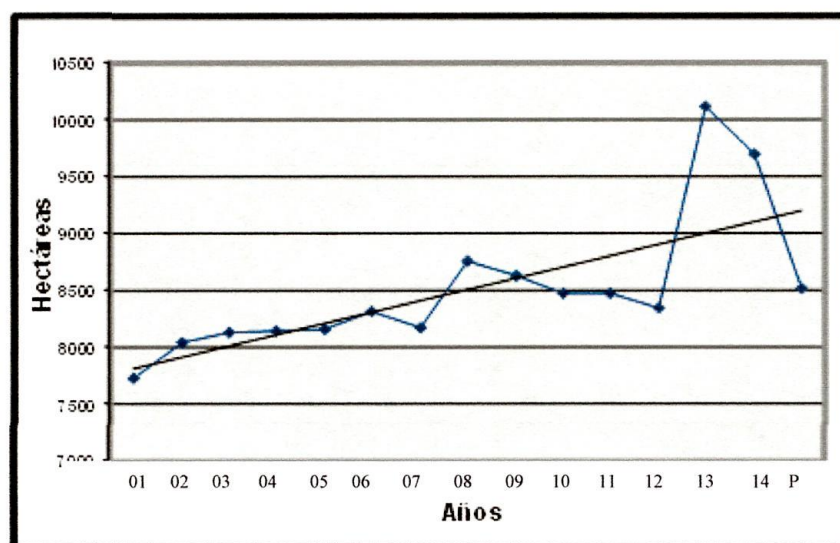


Gráfica 10. Rendimiento promedio en toneladas por hectárea en fase plantilla, riego más temporal, zafra 2014 -2015
(Fuente: CONADESUCA, 2015).

La gráfica anterior indica que para la fase plantilla, régimen riego más temporal de los 10 ingenios que presentan altos rendimientos de producción en campo en el país, los Estados de Jalisco, Puebla, Morelos y Veracruz son los más representativos.

Además de dichos rendimientos, la superficie de caña de azúcar juega un papel muy importante ya que es una variable que zafra con zafra presenta variaciones de acuerdo a la demanda nacional y mundial del azúcar.

A este respecto y como parte de los datos de la zafra 2013-2014 la superficie dedicada para este cultivo fue de 9, 707 h., con una producción de azúcar estándar por hectárea del orden de los 12,678 Kg. (UNC, 2016). En la siguiente gráfica (11) se puede observar como la cantidad de hectáreas ha tenido ligeras variaciones en el periodo 2001-2014.



Gráfica 11. Cantidad de hectáreas sembradas con caña de azúcar en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014)

Fuente: UNC-CNPR (2016) (Elaboración propia)

Se presentó una estabilidad en el número de hectáreas sembradas en el periodo de zafra del 2002 al 2007 donde el promedio estuvo en las 8,000 ha.

Siendo el periodo de las zafras 2007-2008 donde se dio un ligero aumento de la cantidad de hectáreas sembradas por encima de las 8,000. Sin embargo en la zafra de 2013-2014 la cantidad de hectáreas aumentó en cerca de 10,000 ha. El promedio se ha mantenido por encima de la media en éste periodo. Sin embargo se observa de manera general un ligero aumento en la cantidad de hectáreas de siembra para esta gramínea en los últimos años

2.5.1 Producción de caña de azúcar (ton/ha)

La producción de caña de azúcar en el periodo 2001-2014 también tuvo marcadas variaciones, siendo los mejores años de producción los de la mitad de esta década que acaba de terminar con vaivenes productivos del orden de las 100 a las 105 ton/ha de caña de azúcar. La siguiente gráfica (12) nos muestra dicho comportamiento.

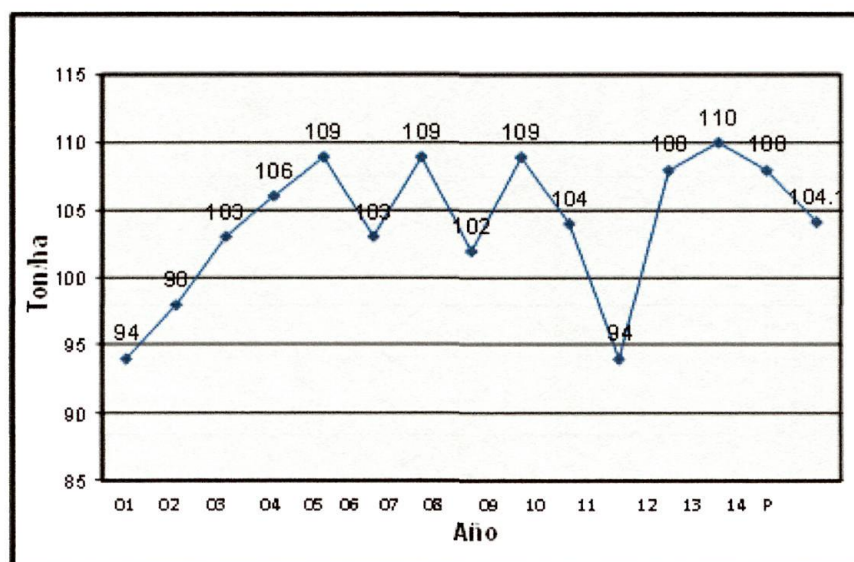


Gráfico 12. Producción de caña de azúcar (ton/ha) en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014)
Fuente: UNC-CNPR (2016) (Elaboración propia)

En la gráfica anterior se puede observar como el repunte de la producción de caña de azúcar por hectárea se dio en los primeros años de esta década (2001-

2005), presentándose posteriormente variaciones con altibajos anuales y los cuales al parecer continuaran, quizás debido y en gran medida a los bajos temporales de lluvia que se han presentado en estos años (esto según palabras de algunos productores cañeros).

Es importante señalar que la humedad residual juega un papel importante en los primeros días de la caña de azúcar, pero la falta de estacionalidad ha propiciado que la producción presente dichos altibajos. El promedio de producción por hectáreas de caña se mantiene por arriba de las 100 ton/ha.

2.5.2 Relación de la superficie sembrada (ha) con la producción de caña de azúcar (ton)

Es significativo exponer la posible o no relación entre las variables producción de caña de azúcar y hectáreas sembradas de esta gramínea, ya que se podría quizás pensar en primera instancia que existe una relación de dependencia, esto es, que a más hectáreas sembradas la producción aumenta. Para este caso y en relación a la gráfica 13, la situación es contrastante.

Dicha gráfica muestra como en el periodo 2001-2012 la superficie sembrada de caña de azúcar se mantuvo estable en aproximadamente las 8000 hectáreas, sin embargo la producción no presentó estabilidad, ya que en el periodo 2001-2005 la tendencia fue en aumento, mientras que el periodo 2006-2012 fue de altibajos. Presentando una tendencia de dependencia de la producción con respecto a las hectáreas sembradas y viceversa.

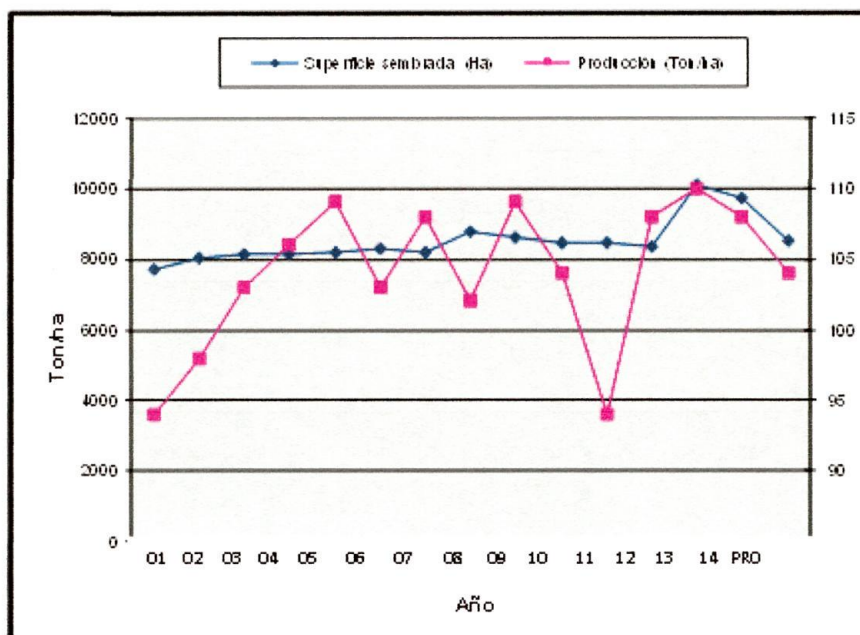


Gráfico 2. Superficie sembrada (ha) y su relación con la producción de caña de azúcar (Ton/ha) en el Ingenio Melchor Ocampo (2001-2014)
Fuente: UNC-CNPR (2016) (Elaboración propia)

¿Cuál podría ser la explicación a estas diferencias?, quizás y uno de los más mencionados por los agricultores, el factor humedad, el cual se ha presentado de manera irregular en esta región en los últimos 5 años. Pero otro factor pudiera ser la relación cantidad de hectáreas sembradas con la producción obtenida (a mayor hectáreas una mayor producción), por lo menos en el periodo 2013-2014.

Por otra parte, es trascendental conocer como parte de la dinámica productiva del Ingenio Melchor Ocampo, su parte Organizativa, la que por medio de las dos principales organizaciones cañeras permite que sus agremiados resuelvan de gran manera sus dudas y cuestionamiento en relación al cultivo de la caña de azúcar. Esta información es de gran relevancia ya que se relaciona en gran medida con la toma de decisiones que se lleguen a dar en las Asambleas futuras.

El siguiente punto nos muestra esa parte organizativa (organigrama) por parte de dichas asociaciones cañeras.

2.6 La dinámica organizativa cañera en el valle de El Grullo-Autlán como parte de las Organizaciones cañeras locales.

De manera general y en lo que respecta a la parte organizativa interna de los Ingenios cañeros en México, ésta se presenta de manera similar en cuanto el proceso de molienda (SAE, 2016). Esto es, la recepción, molienda y generación del azúcar, son procesos similares a los que se llevan a cabo en el Ingenio Melchor Ocampo (IMO). Asimismo esta misma fuente muestra dicho proceso como actividades que permean a los Ingenios en México: (Figura 4).



Ilustración 2. Proceso de recepción y molienda de la caña de azúcar en los ingenios cañeros de México.

Fuente: SAE (2016).

La figura anterior muestra los pasos y técnicas de molienda de la caña de azúcar en los ingenios de México. En ella se puede observar como la caña de azúcar desde su recepción y hasta la generación del producto (azúcar envasada), pasa por 12 procesos básicos que permiten a los ingenios la industrialización de éste producto.

Además, Aguilar et-al. (2011) va más allá al mostrar la parte organizativa de la agroindustria cañera desde la parte del campo hasta la parte de la comercialización del azúcar, pasando por el proceso de fábrica (Figura 3). Pero además señala como la industria azucarera en México va diversificando la generación de su producto con base a la caña de azúcar, ya que en algunos Ingenios de México ya no es solo el producto del azúcar, sino también la producción de biocombustibles como lo es el etanol. Este último punto no aplica a lo menos por el momento para el Ingenio Melchor Ocampo.

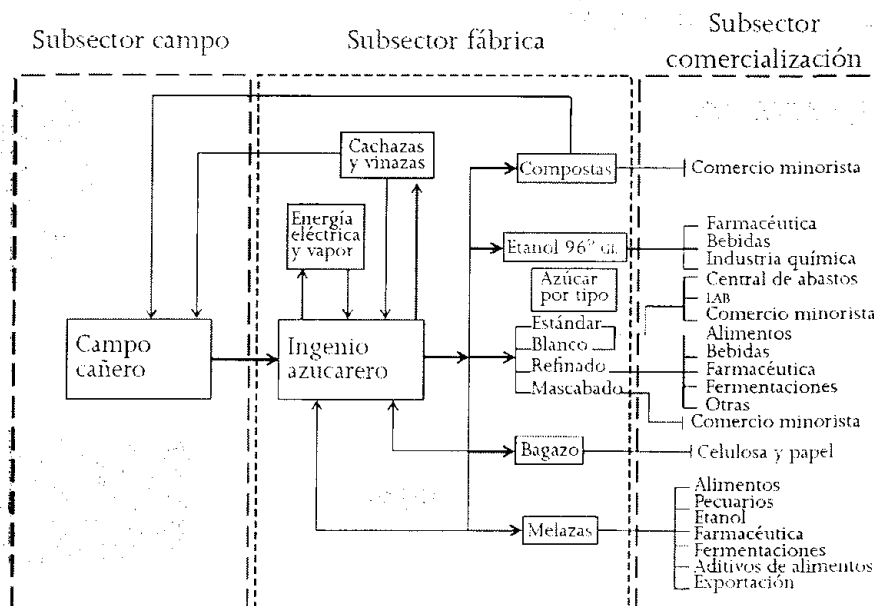


Figura 3. Proceso de campo, fábrica y comercialización de la caña de azúcar.
Fuente: Aguilar et al. (2011).

Con respecto al Ingenio Melchor Ocampo la parte organizativa está conformada por un *Comité de Producción y Calidad Cañera*, la cual integran las 3 Organizaciones Cañeras de esta región, siendo ellas, la *Asociación de Cañeros A. C.-Confederación Nacional de la Propiedad Rural (CNPR)*, la *Confederación Nacional Campesina (CNC)* y el *Ingenio Melchor Ocampo (IMO)*.

Éste Comité es dirigido por tres líderes de cada una de éstas organizaciones. El Ing. Ing. Gabriel F. Blackaller Ayala (CNPR), el Ing. Ing. José de Jesús Zúñiga Mendoza (CNC) e Ing. Jesús Ernesto Ramos García respectivamente (Figura 4). El trabajo de ellos es reunirse todo los martes para discutir y tomar acuerdos y decisiones relacionadas con la producción cañera.

Estas discusiones incluyen desde la parte productiva, hasta la parte social, económica y legal en la producción de azúcar. Se discuten asuntos relacionados principalmente con los precios del azúcar, el manejo en campo, con los productores, con los trabajadores tanto de campo, como de oficina principalmente. Asimismo su función general es estar al pendiente de todo el personal de oficina, campo, así como de productores que conforman el padrón de agremiados.

El accionar tanto de la CNPR, como de la CNC es similar en cuanto al personal y los niveles de organización que se manejan. En cuanto al IMO solo en algunos niveles se opera de la misma manera, y es en lo relacionado a la parte administrativa y en algunas de campo. En ellos al igual que en la CNPR y CNC, la investigación y monitoreo de problemas de campo como plagas y enfermedades de la caña, fertilidad de suelos, maquinaria e insumos en general, son problemas que están siendo vigilados recurrentemente.

En las 3 organizaciones se maneja un dirigente principal, un tesorero y personal de oficina y campo, teniendo como eje central a la plantilla productora.

Asimismo, parte importante de las funciones y obligaciones de estas organizaciones es la responsabilidad social mediante la seguridad de sus trabajadores tanto de base, como eventuales. Es así como existe una área de Asistencia Social el cual se encarga de las necesidades de dichos trabajadores, sobre todo de la gente de campo (CNPR, 2013).

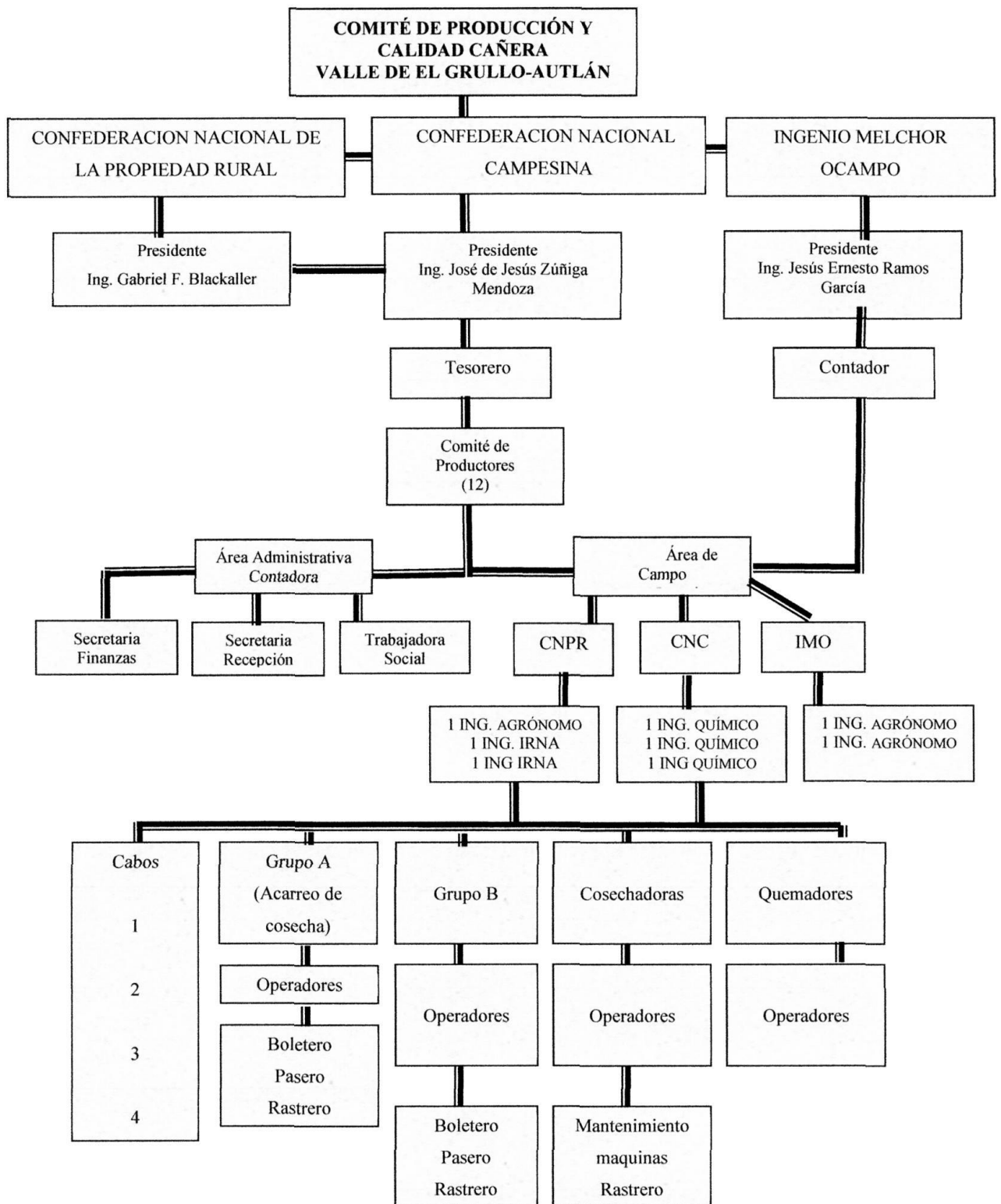


Figura 4. Organigrama de las dos principales Organizaciones Cañeras del valle de El Grullo-Autlán, CNPR y CNC, incluyendo al Ingenio Melchor Ocampo (IMO)
Fuente: CNPR (2013)

Asimismo y como promedio general se señala que año con año se utiliza para el rubro de campo un total de ocho alzadores, 83 camiones, 5 camionetas cuadrilla, 5 cosechadoras, 5 cabos, 50 de personal administrativo y 260 cortadores promedio por día (CNPR, 2015). Pero quizás lo relevante de este Informe (2014-2015), es que parte de todas estas actividades anuales están regidas por un plan general de producción, el cual es discutido, analizado y llevado a cabo por los 3 jerarcas de éstas organizaciones cañeras.

En otras cosas, la labor social es parte importante de éstas organizaciones, ya que como parte de su responsabilidad, ésta se ve reflejada en la seguridad social que presta a sus trabajadores mediante la atención médica y vivienda digna, así como en el otorgamiento de becas de estudio a los hijos de los trabajadores que presenten un buen promedio escolar. Así lo señala el Informe Interno de Zafra 2014-2015, al acotar la remodelación y atención de las viviendas de los cortadores (personal eventual) de caña de azúcar ubicadas tanto en el municipio de Autlán de Navarro, como en El Grullo.

Aunado a lo anterior, también se presentan problemas año con año en la dinámica productiva de la caña de azúcar, los cuales permean a dichas organizaciones cañeras. Así lo manifiesta también dicho Informe. En él se señala como en el último año, aun a pesar del buen temporal de lluvias se tuvo una diferencia mínima de caída en la calidad de la sacarosa. Pero debido a ese buen temporal se presentaron inundaciones por desbordamiento del río principal que cruza este valle (Río Ayuquila), así como de los drenes de desalojo, ocasionando con ello pérdidas parciales y totales en algunas parcelas cercanas a estos conductos de agua. En la parte técnica se presentaron también problemas dado el encharcamiento de las parcelas, las cuales algunas no mostraron mantenimiento

alguno en sus accesos, generando con ello el varado y descomposición de algunos camiones de carga de la caña de azúcar.

Pero una parte muy importante que señala también éste informe, fue el alza de los fertilizantes por el tipo de cambio del dólar que se ha venido dando desde inicios de este año, situación que preocupa no solo a éstas organizaciones, las cuales se han esforzado por mantener los mejores precios, sino también por parte de los productores, los cuales dentro de la problemática detectada de éste trabajo, fue una de sus principales preocupaciones el alza continua de los fertilizantes.

Finalmente, una de las inquietudes tanto de la CNPR, como de la CNC, fue el retraso de las preliquidaciones y liquidaciones por parte de la SAGARPA, no siendo culpa de estas organizaciones, ni de ésta última institución, sino a problemas en los productores en su Registro federal de Contribuyentes, lo que coadyuvó el no poder emitir la factura de su cosecha.

Quizás al igual que éstas dos organizaciones, la preocupación de los productores respecto al otorgamiento de los créditos es una situación que aparentemente año con año les preocupa, al igual de lo mencionado de los fertilizantes, pero a esto se suma lo de sus suelos, los que según ellos "se están agotando". por lo que se considera que una buena opción para predecir situaciones antagónicas al cultivo de la caña de azúcar en cuanto a la parcela se refiere, podrían ser la simulación de escenarios, para apoyar aparte del campo, a la toma de decisiones de las organizaciones cañeras locales.

El vislumbrar de una manera tentativa lo que pudiera suceder en los próximos diez o veinte años será primordial para tener mejores expectativas de producción de caña de azúcar o mitigar situaciones problemáticas que se pudieran

presentar como pudiera ser la parte productiva de la parcela (suelo), o la injerencia del clima en la misma.

El siguiente punto aborda la dinámica de sistemas como parte del manejo de escenarios.

2.7 La simulación como parte de la dinámica de sistemas en la producción de caña de azúcar

La simulación es un camino práctico para entender cómo funciona un sistema complejo, donde participan diferentes actores caracterizados por variables interrelacionadas, las cuales establecerán un comportamiento base de acuerdo a los factores utilizados. Investigaciones recientes han demostrado que la simulación es una forma efectiva para estudiar los comportamientos dados en una cadena de suministro (Liu, et al. 2004).

Como parte importante de la simulación se encuentra la Dinámica de Sistemas, herramienta de construcción de modelos de simulación radicalmente diferente al de otras técnicas aplicadas al estudio de sistemas socioeconómicos, como la econometría. Así también es considerada como una herramienta para la creación de modelos de simulación aplicados a la toma de decisiones empresariales, ambientales y sociales (García, 2011).

Esta Dinámica de Sistemas es una disciplina académica creada en los años '60 por el Forrester del Instituto de Tecnología de Massachusetts (Forrester, 1995). Su empleo original fue en las ciencias de ingeniería y administración de empresas. Esta se ha ido desarrollando como una herramienta útil para el análisis

de otro tipo de sistemas como lo son los sociales, económicos, físicos, químicos, biológicos y ecológicos

Keenan (2010), señala que esta dinámica de sistemas está basada en la retroalimentación, problema de conceptualización y métodos de modelado que proporciona un marco útil para el análisis de la investigación de problemas. El también considera que puede ser utilizado para mejorar la toma de decisiones de política a largo plazo y para generar estrategias de desarrollo.

En el campo de la dinámica de sistemas, un *sistemase* define como una colección de elementos que continuamente interactúan entre sí para formar un todo. Las relaciones subyacentes y las conexiones entre los elementos que componen un sistema se denomina *estructura* del sistema. De hecho es un estudio integral de las variables de un sistema y la relación entre ellas (Forrester, 1997).

Robinson (2006), citado por Vergara, (2008) señala a considerar de manera acertada, que la base de un modelo construido a partir de la dinámica de sistema es una hipotética explicación básica, pero completa, de un sistema real, el cual es capaz de reproducir los comportamientos de entradas y salidas de datos.

Así es como la Dinámica de Sistemas se presenta como una alternativa para la creación de escenarios que permitan el manejo de variables o cambios que pudieran afectar el sistema productivo de la caña de azúcar, para que posteriormente dichos escenarios permitan la toma de decisiones adecuadas en el mejor manejo de la caña de azúcar.

Dado este caso de estudio donde la producción de azúcar de caña a nivel mundial y nacional es dinámica y variable, se presentan una serie de factores que afectan directamente a este proceso. Factores económicos mundiales como lo es la

oferta y demanda, pero teniendo como principal opositor la variación climática (precipitación), que afectan directamente a otra variable como lo es el suelo en donde los valores de textura, pH y materia orgánica rigen en gran medida la fertilidad del mismo:

Finalmente lo que se busca con la herramienta Dinámica de Sistemas es la creación de modelos de simulación aplicados a la toma de decisiones en organizaciones bien sean empresariales, ambientales y sociales. Para este caso se busca que esta simulación proporcione información en dicha toma de decisiones principalmente de las organizaciones cañeras existentes en esta región, así como de dependencias gubernamentales.

Pero la aplicabilidad de esta herramienta ha ido en aumento desde el momento que surgió en los diferentes ámbitos. A continuación se explica su aplicación en el ámbito agrícola que es al que compete esta investigación.

2.7.1 La aplicación de dinámicas de sistemas en el ámbito agrícola

La aplicación de la dinámica de sistemas ha estado presente desde que se originó la misma en los años 60s, pero es en estas últimas décadas donde esta ha tenido más auge por diferentes investigadores a través de todo el mundo. Al respecto se hace una breve cronología de trabajos que han hecho uso de esta herramienta en el ámbito agrícola.

Como parte de la producción de *forrajes*, Holmann (2002) mostró los beneficios que se pueden obtener del uso de modelos de simulación utilizando como estudio de caso la cuantificación del impacto de nuevas alternativas forrajeras sobre el costo de producción de leche y sus implicaciones para la

adopción tecnológica y la sostenibilidad del uso de la tierra en Costa Rica y el Perú.

Asimismo estudios realizados por Vergara (2008) en la ciudad de Bolívar en Colombia manejaron esta herramienta y mostraron la utilización de las *redes dinámicas en las cadenas productivas agroindustriales*, esto como una herramienta complementaria para el estudio a partir de la evaluación de escenarios posibles que apoyaran el desarrollo regional.

También en Colombia se presentó un trabajo de simulación de escenarios lo que les permitió identificar alternativas probables de manejo en el rubro de la *hortofrutícola*. En este estudio se resume un arduo trabajo de modelado de las cadenas productivas hortofrutícolas más importantes del departamento de Bolívar mediante la simulación de redes (Fontalvo et al. 2009).

En lo que respecta a cultivos Hernández et al. (2009), realizaron una revisión de los diferentes modelos de simulación para la generación de escenarios, tomando estos como una herramienta útil en los procesos de toma de decisiones, para poder lograr posteriores aplicaciones como primera aproximación de la capacidad productiva en distintas *condiciones edafoclimáticas*. Sus conclusiones fueron que estos modelos constituyen una herramienta muy útil para poder desarrollar una agricultura eficiente, desde el punto de vista económico, pero tan o más importante es poder hacer un uso racional de los recursos naturales, teniendo en cuenta la conservación del medio ambiente y sobre todo del recurso suelo.

Igualmente en la parte agrícola Nicholson (2005), citado por Keenan, (2010), sugirió que la modelación de la dinámica de sistemas podría ser un mecanismo eficaz para la evaluación de problemas complejos en contextos de desarrollo rural internacional.

Además y en lo que respecta a la simulación en *caña de azúcar*, Aguilar et al. (2010) señala el manejo de escenarios desde una perspectiva general y no como manejo de software, esto es, el propone en su trabajo después de un análisis detallado y de acuerdo a indicadores de calidad tanto de suelo, como ambientales y de manejo, que de acuerdo a la calidad y cantidad de cada uno de los ingenios existentes en México se debería de eficientizar la producción de cada uno de ellos y más cuando la tendencia es la producción de biocombustibles mediante este y otros cultivos.

También menciona el anterior autor que ingenios de baja producción deberían de ser integrados a la producción de biocombustibles, los de media producción tanto para azúcar como para biocombustibles y los de mejor calidad que se dedicarán a la producción exclusivamente de azúcar. Quizás una propuesta no descabellada si se toma en cuenta la demanda de biocombustibles a nivel mundial y la escasez de hidrocarburos por el agotamiento de los yacimientos petroleros.

Es así como la Ingeniería de Sistemas es una de las herramientas más útiles en la generación de escenarios y en la toma de decisiones. Así lo mencionan también Fontalvo et al (2010), cuando exponen que la simulación permite experimentar con un modelo que es una versión simplificada de un sistema real. Hay que aclarar que la simulación no es una herramienta de pronóstico, sino más bien, una herramienta para la creación y validación de escenarios.

Dicho también señala algunos pasos que deben de llevar los estudios prospectivos en un manejo de simulación (Tabla 11):

PROSPECTIVA	SIMULACIÓN
Estudio de la problemática	Definición del sistema
Búsqueda de variables claves (aplicando matriz de impactos cruzados)	Se definen las variables que componen el modelo de simulación. Construcción del modelo. Se establecerá la relación entre variables
Balizar el campo de los posibles y reducir la incertidumbre	Validar el modelo con ayuda de expertos
Establecer listados de hipótesis	Comprobar con el modelo simulado
Elaborar escenarios	Se describen los pasos para alcanzar el estado futuro, observando y analizando los estados de las variables antes, durante y después de finalizada la simulación

Tabla 1. Método de escenarios y simulación (Godet, 2000; Fontalvo, 2009)

Por otra parte, la construcción del modelo matemático permite la simulación de posibles escenarios. Un escenario describe una situación futura y el encadenamiento de eventos que llevan a ella sobre un sistema, tema o asunto de estudio. Sus características son (Martínez, et al. 1987):

- Parten de un diagnóstico del presente con elementos del pasado que han influido en él.
- El diagnóstico se elabora con indicadores que enfatizan los principales problemas, logros u oportunidades.
- Son relatos breves que pretenden expresar de manera clara y comprensible alternativas de futura evolución.
- Es conveniente que su extensión no sea mayor de 4 a 5 cuartillas.

- Se construyen a partir de un conjunto de hipótesis referidas a los grandes rasgos de evolución que pueden incluir cambios en las estructuras vigentes.
- Incluyen explícitamente el tiempo de ocurrencia y el impacto que los hechos tendrán en el futuro.
- Son cualitativos y rara vez cuantitativos.
- Su análisis se desglosa en diferentes variables estructuradoras del pensamiento, por ejemplo: demográficas, medioambientales, económicas, políticas, sociales, culturales, científico-tecnológicas

Es así como la generación de escenarios mediante la dinámica de sistemas se presenta como un instrumento que permitirá el predecir situaciones positivas hacia los cultivos, pero igual las situaciones pueden ser diversas y de otra índole. Para este estudio se propone realizar dichos escenarios para un mejor manejo del suelo como recurso que se puede manipular, no así los factores exógenos como el clima (precipitación y temperatura).

Para este estudio se pretende realizar simulaciones mediante variables edáficas como lo son la textura, el pH y la materia orgánica, indicadores muy importantes para reconocer inmediatamente las necesidades que presenta el suelo en cuanto a una adecuada fertilidad. Y climáticas para observar el comportamiento de la precipitación y temperatura como guías principales en la producción de los cultivos, para este caso la caña de azúcar.

Al respecto señalar a más detalle la importancia que tienen las propiedades físicas y químicas para el suelo y justificar el uso de estas tres variables en un momento dado para alimentar el software a utilizar para generar los escenarios.

2.8 Las propiedades físicas del suelo

En lo referente al suelo es bueno señalar que todas las propiedades de este recurso, tanto físicas, químicas y biológicas son muy importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar y de otros cultivos, pero existen propiedades físicas clave que permiten vislumbrar el grado de fertilidad en que se encuentran, siendo algunas de ellas la textura, el pH y la materia orgánica, para lo cual serán variables a utilizar en el proceso de simulación. En seguida se hace hincapié en cada una de ellas y se señala el nivel de importancia de las mismas:

2.8.1 La textura

Al igual que otras propiedades del suelo, la textura es uno de los factores más significativos de este. Gracias a este factor, el suelo puede presentar ciertas dinámicas en bien o perjuicio del desarrollo de los cultivos. A este respecto Fitz Patrick (1978);Ortíz y Ortíz (1990) y Eash et al. (2008) la definen como los porcentajes de arena limo y arcilla, así como una propiedad permanente del suelo, esto es, que es una de las propiedades físicas de muy difícil alteración y que de ocurrir esta, sería por un largo periodo de vida del suelo.

Es relevante señalar que la magnitud y la proporción de muchas reacciones, tanto físicas, como químicas en los suelos, están gobernadas por la textura, ya que esta determina el tamaño de la superficie en la que ocurren dichos fenómenos (Coras, 1999). Asimismo la textura interviene directamente en la permeabilidad, la estabilidad estructural, la reserva hídrica, la sensibilidad a la erosión y la actividad química del suelo (Ortíz y Ortíz, 1990).

En cuestiones de manejo Gallego del Tejo (1997) menciona que los suelos limosos o limo arenosos tienen la capacidad de campo muy próxima al límite de liquidez, siendo además muy sensibles a la capacitación. Las tierras arcillosas tienen gran adhesividad al estado húmedo y una fuerte cohesión al estado seco; las texturas limo arcillosas presentan una buena estabilidad estructural y una marcada tendencia a la auto fisuración.

En la misma dinámica de manejo del suelo Henin y Cols (1969), citados por Gallego del Tejo (1997), consideran tres etapas del suelo en función de su facilidad para el manejo:

- a) El estado coherente o aún frágil corresponde a la tierra seca, que se caracteriza por una elevada resistencia a la ruptura; en este estado no existe adherencia ni a los implementos agrícolas, ni a los dedos.
- b) Estado plástico. A una cierta humedad la tierra se vuelve plástica, es decir, es posible deformarla de manera permanente sin romperla.
- c) El estado líquido se presenta a altos contenidos de humedad del suelo, la tierra resbala por su propio peso y se desliza casi como un líquido.

La propiedad física *textura* se considera una de las más importantes para la fertilidad del suelo, ya que dependiendo de ésta, reflejara en gran medida el manejo del agua, así como la pérdida o retención de nutrientes. Esto es, a texturas arenosas el agua tiende a perderse con más facilidad y entre esa pérdida se incluyen los nutrientes básicos para el crecimiento del cultivo. Y viceversa, para texturas arcillosas la retención es mayor, pero el crecimiento de la raíz se puede ver amenazada por dicha textura barrosa (Ortiz y Ortiz, 1990).

Del mismo modo Ferreras, et al. (2007), señalan en un estudio realizado en zonas de cultivo de las pampas Argentinas, como los suelos de textura más gruesa, presentan en general, menor proporción de carbono orgánico. Asimismo la pérdida de este carbono y la inestabilidad estructural del suelo (con gran relación con la textura), aumentan la susceptibilidad a la compactación de los suelos. Esto es que una textura gruesa (arenosa), presenta más susceptibilidad hacia la pérdida de nutrientes (siendo el carbono un elemento esencial para los cultivos básicos y en general para todas las plantas).

En lo que respecta al *clima*, la *precipitación* y *temperatura* son factores primordiales en el desarrollo y crecimiento de los cultivos. Al respecto Sánchez et al, (2002), determinaron en un estudio sobre caña de azúcar como la precipitación pluvial (clima), tiene gran injerencia en el desarrollo de este cultivo y una gran importancia en la producción del mismo.

Por otra parte Castillo et al. (2007), mencionan que los pronósticos de vulnerabilidad del rendimiento de cultivos en relación con los escenarios existentes del cambio climático durante el siglo XXI se realizan, generalmente, sin considerar la alteración de la fertilidad del suelo atribuible al cambio climático. Al respecto ellos encontraron mediante simulación, como esa alteración climática influirá en las zonas de suelos fértiles cambiando su patrón a zonas menos fértiles y viceversa, zonas áridas y semiáridas incrementarán su productividad en sus suelos.

Asimismo, y como conclusión se señala que el conocimiento del recurso suelo por parte de los campesinos es parte importante para identificar las principales limitantes y condiciones edafológicas en los cultivos en su relación con la producción de la caña de azúcar (alta correlación con más del 80%) (Sánchez et al. 2002).

Igualmente señalar que la dinámica del cultivo de caña ha sido fundamental para que esta se mantenga como uno de los cultivos más rentables de éste valle, donde las organizaciones cañeras (CNPR y CNC), productores e Ingenio Melchor Ocampo han sido parte fundamental en el desarrollo de la región. Además la parte técnica es otra de las situaciones que se percibe que pudiera estar en mejores condiciones de aprovechamiento en el cultivo de la caña, por lo que el generar nuevas alternativas de manejo para este cultivo será fundamental en su mantenimiento o crecimiento del mismo.

A manera de conclusión es relevante señalar que la textura es una de las propiedades físicas que nos ofrece una serie de contextos que permiten al suelo el tener una mejor condición para su manejo, o bien presentar condiciones que no permitan su adecuado manejo, pero esto dependerá también de otra serie de factores como lo pudiera ser su grado de saturación o excesos de agua.

2.8.2 El pH

Una de las características más importantes del suelo agrícola en su manejo es la reacción del suelo como tal y que mediante la determinación del pH permite al agricultor visualizar de primera mano las deficiencias de nutrientes que pudiera tener su tierra para implementar determinado cultivo. La reacción del suelo es referida como tal a las relaciones de acidez y basicidad del mismo; se trata de una propiedad que influye tanto en sus características químicas como físicas, además de tener considerable impacto sobre la vida microbiana de este medio (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Al respecto esta propiedad es definida por Ortíz y Ortiz (1990) como la característica del suelo más comúnmente medida. Es el criterio más ampliamente usado para juzgar si un suelo es ácido o alcalino. Asimismo este mismo autor señala que el pH tiene influencia directa e indirecta en la disponibilidad de los nutrientes del suelo. De igual forma Fassbender y Bornemisza (1987) la precisan como el logaritmo negativo de la actividad de H^+ en la solución o suspensión del suelo. O sea $pH = -\log aH^+$, donde aH^+ = actividad de iones H^+ . Por otra parte Thompson y Troeh (2002), lo señalan como la escala que sirve para medir la acidez y la alcalinidad, que utiliza la concentración de H^+ en agua pura a $24^\circ C$ como punto neutro de referencia. Esta concentración no es cero puesto que el agua presenta una ligera tendencia a ionizarse: $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$.

De manera similar Russel y Wild (1992) lo puntualizan como parte de la solución del suelo y como un logaritmo cambiado de signo de la actividad del ion hidrógeno, esto es, $pH = -\log (H^+)$, donde $(H^+) = \gamma[H^+]$; γ es el coeficiente de actividad del H^+ y $[H^+]$ es la concentración del ion en solución en moles por litro. Asimismo el intervalo de valores de pH encontrados en soluciones de suelo varía entre 2 y 10,5; esto es, la actividad de los iones hidrógeno varía entre 10^{-2} y 3×10^{-1} mol L⁻¹.

Por otra parte, esta propiedad permite observar las necesidades del suelo también en nutrientes, ya que si los valores fueran bajos según las escalas de esta propiedad (0-14), tendrían que buscarse alternativas de manejo para aumentarlo hasta las condiciones adecuadas del cultivo a implementar. O viceversa, de ser muy alto el valor, se buscarían alternativas para bajar dicho pH. Al respecto Castellanos et-al. (2000), menciona que en cuestiones de pH referido a la productividad del suelo, este va mermando dicha producción cuando se reduce por debajo de 6 (valor óptimo para algunos cultivos básicos, en donde se encuentra la

caña de azúcar), sin embargo cuando descienden de 5.5 los problemas mayores ocurren creando condiciones de toxicidad por Al.

Igualmente, Lesur (2006), manifiesta la importancia que presenta esta variable química a través del suelo, ya que los rangos de la misma determinan de cierta manera la deficiencia de nutrientes que pudiera tener un suelo. Además Acevedo et al. (2010), señala que el pH afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, mediante el control de las formas químicas de ellos.

Lo que se puede concluir de este factor tan importante para el suelo y con base a los autores anteriores, es que su presencia nos muestra las condiciones de acidez, neutralidad o alcalinidad que pudiera tener un suelo y que valores extremos pudieran ser motivo de malformaciones para la planta bien sea por el exceso o limitación de nutrientes, entre ellos toda clase de cultivos, los cuales toleran en gran medida pHs cercanos a la neutralidad principalmente entre 6 y 6.5 (Ortiz y Ortiz, 1990).

2.8.3 La materia orgánica

Este factor es definido como un status donde existe vida y que está conformado por residuos sin vida de animales y plantas en diferentes estadios de descomposición y donde se presentan exudados radicales y aportes orgánicos externos (Eash et al. 2008; Labrador, 2001). De manera más sencilla Navarro y Navarro (2003) señalan que dentro de su formación, la materia orgánica está constituida por una gran variedad de compuestos, junto con los cuerpos de los microorganismos muertos o vivos y que los primeros quedan sujetos a su desintegración por los gérmenes vivientes.

Así también la materia orgánica juega un papel importante en relación a la facilidad de trabajo de los suelos, entre más elevado sea su contenido más grande serán los rangos de valores de humedad del suelo, bajo los cuales la capa arable puede soportar una intervención cultural (Boiffin, 1980; citado por Gallegos del Tejo, 1997).

Es innegable la importancia que tiene esta variable del suelo, ya que su sola presencia hace que este se vuelve de cierta manera más manejable en su accionar agrícola y forestal y que en muchas de las ocasiones su presencia manifieste valores de riqueza nutrimental de acuerdo a su grado de descomposición (Ortiz y Ortiz, 1990).

Se considera también que el reconocer los valores de materia orgánica, permitirá ver de manera general si existe o no ausencia de nutrientes en el suelo. Así lo señala Castellanos et al, (2000), quienes mencionan que la materia orgánica del suelo es una de las principales características de éste, ya que se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre, así como a la disponibilidad de algunos nutrientes donde sobresalen el Fe, Mn, Cu y Zn.

Asimismo se expone que los suelos con alto contenido de materia orgánica tienden a presentar mejores condiciones de conductividad eléctrica, mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación lo que genera una mejor penetración y oxigenación de las raíces, lo que coadyuva finalmente en una buena fertilidad natural del suelo (Julca-Otiniano, et al. 2006).

Dada la importancia de estas tres variables y una vez conocida su dinámica en el suelo, es relevante mostrar qué relación tienen estas variables con la producción de la caña de azúcar.

Asimismo es importante ir definiendo que es lo que dará respuesta a la necesidad y preocupación que tienen los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán en cuanto al aumento constante de los insumos donde sobre sale el fertilizante, así como el agotamiento de sus suelos.

Al respecto señalar el estudio de los suelos como una alternativa de mitigación y entendimiento y necesidad de sus parcelas, el detectar zonas con limitantes específicas de algunas propiedades, así como el vislumbrar posibles escenarios futuros que les permitan tanto a ellos, como a las Organizaciones cañeras locales decidir y tomar decisiones de un mejor manejo de sus parcelas.

Por lo que con base a lo anterior se plantean los siguientes objetivos:

CAPÍTULO III

3 Objetivos

Con base a la problemática planteada y con el fin de dar respuesta a la misma en cuanto a las necesidades de los suelos en las parcelas, la influencia del clima en las mismas, así como el malestar de los productores de caña de azúcar en cuanto al trato que reciben, es como se proponen los siguientes objetivos:

3.1 General

Generar información sobre propiedades importantes en la fertilidad de los suelos como son la textura, el pH y materia orgánica con la finalidad de crear cartografía temática que permita tanto a productores, como organizaciones cañeras detectar zonas con deficiencia de manejo en cuanto a estas tres variables. Además simular condiciones a futuro de suelos (con las variables anteriores) y clima (precipitación y temperatura) que propicien el óptimo crecimiento del cultivo de la caña de azúcar y otros cultivos. Asimismo indagar el sentir de los productores de caña de azúcar en cuanto a sus necesidades y preocupaciones y su relación con las organizaciones cañeras locales (CNPR, CNC e IMO).

3.2 Particulares

- Validar la problemática planteada
- Generar cartografía temática de apoyo a los productores de caña de azúcar principalmente de las variables: textura, pH y materia

orgánica con apoyo de la base de datos de suelos del Proyecto “*Caracterización de los suelos para la identificación de factores limitantes y potenciales de desarrollo agrícola en el valle de El Grullo-Autlán, Jalisco México*”.

- Generar escenarios propicios para la producción de caña de azúcar para el periodo 2010-2020, con apoyo del software VENSIM, utilizando las variables de clima (precipitación y temperatura) y suelo (textura, pH y materia orgánica), y su relación con la producción de caña de azúcar (ton/ha). Al respecto y considerando la acción de la producción de caña de azúcar como una variable dinámica, el problema a programar fue el siguiente:

La producción de caña de azúcar a nivel nacional y local es dinámica y variable, siendo el principal opositor el factor climático donde la presencia o ausencia de agua (lluvia o riego), juegan un papel relevante que afectan directamente a otra variable como lo es el suelo, en donde se presenta la textura, pH y materia orgánica como algunos de los principales indicadores de la fertilidad del mismo, por lo que se tiene la siguiente hipótesis:

Ho La producción de caña de azúcar a nivel local está siendo afectado principalmente por los factores climáticos (precipitación y temperatura) y edafológicos (suelo).

- Validar con apoyo de los softwares Microsoft Office EXCEL. SPSS y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la SAGARPA. los escenarios generados con el software VENSIM sobre las condiciones actuales y simuladas de las variables clima (precipitación y temperatura) y suelo (textura, pH y materia

orgánica) y su relación con la producción de caña de azúcar (ton/ha), para el periodo 2010-20120 en el valle de El Grullo-Autlán.

- Analizar el sentir de los productores de caña de azúcar en relación con los apoyos de las Organizaciones Cañeras locales (CNPR y CNC) e Ingenio Melchor Ocampo, con la finalidad de detectar problemas y beneficios que inciden en el funcionamiento de la producción de éste cultivo

CAPÍTULO IV

4 Metodología (Organización del estudio)

4.1 Ubicación de la región de estudio

El valle de El grullo-Autlán se ubica en los municipios de El Grullo y Autlán (19°35' a 19°54' de latitud Norte y 104°07' a 104°29' de longitud Oeste (INEGI, 2000) (Figura 5). El clima es principalmente semiseco con precipitaciones medias de 900 mm al año y temperaturas medias de 24°C y máximas de más de 32°C (SEI-JAL, 2000). Los suelos son del tipo Feozem haplico, Fluviosol eutrico y Vertisol pélico, lo que les da características propias para los cultivos, no así en las partes altas y pie de monte que son Regosoles, caracterizados como muy erodables (SPP, 1981).

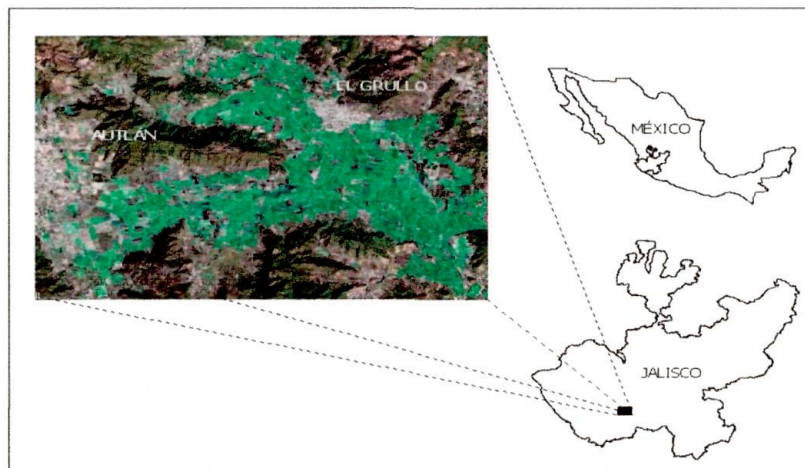


Figura 5. Ubicación del valle El Grullo-Autlán (Costa Sur de Jalisco)*

* Fuente: Google Earth (imagen de 2014)

4.2 Fuentes de información

Se utilizó información de las organizaciones cañeras locales como los son el ingenio Melchor Ocampo (IMO), principal industrializador de la caña de azúcar y las dos organizaciones cañeras regionales: Confederación Nacional de la Propiedad Rural (CNPR) y la Confederación Nacional Campesina (CNC).

Para las características generales del cultivo en cuanto a producción, suelo, clima y manejo en general se consultaron informes generados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Pesqueros y Acuícolas (SAGARPA), el Programa Institucional de Desarrollo del Comité Nacional para El Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA). Así como datos de producción de la CNPR y CNC, así como datos climáticos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y de las estaciones climatológicas locales (principalmente “El Chante”).

La información internacional de producción de caña de azúcar se consultó del base de datos y proyecciones generadas por la Oficina de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). Además, para la parte contextual también se consultaron fuentes originales que dieron respuesta a todo lo referente del cultivo de la caña de azúcar, como artículos de revistas, libros y notas periodísticas y toda aquella información que tuviera que ver con este cultivo.

4.3 Metodología por objetivos

4.3.1 Validación de la problemática planteada

Se realizó una serie de encuestas para detectar la problemática anunciada vía oral por algunos productores de caña de azúcar mediante la asistencia a las Asambleas del gremio cañero y a las sedes de las dos principales organizaciones de la región: La Confederación Nacional de la Propiedad Rural (CNPR) y la Confederación Nacional Campesina (CNC), siendo los puntos de delimitación los productores de caña de azúcar de éstas dos organizaciones, las cuales presentaron un padrón de agremiados de 1700, en una superficie dedicada al cultivo de caña de 12,000 ha. (CNPR, 2014).

En primera instancia y como parte de los recorridos de campo en las asesorías y para fines de este proyecto, se utilizó la *técnica de encuesta* mediante preguntas verbales a los productores de caña de azúcar, esto con la finalidad de obtener información sobre asesoría, manejo, créditos a tiempo, riegos oportunos y la compra y aplicación adecuada de los fertilizantes, esto es, todo lo relacionado con el manejo de la caña de azúcar. Para la elaboración de la encuesta, ésta se realizó mediante una *recolección estructurada de datos* mediante un cuestionario formal (Anexo 1). Esta investigación considerada como *directa*, permite a los productores conocer de antemano lo que se les está preguntando, sumado también a cuando conocen el contenido de las preguntas. Además esto se sumó a la interacción que tenía el aplicador de las encuestas con ellos, tanto en la Asambleas, como en las sedes de las dos organizaciones (Malhotra, 2008).

El cuestionario constó de 10 preguntas *estructuradas con opción múltiple*, ya que a cada una de ellas se le dio entre dos y cinco opciones de respuesta. Las primeras 5 preguntas fueron realizadas con la intención de indagar *la problemática presente en el manejo del cultivo de la caña de azúcar*, quedando solo la pregunta cinco con opción de respuesta dicotómica (Sí o No). El resto de las preguntas (de la 6 a la 10), se dieron con el fin de analizar la percepción y sentir de los productores de caña de azúcar en cuanto a *asesoría y apoyo que les pudieran prestar las organizaciones cañeras locales*. En ellas se apoyó con la escala de Likert en cuanto a los cinco grados de satisfacción que maneja (1 = totalmente de acuerdo, 2 = en desacuerdo, 3= indiferente, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo) (Malhotra, 2008).

Posteriormente se aplicaron las encuestas de manera personal a través de la asistencia a las Asambleas de los productores de caña de azúcar de las CNPR y CNC. Esto se sumó a las que se aplicaron en las oficinas centrales de estas dos organizaciones, incluyendo a la del Ingenio "Melchor Ocampo". Comentar al respecto que aproximadamente de diez productores de caña de azúcar asistentes a las Asambleas, ocho de ellos accedieron a contestar la misma, situación que se consideró como una buena participación. No así de las encuestas aplicadas en las sedes centrales que fueron un poco más bajas. En ésta última, de 10 invitaciones a contestar la encuesta, solo 6 se acercaron a contestarla, esto una vez que ya se les había invitado, y a lo cual contestaban que en cuanto se desocuparan de los de ellos, irían a contestarla.

En cuanto al accionar de las preguntas, la primer pregunta fue dirigida a responder el *¿Por qué el sembrar la caña de azúcar y no otros cultivos?* Esto mediante el apoyo de cuatro opciones de respuesta: *a) Deja más (S) la caña.; b) Nunca he sembrado otro cultivo que no sea caña.; c) Para caña si me apoyan para sembrar y d) Aquí se presta más para la caña.* La segunda a fue indagar la

problemática del cultivo de la caña de azúcar mediante manejo de fertilizante, riego, asesoría y suelo con cuatro opciones de respuesta, siendo las opciones de respuesta: *a) Fertilizante a tiempo. b) Fertilizante caro. c) agua a tiempo (riego). d) No me asesoran y e) mi suelo está agotado.*

La tercera pregunta, dado que el riego para la caña de azúcar es primordial, se realizó con intención de investigar la disponibilidad de la misma mediante la calendarización de los riegos, teniendo como opción las siguientes opciones de respuestas: *a) Totalmente de acuerdo. b) De acuerdo. c) Indiferente. d) En desacuerdo y e) Totalmente en desacuerdo.* La cuarta fue una pregunta cerrada con respecto al otorgamiento del financiamiento y se efectuó con 3 opciones de respuesta: *a) Sí. b) No y c) Más o menos.* Esta pregunta cuatro, dio opción a la pregunta 5, la cual se consideró abierta y dependiente de dicha pregunta cuatro de acuerdo a la respuesta que se le diera.

Las preguntas de la 6 a la 10 se dieron con la intención de indagar la percepción de los productores de caña de azúcar en relación a las organizaciones cañeras locales. La pregunta 6, *¿Quién le otorga el financiamiento?* Y la 7, *¿Cuál otorga el mejor financiamiento?* Tuvieron las mismas opciones de respuesta: *a) Ingenio.; b) Caja Popular.; c) Banco y c) Particular.*

Respecto a la pregunta 8, ésta se generó con la respuesta que surgiera en la pregunta siete, siendo esta: *Con base a la respuesta anterior, ¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento?* Con las siguientes opciones de respuesta: *a) Porque me cobra menos.; interés.; b) Porque me otorga el crédito más fácil.; c) Porque no me molesta tanto aun debiéndole poco y d) Porque es la mejor.* Las preguntas 9: *¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña?* Y 10: *¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones?* Tuvieron las mismas opciones de

respuesta: a) *Totalmente de acuerdo.* b) *De acuerdo.* c) *Indiferente.* d) *En desacuerdo* y e) *Totalmente en desacuerdo*

Para el análisis estadístico general fueron utilizadas 9 preguntas de las 10 planteadas dado que la pregunta 5 formó parte de la parte textual explicativa de la pregunta 4 y no se manejó opción de respuesta, sino que fue una pregunta abierta a las cuales se sumaron aquellas que los productores pusieron en alguna parte de la hoja de la encuesta de manera libre y por decisión personal.

Se utilizaron los primeros 4 cuestionamientos, así como la pregunta abierta número 5 para determinar y validar la problemática anunciada en el sondeo verbal con los productores de caña de azúcar, así como a algunos comentarios adicionales que realizaron los mismos a través de cada una de las hojas de la encuesta.

Para el cálculo del tamaño de muestra (No. de entrevistas), ésta se realizó mediante la fórmula de muestras finitas (Santos et al. 2003) ^a, dado que ya se conocía el universo a encuestar.

$$n = Z_{\alpha}^2 \frac{N \cdot p \cdot q}{i^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población (entrevistados potenciales)

Z = Valor correspondiente a la distribución de Gaus 1,96 para $\alpha=0,05$ y 2,58 para $\alpha=0,01$

p = Prevalencia esperada del parámetro a evaluar.

q = 1-p (Si p=30%, q=70%)

i = Error que se prevé cometer. Por ejemplo, para un error del 10%, introduciremos en la fórmula el valor 0.1. Así, con un error del 10%, si el parámetro estimado resulta del 80%, tendríamos una seguridad del 95% (para $\alpha=0.05$) de que el parámetro real se sitúa entre el 70% y el 90%. Vemos, por tanto, que la amplitud total del intervalo es el doble del error que introducimos en

la fórmula

La información fue sistematizada y ordenada para luego aplicar el análisis estadístico de las respuestas proporcionadas por los productores, tomando en cuenta como se mencionó anteriormente, 9 de los 10 cuestionamientos, resultando un total de 261 entrevistas, con un margen de confianza del 90%.

Las respuestas de los 9 cuestionamientos fueron analizadas en el programa Statistical Package for Social Science (SPSS) en su versión 15.0, y junto con las entrevistas verbales y los análisis estadísticos permitieron determinar las relaciones con respecto a las respuestas proporcionadas.

4.3.2 Generación de la cartografía temática

La metodología empleada para la generación de los mapas temáticos de textura, pH y materia orgánica, se realizó como parte del Proyecto de Suelos del cual con anterioridad se había realizado una fotointerpretación para ubicar las unidades de muestreo mediante la determinación de características físicas, tales como relieve, geomorfología, tipos de drenaje y tonalidades fotográficas. Dichas unidades fueron generadas también con el apoyo de fotografía aérea escala 1:33,000 (1993) y cartografía (mapa topográfico y edafológico) generada en 2001 y 1981 respectivamente (escala 1:50,000) por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1981; 2001).

El levantamiento de la información de suelos en campo, así como la toma de muestras se realizaron en el periodo 2007-2009, describiéndose un total de 20 perfiles de suelo con base a la metodología de Cuanalo (1981), así como aproximadamente 30 barrenaciones para la delimitación de los límites entre suelos.

Los análisis fisicoquímicos fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Cooperativa Agraria de El Grullo, Jalisco, la cual trabaja con los principios y la metodología del Manual 60 del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Richards et al. 1985). La textura fue determinada por el método de Bouyoucos (1963); el pH mediante pasta de saturación (Richards et al. 1985) y la materia orgánica por el método de Walkley y Black (1947).

El procesamiento de la información para la generación de los mapas temáticos fue mediante los modelos de predicción de las tres categorías (textura, pH y materia orgánica), y fue realizado con la base de datos de los suelos que se obtuvo del levantamiento y análisis de dichos suelos. Se manejó en formato digital con el programa ArcView 3.2 (1999). Los puntos fueron extrapolados al programa Surfer 8 (2002), para la generación de los modelos digitales. Para la interpolación se utilizó la metodología de Kriging citada por Bosque y García (2001).

Posteriormente la interpolación conseguida en Surfer 8 fue llevada al programa Idrisi Andes (2006), para comprobación y verificación de los Modelos Digitales. Una vez verificada y comprobada la interpolación los modelos, éstos fueron extrapolados al programa ArcView 3.2 en formato “Grid” (celdas), donde se generaron las diferentes clasificaciones para cada modelo, una vez clasificadas se transformaron en formato “shape” de ArcView 3.2, determinando así de esta manera las zonas con mayor o menor textura, pH, y Materia Orgánica de este valle.

4.3.3 Generación de escenarios propicios para la producción de caña de azúcar periodo 2010-2020).

Se utilizará el software VENSIM el cual será alimentado con datos de producción por hectárea, precipitación y temperatura de los últimos 12 años (los

más completos), así como por datos de suelos en cuanto a textura, pH y materia orgánica, variables que serán utilizadas para generar los mapas temáticos (Figura 6).

Señalar que para éste trabajo se consideraron estas 3 variables del suelo por su importancia en la fertilidad del suelo, junto con las variables climáticas de *precipitación y temperatura*, esto tratando de dar respuesta a la problemática y preocupación de los productores de caña de azúcar en cuanto a los costos de fertilizantes y de cómo se está comportando la producción de caña de azúcar por hectárea en su relación con las variables mencionadas, las cuales serán fundamentales para la alimentación y simulación con el software VENSIM en el cultivo de la caña de azúcar. Pero además se tomó en cuenta el factor organizativo y social como factores que se abordarán desde una perspectiva de análisis del sentir del productor de caña de azúcar de este valle, hacia las organizaciones cañeras locales (CNPR, CNC e IMO). Comentar al respecto que la metodología de la problemática a analizar forma parte del componente organizativo y social y la cual fue explicada anteriormente en este mismo capítulo.

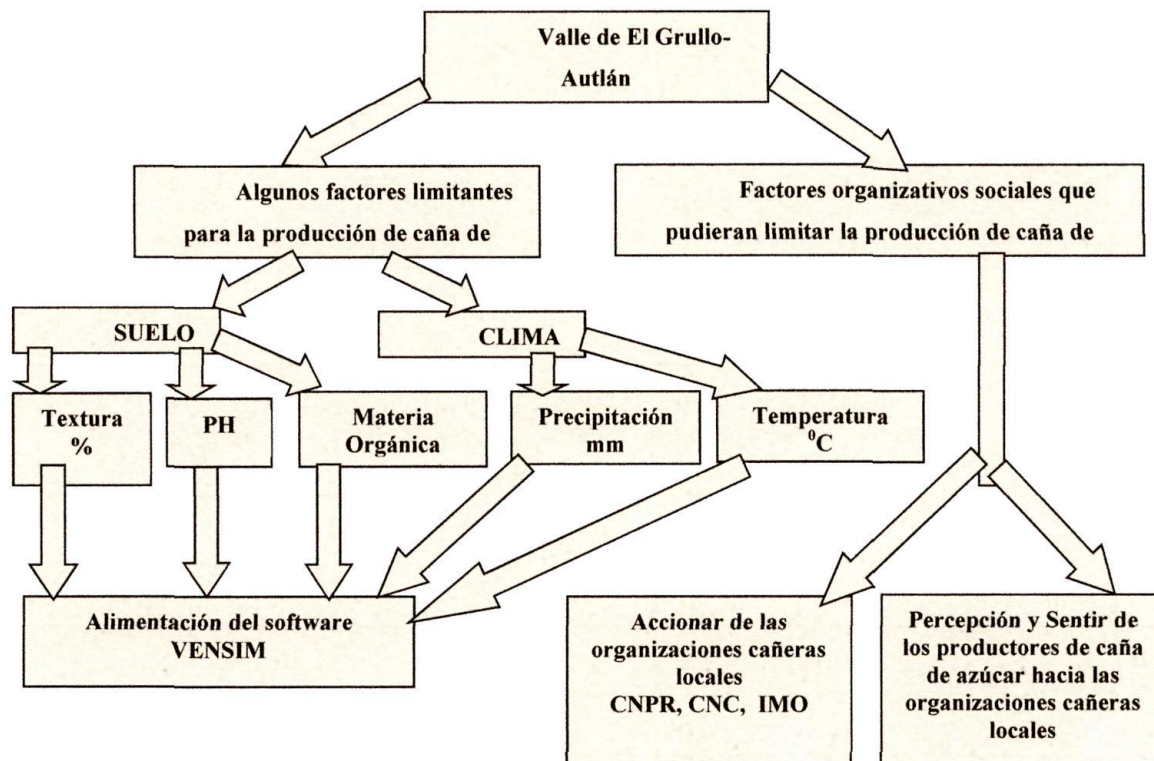


Figura 6. Variables y software a utilizar en el corrido para la simulación de escenarios en la producción de caña de azúcar (ton/ha.), así como algunos componentes sociales y organizacionales en el valle de El Grullo-Autlán. (Elaboración propia).

Las variables anteriores van encaminadas a investigar las dificultades que presenta el suelo y cual sería un mejor manejo, por lo que las mismas servirán para alimentar el software VENSIM para la generación de escenarios con base a diferentes valores proporcionados de manera al azar al programa, esto con la finalidad de detectar los mejores escenarios para el cultivo de la caña de azúcar en cuanto a una mejor producción.

También el factor social y organizacional pudieran ser indicadores que pudiera estar infiriendo en el desarrollo integral productivo de la caña de azúcar.

Uno de ellos pudiera ser el accionar de las organizaciones cañeras locales en cuanto a los apoyos en general (insumos, maquinaria, asesoría, etc.), que otorgan a los productores de caña de azúcar pudiera ser elementos que afecten como limitantes al cultivo de la caña de azúcar.

En relación a lo anterior y respecto a cómo se trabajará con el modelo, la literatura señala que para crear un modelo matemático que pueda ser simulado por un software de simulación de redes (caso del software VENSIM), se debe definir como primera medida, las variables de entrada y constantes presentes en un sistema (Amézquita et al. 2009).

Para tal caso se manejaron las siguientes variables que alimentaron el modelo:

- a) La producción nacional y regional de la caña de azúcar es *variable*.
- b) La producción mundial, nacional y regional de la caña de azúcar depende de las necesidades (*demanda*) de la población y el *stock* presente en las bodegas de almacenamiento, lo que generará la *oferta* hacia la población.
- c) A nivel nacional y local, en lo que respecta a el valle de El Grullo-Autlán la producción depende de las pautas que señalan las necesidades nacionales con base a un *estimativo* para cada ingenio cañero y donde el tope de producción lo pone precisamente esa necesidad nacional, con lo que con base a esto se determina el número de hectáreas a sembrar con un *estimativo* promedio de producción de caña de azúcar/hectárea/ingenio/año.
- d) Con base a lo anterior se tomaron los siguientes valores (hasta 2013)^{3, 4}

³ USDA. (2013). *World production, supply, and distribution, centrifugal sugar (table 1)*. Sugar and Sweetener Yearbook. 2011. United States of America Department Agricultural.

- e) La producción mundial de caña de azúcar fue de *160,948 ton/año* (stock mundial).
- f) La producción nacional de caña de azúcar fue de *4,652 ton/año* (stock nacional).
- g) La producción para el valle de El Grullo-Autlán fue de: *94.21 ton/ha* (zafra 2012-2013).
- h) Exportada: *690 ton/año*.
- i) Importada: *900 ton/año*.
- j) Caña de azúcar disponible para México: Producción total menos la cantidad exportada más la cantidad importada: *4,862 ton / año*.
- k) Producción de caña de azúcar para Veracruz: *2,052 ton/año*.
- l) Producción de caña de azúcar para Jalisco: *573 ton/año*.
- m) Producción de caña de azúcar para San Luis Potosí: *378 ton/año*.
- n) Producción de caña de azúcar para el resto de los demás estados: *2,376 ton/año*.
- o) Precipitación promedio: *800 mm/año*.
- p) Temperatura promedio: *28 °C*.
- q) Textura promedio de los suelos del valle El Grullo-Autlán: *Franca arenosa*.
- r) pH promedio de los suelos del valle de El Grullo-Autlán: *6-7*
- s) Materia orgánica promedio de los suelos del valle de El Grullo-Autlán: *1%*

En cuanto a los datos, se utilizaron los valores de producción de los últimos 14 años tomados de la página WEB de la Unión Nacional de Cañeros, A.C. CNPR, así como datos de precipitación y temperatura proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), generados en la Estación

⁴ UNC. (2013). *México en el mundo*. Unión Nacional de Cañeros, A. C.-CNPR. En: <http://www.caneros.org.mx/principal.html#>

Climatológica de “El Chante”. Localidad de El Municipio de Autlán de Navarro (los más completos que se tenían de este valle), (Tabla 12).

Año de zafra	Producción (ton/ha) ⁵	Precipitación (mm) ⁶	Temperatura (oC) ⁵
2001-2002	94	507,2	21,4
2002-2003	98	1067,2	21,8
2003-2004	103	637,7	21,6
2004-2005	103	593,9	21
2005-2006	109	609,2	21,7
2006-2007	103	851,6	21,8
2007-2008	109	1034,8	21,7
2008-2009	106	799,08	23
2009-2010	103	609,3	22,3
2010-2011	98	1294,5	22,1
2011-2012	94	1268,8	22,3
2012-2013	108	856,1	22,4

Tabla 2. Datos de producción / ha, precipitación y temperatura (2001-2013) para el cultivo de la caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán, Jalisco. (Elaboración propia).

4.1.3.3. Validación del modelo con apoyo de los softwares Microsoft Office EXCEL y SPSS, así como por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y SAGARPA.

Además se utilizarán los softwares Microsoft Office EXCEL y SPSS para la validación del modelo, así como información de simulación de la producción del cultivo de la caña de azúcar generada por el Departamento de Agricultura de

⁵ Producción promedio (ton/ ha) de la caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán. Información de 12 años (2001-2012). Fuente: Unión Nacional de Cañeros, A.C. CNPR. Comité Ejecutivo Nacional 2010-2014.

⁶ Información climatológica promedio de Precipitación (mm) y Temperatura (°C) hasta 2013. Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013).

los Estados Unidos (USDA) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con la finalidad también si existen similitudes o tendencias entre lo simulado de manera local y a nivel mundial.

CAPÍTULO V

5 Resultados y Discusión

5.1 Validación de la problemática planteada. Los resultados muestran los siguientes comportamientos de acuerdo a los siguientes análisis:

5.1.1 Análisis Descriptivo

La información revela de manera descriptiva y analítica el sentir de los productores de caña de azúcar de este valle. En cuanto a la problemática más recurrente que señalan se presenta lo siguiente tabla (13).

Pregunta	Opciones de respuesta y porcentajes						
1) ¿Por qué sembrar caña de azúcar y no otros cultivos como maíz, trigo, sorgo, etc.? (P1) %	Sin respuesta.	Deja más (S) la caña	Nunca he sembrado otro cultivo que no sea caña	Para caña si me apoyan para sembrar	Aquí se presta más para la caña		
	2	52	6	30	10		
2) ¿El problema de mi caña es...? %	Fertilizante a tiempo	Fertilizante caro	Agua a tiempo (riego)	No me asesoran	Mi suelo está agotado	Más de una respuesta	Más de dos respuestas
	2	70	3	1	16	7	1
3) ¿La calendarización de los riegos para su parcela son los adecuados? %	Sin respuesta	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo	
	1	48	25	8	13	5	
¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo? %	Sí	No	Más o menos				
	10	85	5				

Tabla 3. Problemática más recurrente en los productores de caña de azúcar del valle El Grullo-Autlán.

Con relación a la tabla anterior, la pregunta uno muestra como el productor de caña de azúcar señala su sentir y predilección por sembrar este cultivo al señalar que les deja más que otros, aunado a que se sienten de cierta manera “cobijados” por el Ingenio “Melchor Ocampo”, indicando para ello, que para este cultivo “sí se les apoya” con más facilidad que para otros. Al respecto más del 50% de los encuestados señaló que el cultivo de la caña de azúcar les deja más (económicamente hablando), aunado a que poco más del 30% manifestó que los apoyos para la siembra de este cultivo son más fluidos al apoyárseles más.

Por otra parte, con la finalidad de rescatar la problemática planteada con anterioridad por vía verbal en cuanto a algunos problemas con el manejo y producción de la caña de azúcar. Los resultados de la pregunta dos muestran como los productores de caña de azúcar manifiestan que uno de los principales problemas al momento de preparar su parcela es el *fertilizante*, ya que este es demasiado *caro* lo que reduce en gran medida la posible ganancia que se pudiera tener. Aunado a que consideran que una de las principales bajas en la producción de la caña de azúcar es porque sus suelos están *agotados*, situación que de gran manera se relaciona con el manejo de los mismos y una posible aplicación de abonos orgánicos como alternativa para enriquecer los suelos de sus parcelas y mitigar los costos del fertilizante.

Además y con respecto a la pregunta tres en cuanto a la disponibilidad de agua, se observó que más de la mitad de los encuestados no presentó problema con la calendarización de riego, pero si a esto le sumamos que un 25% opinó que estaba de acuerdo, se puede afirmar que en cuanto a riego, la mayoría opina que no existe mayor problema.

También y con relación a la pregunta cuatro las respuestas se orientaron a, que más del 80% de los entrevistados señaló el no tener problemas con el financiamiento para su cultivo. Por otra parte existe poco más de un 10% que no está de acuerdo con dicha situación. Al respecto algunos productores comentaron

*Los insumos están bien caros y los gastos de organizaciones también, entonces no nos queda nada*⁷

*El precio es barato y apenas sale para los fertilizantes*⁸

⁷ Entrevista No. 2 según sistematización de datos.

⁸ Entrevista No. 122 según sistematización de datos.

En cuanto al análisis estadístico se presentó el siguiente comportamiento.

5.2 Análisis estadístico

Al respecto se aplicó la prueba no-paramétrica chi-cuadrada (χ^2) con la finalidad de detectar el nivel de confianza de las respuestas de los entrevistados. Dicho análisis reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las respuestas de los productores a los cuestionamientos realizados (Tabla 14).

	P1	P2	P3	P4
Chi-cuadrado(a,b,c,d)	108,455	307,863	120,909	144,591
Gl	4	6	5	2
Sig. asintót.	0.001	0.001	0.001	0.001

P1 = ¿Por qué sembrar caña de azúcar y no otros cultivos como maíz, trigo, sorgo, etc.?

P2 = ¿El problema de mi caña es...?

P3 = ¿La calendarización de los riegos para su parcela son los adecuados?

P4 = ¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo?

Tabla 4. Resultados estadísticos (Chi-cuadrada χ^2) de las respuestas proporcionadas por los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán

La tabla anterior muestra el nivel de confianza en cuanto a las respuestas de los productores entrevistados. Con base a lo anterior se detectó la siguiente problemática.

Con base al análisis descriptivo y estadístico se puede señalar que los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán siembran este cultivo porque desde su perspectiva les deja más que otros cultivos, no batallan con los apoyos, aunado a que su producto tiene el mercado directo mediante la molienda en el Ingenio y bajo un acuerdo de sus agremiados.

Sin embargo, al preguntárseles *¿cuál era el problema de su caña?*,

mencionan que *elfertilizante*, ya que cada día es más caro para ellos, aunado que otra buena parte señaló que sus suelos estaban agotándose cosecha tras cosecha. Situación que lleva a indagar con este trabajo dicha problemática, quizás no tanto con los costos de fertilizantes, sino de observar en primera instancia que está pasando con sus suelos mediante estudios alternados de este tipo (tal vez cada cinco años), así como una asesoría sobre el uso de abonos orgánicos para mitigar de alguna manera y a largo plazo el uso continuo de fertilizantes, los cuales se manejarían como un complemento y no como una sustitución de uno hacia el otro (Sandoval y Sepúlveda, 2012).

La preocupación que muestran los productores de caña de azúcar de esta región es cada día más demandante. A esto se suma la volatilidad de nuestra moneda con respecto al dólar, ya que algunos fertilizantes y en relación con los ingredientes que los conforman, son traídos del extranjero, principalmente de los Estados Unidos (CNPR, 2015).

En lo que respecta al cultivo de la caña de azúcar los fertilizantes químicos son insumos de gran importancia para su crecimiento y buen desarrollo y existen 3 sustancias principales en su composición: el nitrógeno, el fósforo y el potasio, de ahí que sean conocidos en las casas comerciales como fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos (SAGARPA, 2015).

En relación a esto, datos generados por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016)⁹, muestran como la tendencia de aumento de los costos de fertilizantes efectivamente ha ido a la alza año con año, situación que coincide con los comentarios de los productores de caña de este valle al señalar dicha preocupación en su economía.

⁹ Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016). Consultado el 26 de septiembre de 2016. En <http://www.economia-sniim.gob.mx/>

Con respecto a los fertilizantes nitrogenados los resultados muestran como la tendencia ha tenido leves variaciones en los últimos 7 años, pero a partir del 2014 la tendencia ha ido en un ligero aumento y tal parece que seguirá por esta vía, según comentarios de los técnicos de campo de este valle.

Es innegable como estos insumos han ido año con año al alza en algunos de ellos, como los fertilizantes nitrogenados y potásicos, los cuales han visto un incremento anual de aproximadamente el 40% en los últimos 3 años.

Aunado a lo anterior y en relación a la pregunta 5: *¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo?* la cual se planteó de manera abierta para conocer los problemas en cuanto a financiamiento de su cultivo, surgieron los siguientes comentarios: Es bueno mencionar que algunos productores entrevistados (una minoría), manifestaron molestias dentro de la dinámica agrícola de este valle con estas organizaciones cañeras. Al respecto y en relación con la pregunta, la cual no entró en el proceso de análisis estadístico, dado que era una pregunta abierta, se tiene lo siguiente (Tabla 15):

No. De encuesta de acuerdo a la sistematización de los datos	Respuesta del encuestado
2	"Los insumos están bien caros y los gastos de organizaciones también, entonces no nos queda nada"
8	"El Ingenio no quiere apoyar"
23	"Hay poca ganancia y mucha inversión"
88	"Porque es poco y no alcanza para pagar riegos y porque es riego por bombeo"
107	"No me alcanza lo que gano para solventar el cultivo"
175	"El precio es barato y apenas sale para los fertilizantes"
242	"No llega a tiempo"

Tabla 5. Respuestas proporcionadas por los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta abierta No 5: *¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo?*

Esta pregunta corroboró lo que algunos productores de caña manifiestan al señalar los *altos costos de los insumos, donde sobresale el fertilizante* como su problemática. Asimismo en cuanto a la disponibilidad de agua para riego en sus cultivos, señalaron en su gran mayoría que no presentan dicho problema, ya que ésta les llega a tiempo.

A este problema es importante comentar que la disponibilidad de agua es un factor importante para el desarrollo y crecimiento de la caña de azúcar, por lo que el factor lluvia entraría como un elemento emergente de humedad, pero si este factor presenta variaciones año con año (pérdida de estacionalidad), entonces se convierte en una problemática directa al cultivo, pero no dependiente de la mano del hombre, sino de las condiciones climatológicas de cada lugar.

A manera de conclusión señalar como el productor prefiere más el cultivo de la caña de azúcar por encima de otros cultivos porque *tiene quien se lo compre*, además consideran que es el *cultivo más seguro* o porque *con la caña no batallan para los apoyos*. Asimismo, la disponibilidad de agua hasta el momento no ha

sido un problema serio, quizás debido a que los últimos años se ha tenido un buen temporal de lluvias, lo que ocasionado que las presas de almacenamiento que nutren a este valle se encuentren a una buena capacidad de almacenaje. Pero hay que recordar que se pueden tener temporales buenos y malos debidos a los fenómenos del *niño* y la *niña*, trayendo con ello altas o bajas precipitaciones, aunado a una falta de estacionalidad de las mismas. Enseguida se hace hincapié en las acciones a implementar para dar respuesta y solución a la problemática localizada.

Finalmente, con todo lo anterior exponer que la problemática más recurrente encontrada fue *lo costoso del fertilizante*, lo que lleva a que los productores busquen alternativas que lleven a sus suelos a una mejor riqueza nutrimental. Esto coincide con lo que manejó en su momento SAGARPA (2009), quien señala en un estudio realizado para el Ingenio Melchor Ocampo, que más del 65% de los productores de caña encuestados mencionó que el *fertilizante* era el *rubro más costoso para su producción de caña de azúcar*. Lo que conlleva a pensar que la fluctuación de los costos de producción depende de varios aspectos, siendo algunos de ellos el origen nacional o de importación del producto, su disponibilidad en el mercado, entre otros factores.

A esto se suma que otras de sus quejas o problemas recurrentes fue que sus *suelos se están agotando*, esto es, que se están teniendo problemas de baja fertilidad quizás y debido a un mal manejo de la fertilización y/o a una ausencia que complemente dicha alimentación al suelo. Lo que lleva nuevamente a la búsqueda de estrategias para la implementación de los abonos orgánicos, lo que ayudaría al enriquecimiento del suelo y quizás a bajar costos de los insumos agrícolas (principalmente fertilizantes) en un futuro.

El siguiente punto aborda con base a una de las inquietudes de los productores de caña, en cuanto a las necesidades o limitantes que tienen sus suelos y de acuerdo a las 3 variables analizadas, la cartografía temática, la cual les permitirá observar de manera visual y por localización, los sitios con dichas limitantes.

5.3 Generación de la cartografía temática de apoyo a los productores de caña de azúcar

Con la finalidad de realizar la caracterización descriptiva de la cartografía temática del valle de El Grullo-Autlán, esta se hizo por zonas, aunado a la posición geográfica de las localidades, se dividió el valle de El Grullo-Autlán en cuatro cuadrantes (I, II, III y IV) con la finalidad de ubicar y para una mejor localización de las zonas en cuanto a los factores de textura, pH y materia orgánica. Se recomienda ver en un mismo tiempo los mapas temáticos con sus descripciones respectivas, con la finalidad de evaluar de manera visual las características de cada una de las zonas.

5.3.1 Variable Textura

Se presentaron características texturales adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos en más del 60% de las parcelas, esto es, suelos francos tendientes principalmente a la arenosidad. La siguiente Figura (7), muestra los sitios donde se ubican las zonas con sus tipos de textura.

Zona I

Dada la posición de las parcelas para esta zona, donde la mayoría de ellas se ubican en pie de monte (junto a cerros), la característica textural más elocuente fue de la franca a la franca arcillosa, aunque la tendencia a la arenosidad se dio en aquellas zonas cercanas a los arroyos.

Las localidades que presentaron sus tierras con este tipo de texturas fueron Mezquitán, El Chacalito y La Noria, así como las parcelas de la Colonia Azucarera y El Volantín en el lado suroeste de la Sierra de la Vainilla.

Zona II

Esta zona presentó un poco más de heterogeneidad en las texturas de su tierras, aunque la tendencia fue de texturas francas con ligera tendencia a la arenosidad, sin embargo hubo parcelas sobre todo en sur y suroeste del Municipio de El Grullo que presentaron texturas limosas, lo que hace de estas tierras, zonas para un buen manejo agrícola y sobre todo para una buena acración de sus suelos.

Las otras tierras que presentaron texturas adecuadas para su manejo (francas), fueron las de las localidades de las paredes, sobre todas aquellas más cercanas al Río Ayuquila, donde la tendencia a las arenas las hace más susceptibles a la oxigenación.

Zona III

Las localidades de esta zona, como lo son la cabecera municipal de Autlán de Navarro, El Rodeo y más hacia la montaña la localidad de Ahuacapan, presentan el tipo de textura franco limosa, lo que hace de estos suelos que tengan buenas

condiciones para las labores agrícolas, al presentar estas tierras una buena circulación de agua, así como una buena aireación para el crecimiento de las plantas.

Por otra parte las localidades de Lagunillas Bellavista y Rincón de Luisa presentaron en sus tierras texturas del tipo franco arcilloso y franco arenoso en las cercanías de los arroyos, lo que hace de estos suelos también con buenas condiciones agrícolas, el permitir que su manejo sea apropiado con los implementos agrícolas. Cabe hacer el comentario que estos tipos de tierras deben de estar a capacidad de campo para iniciar las labores agrícolas, ya que bajo condiciones de sequedad los pasos de rastra o barbecho se pueden realizar con mucha dificultad, al igual cuando se encuentra saturada en agua.

Zona IV

Esta es una de las zonas que presenta texturas tendientes a la arcillosidad media (franco arcillosa) en las zonas de planar, esto es, que conforme se avanza hacia el pie de monte y montaña los suelos se van comportando más arcillosos. Localidades como Palo Blanco y El Aguacate presentan este tipo de texturas en sus tierras, lo que hace de ellas que tengan ciertos cuidados sobre todos en procesos de saturación por agua, aunado a buenas condiciones de anclaje por parte de las raíces de los cultivos implementados.

Otro comportamiento textural presente es el tendiente a la arenas, sobre todo en sitios cercanos al Río Ayuquila. Aquí las localidades de la Aldaba y El Casco exhibe este tipo de texturas en sus tierras. Condiciones propicias para el manejo de sus suelos, así como una buena oxigenación para los cultivos.

5.3.2 Variable pH

Las características generales de pH para este valle fueron principalmente tendientes a la neutralidad, esto en aproximadamente un 60% de la superficie del mismo, aunque también se presentaron pHs ligeramente ácidos en cerca del 30% del mismo. La Figura 8 muestra el comportamiento del pH presente. La descripción de cada una de las zonas nos muestra más a detalle esta variable.

Zona I

Esta zona es su mayoría presento suelos con pH con ligera acidez (< 6.0). Quizás esto reflejo de un intenso manejo y al exceso de riego, haciendo de estas tierras aptas para el manejo agrícola. Localidades como “Mezquitán”, “La Noria” y “El Chacalito” presentan estos tipos de pH en sus tierras, lo que les permite dar una buena respuesta a los cultivos agrícolas, principalmente maíz, sin embargo la presencia de agave azul es muy eminente en estas tierras.

Se presenta un pequeño manchón con pHs neutros en la zona de “El Corcovado”, mostrando estas tierras un uso actual combinado entre agave azul y maíz de autoconsumo, lo que las hace propicias y con buena respuesta para los cultivos básicos.

Zona II

Esta zona se presenta con suelos de ligeros (5-6) a muy ácidos (< 5) en su mayoría de sus tierras de cultivo. Localidades como la parte oeste y suroeste del municipio de “El Grullo” se ven afectadas por suelos con presencia de sales, lo que los hace susceptibles a su manejo, esto quizás por los excesos de humedad que existen en la

zona, aunado al sistema de riego que se implementa, donde en la mayoría de los casos es por inundación, trayendo con ello además del aumento de la salinidad, la pérdida de suelos en zonas con ligera pendiente.

Por otra parte la zona norte del municipio de “El Grullo” (zona del balneario “La Esperanza” y el Restaurante “Rancho Alegre” se ve afectada por presencia también de sales, una debido al tipo de riego y la otra a que el manto freático se encuentra solo a unos metros de la superficie de la tierra de dichas parcelas.

Zona III

El predominio de los suelos neutros es la característica principal de esta zona, de ahí que sea considerada una de las mejores zonas productivas de este valle, aunado al manejo agrícola tecnificado que presenta. Los suelos son principalmente de pHs neutros lo que los hace aptos para todo tipo de cultivos básicos, aunque el dominio del cultivo de la caña de azúcar sea el que sobresale.

Parcelas de las localidades de “El Mentidero” y de “Las Paredes” se ven presentes con este tipo de pH, haciendo de ellas buenas zonas productivas de “jitomate” y “chile jalapeño”, por los productores de esta parte de la región. Es importante recalcar la presencia de pH muy ácidos en tierras de las localidades de “Rincón de Luisa y “La Tuna”, quizás debido a las tierras bajas que presentan estas zonas.

Zona IV

Esta zona se caracteriza por presentar tierras predominantemente neutras en su pH, así como ligeramente ácidas. La localidad de "El Chante" presenta tierras con una ligera tendencia a la acidez, mientras que la zona de Palo Blanco y sus alrededores se caracteriza por pHs neutros.

El factor pH de manera general en este valle no fue un problema que aquejara a los productores del mismo, sin embargo se presentan sitios con altos contenidos de salinidad en zonas de "Las Paredes" y de la parte norte de El Grullo. Sitios que presentan a flor de piel la presencia de sodio (motas blancas en la superficie), lo que hace de estos suelos que tengan una mayor atención para su manejo, sobre todo para bajar los altos niveles de sodio mediante el lavado de sus suelos.

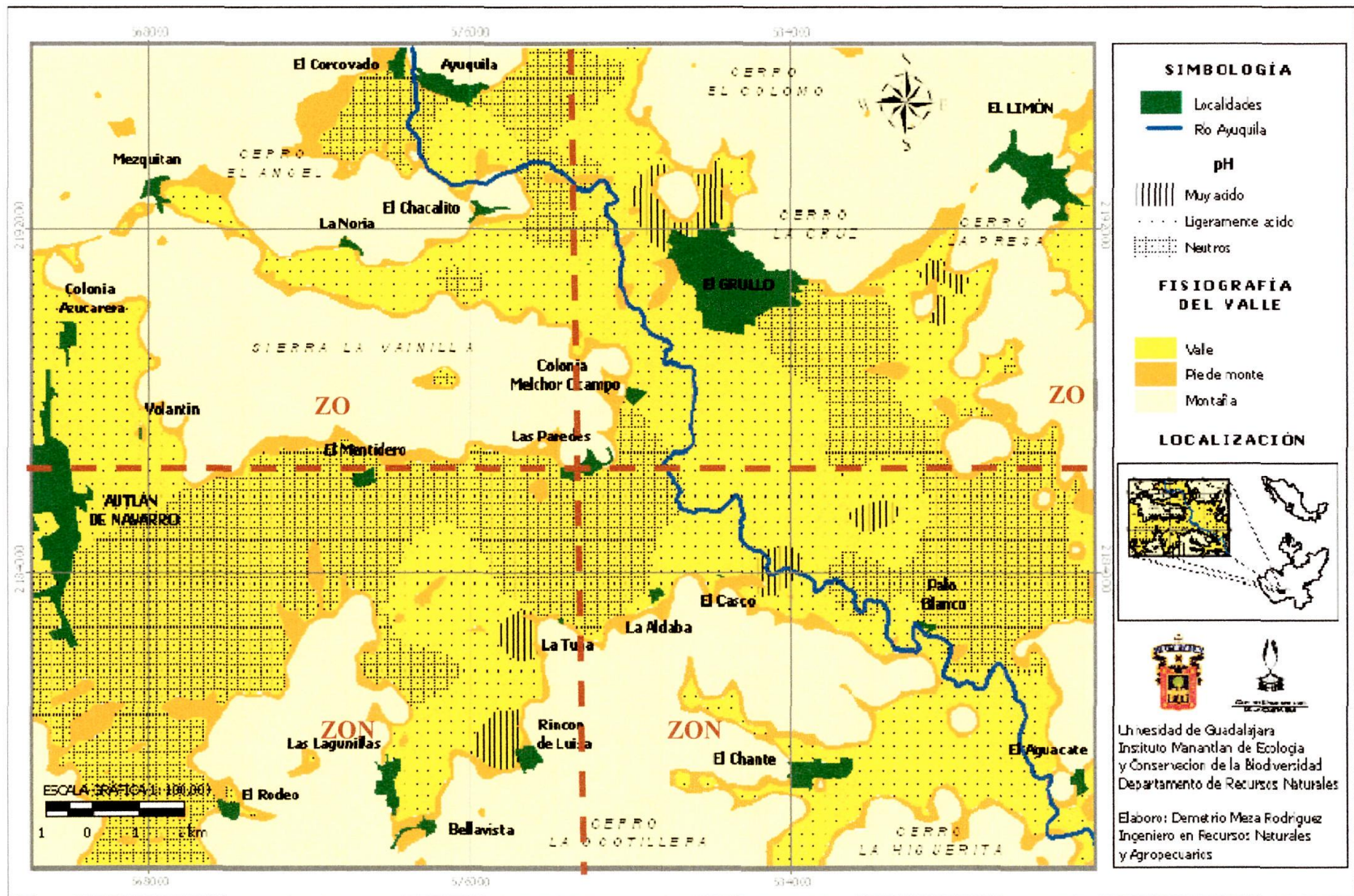


Figura 8. Mapa de pH del valle de El Grullo-Autlán

5.3.3 Variable materia orgánica

Este factor es uno de los principales indicadores de cómo se encuentran las tierras de este valle, ya que sus valores muestran la característica fértil del suelo. Al respecto la riqueza de nutrientes de este valle presentó valores bajos de manera general en más de un 85% de sus tierras, valores pobres en materia orgánica (< 1%), aunque con ligeros manchones de riqueza nutrimental en pequeños relictos.

La siguiente información muestra (Figura 9) la ubicación de los sitios con sus rangos de materia orgánica en donde se puede observar en que localidades inciden los valores altos y bajos de este factor. Se puede observar como los valores más pobres (< 1%) de materia orgánica se presentaron a través de todo el valle, lo que indica que este factor es uno a los que hay que ponerle atención mediante actividades de fertilización que permitan de manera complementaria ayudar a los cultivos en su crecimiento.

Zona I

Esta zona presentó valores pobres en la mayoría de sus parcelas, situación que hace de estos suelos que se encuentren en constante manejo y muy poca recuperación de su riqueza nutrimental mediante la adición de fertilizantes o la incorporación de abonos orgánicos.

Zona II

Gran parte de esta zona se encuentra con suelos pobres en cuanto a materia orgánica, pero es también en la parte central de este cuadrante donde se aprecian parcelas con una buena riqueza nutrimental de más de 1.5% de materia orgánica.

Esta situación pudiera estar relacionada a que son parcelas de una actividad agrícola alta y donde el cultivo de la caña de azúcar juega un papel preponderante, aunado a la constante adición de fertilizantes. Localidades de la parte este sureste de la cabecera municipal de El Grullo presentan estas clases de tierras.

Zona III

Esta zona basa su carencia de nutrientes en condiciones bajas de materia orgánica, en donde más del 85% de la misma presenta valores de menos del 1% de esta variable. Localidades como El Mentidero, Lagunillas y El Rodeo se ven rodeadas de tierras que necesitan de una buena adición de fertilizantes, bien sea del convencional o de abonos orgánicos.

Aunque cabe hacer el comentario que en un menor porcentaje se presentaron parcelas con buenos contenidos de materia orgánica en la parte central de este cuadrante (parte sur de la localidad de El Mentidero).

Zona IV

Esta zona se caracterizó por tener suelos pobres en su mayor parte del cuadrante a excepción de pequeños polígonos que presentaron tierra con mejores contenidos de nutrientes. La parte más marcada con esta riqueza nutrimental se presentó en la parte Este de la localidad de Palo Blanco y Noreste de este mismo en las márgenes del Río Ayuquila.

De manera general y en cuestión de localidades los dos municipios principales de este valle (Autlán de Navarro y El Grullo) muestran esa deficiencia de materia orgánica en sus suelos, pero es en las localidades de Las Paredes, El Mentidero, Lagunillas y Ahuacapán del municipio de Autlán de Navarro, fue

donde se acentuaron más dichas carencias. En el municipio de El Grullo las localidades más deficientes de materia orgánica fueron Ayuquila, Palo Blanco y El Aguacate.

Lo que se pretendió con esta caracterización descriptiva fue que el lector de este documento, sobre todo los usuarios del recursos suelo (principalmente productores agrícolas), tuvieran una referencia en las características de sus suelos en cuanto a textura, pH y materia orgánica y que mediante dichos valores observarán y analizaran de manera general lo mejor para el manejo de sus parcelas. Esta información les permitirá en primera instancia analizar que les pudiera hacer falta a sus tierras o suelos. El siguiente punto aborda la parte del manejo de los escenarios para una más completa toma de decisiones en las organizaciones cañeras.

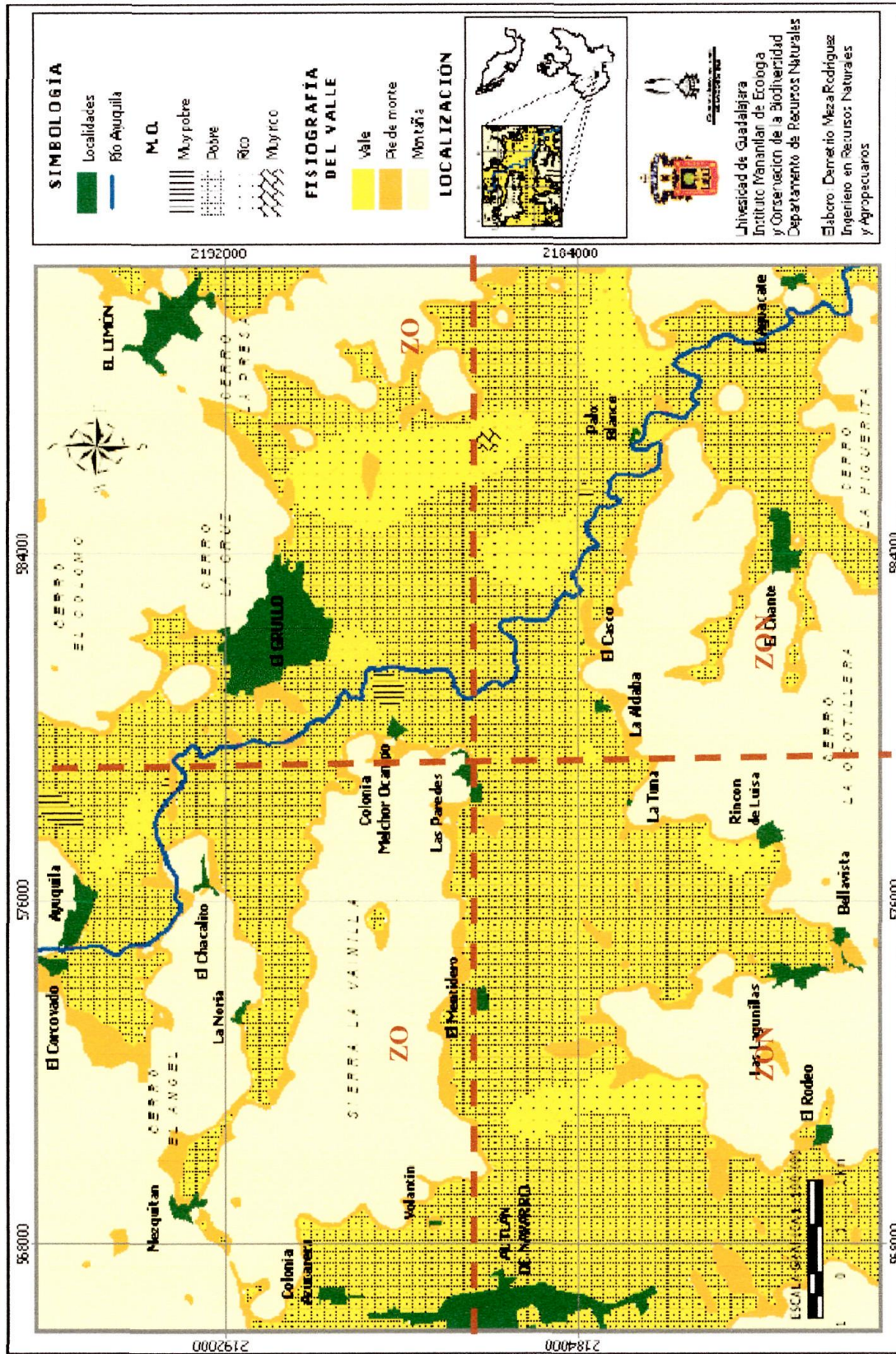


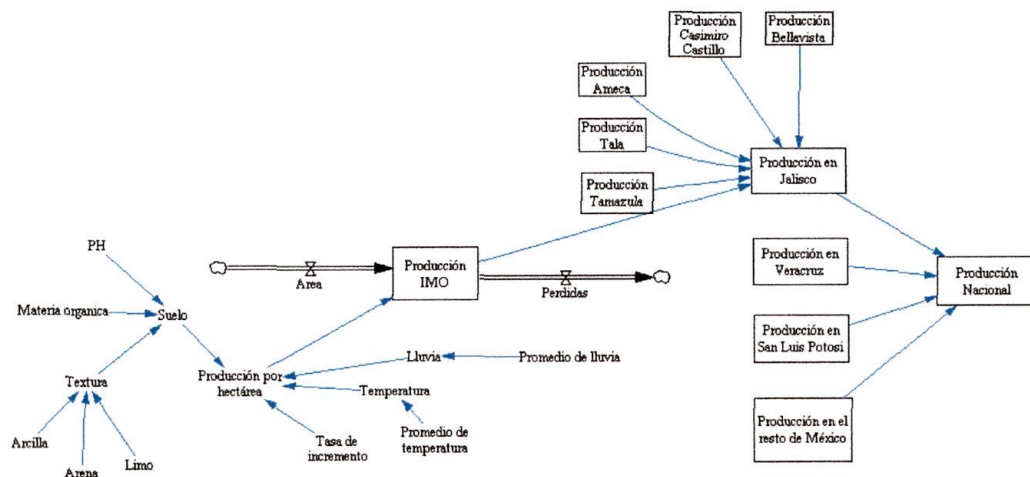
Figura 9. Mapa de materia orgánica del valle de El Grullo-Autlán

Con la generación de los mapas temáticos se buscó que los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán tuvieran una herramienta inicial de manejo de sus tierras al observar en ellos los problemas que se puedan tener sobre estas tres variables (textura, pH y materia orgánica). La siguiente información muestra la generación de escenarios propicios para la caña de azúcar en cuanto al manejo de las variables antes mencionadas y las variables climáticas (precipitación y temperatura), así como la validación de las mismas.

5.4 Generación de los escenarios para la producción de caña de azúcar para el periodo 2010-2020, con apoyo del software VENSIM

5.4.1 Simulación con el software VENSIM

Con base a estos valores regionales se presentó el siguiente esquema de corrido donde se muestran de manera gráfica las variables que fueron utilizadas en dicha simulación (Gráfica 14).

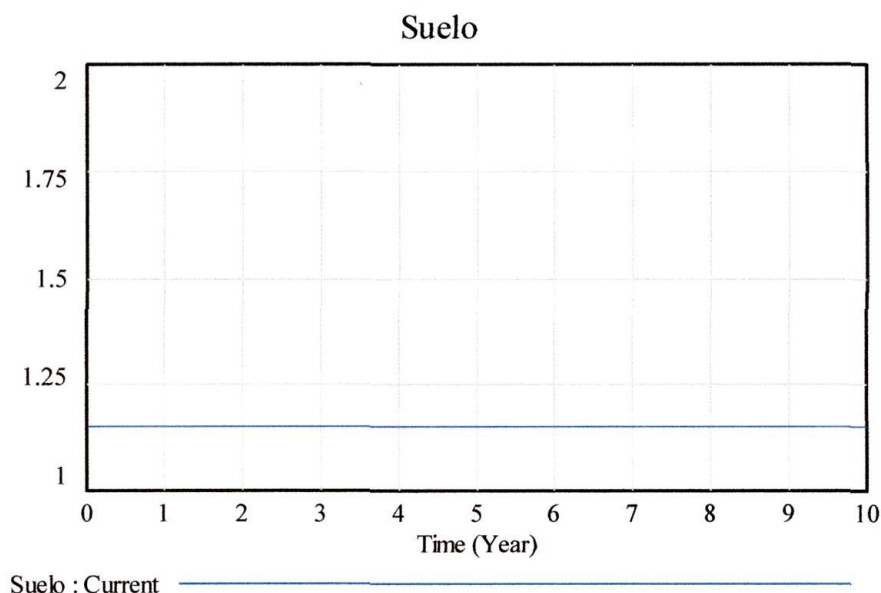


Gráfica 3. Esquema que muestra el modelo con las variables base utilizadas en el corrido de simulación mediante el software VENSIM para la parte regional (valle de El Grullo-Autlán) y nacional

5.4.1.1 VARIABLE SUELO

Considerando las anteriores variables como lo fue la textura, el pH, la materia orgánica y la precipitación (lluvia), todos con valores promedio y su influencia sobre la producción por hectárea, se tiene que tomando un “lookup” cuyo valor sea de uno (1), como un dato promedio base para el cultivo de la caña de azúcar, las variables del “suelo” serán constantes.

Esto es, que si las condiciones del suelo fueran modificadas bien sea por simulación o en la parcela, en consecuencia se modificaría la dinámica de las demás variables y por ende la producción de caña de azúcar (ton/ha) (Grafica 15).



Gráfica 4. Proyección variable suelo, tomando un “lookup” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2010-2020 para el valle de El Grullo-Autlán)

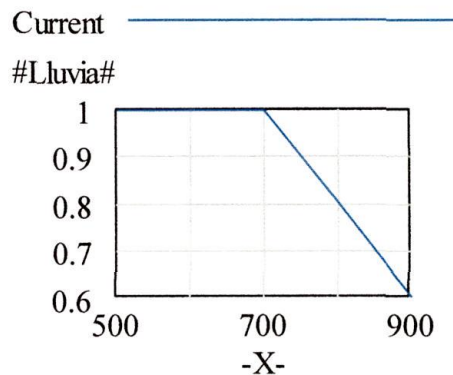
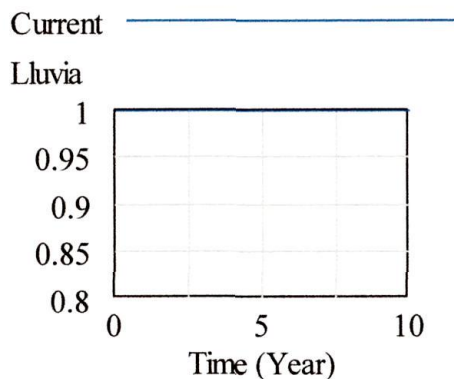
En la anterior gráfica se puede observar como partiendo de que el valor 1 es el óptimo en el manejo del suelo actual, el comportamiento del mismo será

constante, esto es, que mientras se mantengan las condiciones actuales de las tierras, la producción (ton/ha) se mantendrá con ligeras bajas o elevaciones en dicha producción en el periodo 2010-2020.

5.4.1.2 VARIABLE PRECIPITACIÓN (MM)

Para el caso de la precipitación (mm) o lluvia cuyos valores promedio utilizados para el corrido están entre los 700 y 900 mm /año y la temperatura con valores promedio de entre 25 y 29 °C, el comportamiento sería similar a la variable suelo. Esto es que mientras el “*lookup*” se mantenga en 1, también estas variables serán constantes. Pero en caso que salieran de este rango las afectaciones en la producción de caña de azúcar tendrían un decremento conforme se alteraran estas variaciones climáticas. Las siguientes gráficas de estas dos variables manifiestan dicha constancia. (Gráfica 17 y 18).

Para el caso de la precipitación (mm) o lluvia cuyos valores promedio utilizados para el corrido están entre los 700 y 900 mm /año y la temperatura con valores promedio de entre 25 y 29 °C, el comportamiento sería similar a la variable suelo. Esto es que mientras el “*lookup*” se mantenga en 1, también estas variables serán constantes. Pero en caso que salieran de este rango las afectaciones en la producción de caña de azúcar tendrían un decremento conforme se alteraran estas variaciones climáticas. Las siguientes gráficas de estas dos variables manifiestan dicha constancia. (Gráfica 16 y 17).



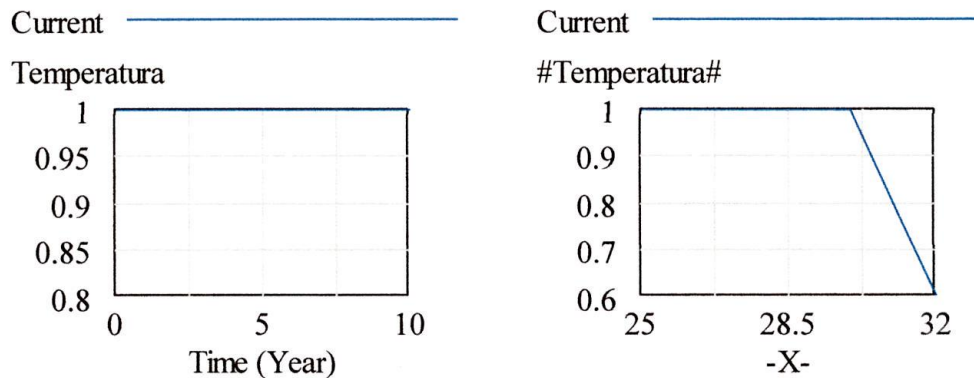
Promedio de lluvia
Current: 600

Gráfico 5 y Gráfico 6. Proyección variable precipitación (lluvia), tomando un “lookup” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2010-2020 para el valle de El Grullo-Autlán)

Obsérvese en las gráficas anteriores como cuando el valor de la variable precipitación (lluvia) es 1 (uno), la variable se mantiene constante, pero cuando los rangos de precipitación son alterados a valores menores a uno (1), la producción se ve afectada, generando con ello su decremento.

5.4.1.3 VARIABLE TEMPERATURA (°C)

Para el caso de la temperatura fue algo similar. Las siguiente gráfica (18) muestra dicho comportamiento



Promedio de temperatura
Current: 27

Gráfico 7. Proyección variable temperatura promedio tomando un “lookup” con valor de 1, valor óptimo en el corrido simulado de esta variable (proyección 2011-2020 para el valle de El Grullo-Autlán)

La gráfica anterior muestra el mismo comportamiento tanto de la temperatura (°C), como del mismo suelo. En ella se puede ver también como si el valor de uno (1) decrece, disminuye también la producción.

5.4.1.4 PRODUCCIÓN TON/HA., EN EL VALLE DE EL GRULLO-AUTLÁN

Aunado a lo anterior y como parte de los valores actuales de producción de caña de azúcar en ton/ha se tiene que con valores hasta el 2013 de una producción promedio de caña de azúcar de 94 ton/ha. Y con valores promedio de suelo en cuanto a textura *franco arenosa*, pH de 6.5 y materia orgánica del 1%, la proyección a 10 años (2010-2020), la simulación sería la siguiente (Gráfica 19):

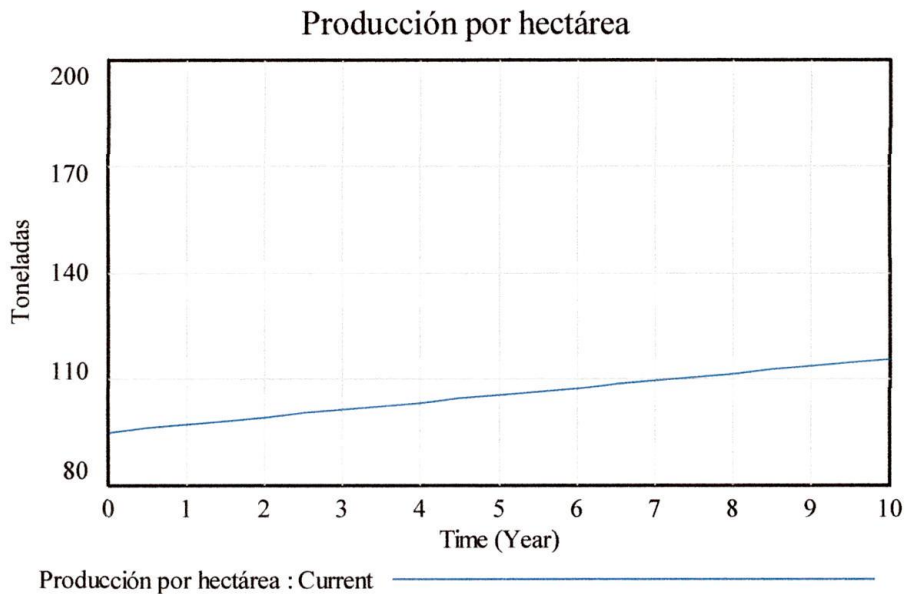


Gráfico 8. Proyección de la producción por hectárea de la caña de azúcar (ton/ha) en el valle de El Grullo-Autlán para el periodo 2010-2020

En la anterior gráfica se puede observar la tendencia a un aumento gradual de un aproximado de 2 toneladas por año, esto es, poco más de veinte toneladas por hectárea más de producción de caña de azúcar para el año 2020 (producción promedio a los próximos 10 años, la cual puede presentar ligeras variaciones en este periodo), si los valores de suelo (textura, pH y materia orgánica) y clima (precipitación y temperatura), se mantienen o ligeramente se mejoran, como en el caso de la materia orgánica con la adición de abonos orgánicos.

Pero de existir una mejora en el manejo de los suelos en cuanto a estas variables, el aumento en estos próximos 10 años pudiera ser mucho mejor, quizás presentándose años con valores arriba de las 5 toneladas por hectárea más, y también en relación a la mayor o menor superficie que se fuera a sembrar. La mejora de los suelos estaría supeditada a la aportación de dichos abonos orgánicos que den al suelo una garantía de enriquecimiento de nutrientes, lo que se vería reflejado en un mejor pH tolerable aún más al cultivo de la caña de azúcar.

5.4.1.5 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR POR HECTÁREA EN EL INGENIO MELCHOR OCAMPO

La siguiente gráfica (20) nos muestra como la producción de manera general tenderá a un crecimiento exponencial para el Ingenio “Melchor Ocampo” en el periodo 2010-2020, con valores promedio de producción de media tonelada.

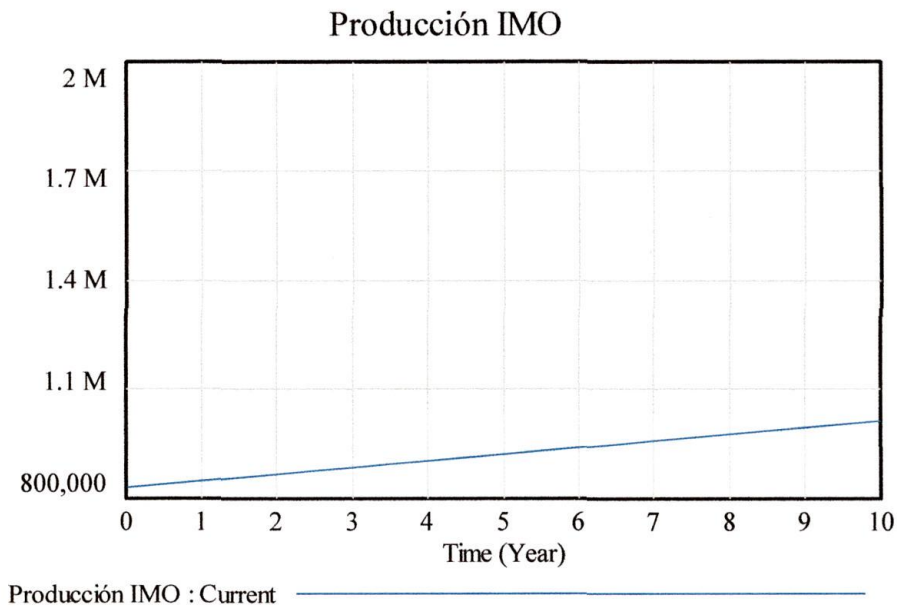


Gráfico 9. Proyección de la producción global en el Ingenio “Melchor Ocampo” en los Próximos 10 años (2010-2020)

Obsérvese en la gráfica anterior como la producción tenderá a ser ligeramente exponencial con los valores promedio de suelo (textura, pH y materia orgánica). Esto es que los valores actuales de estas variables tienden a dar al suelo un comportamiento positivo en la producción de caña de azúcar, que los decrementos de esta variable que se pudieran presentar, reflejarían una disminución en la producción, y que los incrementos de la misma podrían manifestarse en una mejor producción. De esto dependerá en gran medida de la toma de decisiones de las dos organizaciones cañeras de este valle (CNPR y CNC), quienes decidirán el futuro para una mejor producción en esta región.

La anterior simulación permitió vislumbrar el comportamiento de las variables que permiten al suelo el tener una mayor o menor producción de caña de azúcar en este valle. Variables como la precipitación (lluvia) y la temperatura, así como el mismo suelo con sus variables de textura, pH y materia orgánica, permitieron mostrar como su dinámica productiva se puede ver mermada con la alteración natural (lluvia) o alterada (antropogénica) en los valores de pH y materia orgánica, no así de textura, la cual se considera una variable de no grandes cambios en cortos tiempos.

Pero esta simulación no mostró en su total corrido las alteraciones que uno hubiera querido encontrar con el software VENSIM, por lo que se procedió a buscar otra serie de alternativas de simulación por lo que se utilizó el Programa de Microsoft Office de EXCEL, del SPSS y lo proyectado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la SAGARPA, encontrándose lo siguiente:

5.5 Validación de la simulación mediante los softwares Microsoft Office de EXCEL, SPSS y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la SAGARPA.

5.5.1 Programa de Microsoft Office de EXCEL (1ª Validación)

Con el apoyo del Programa de Microsoft Office de EXCEL se verificó la dinámica de la producción (ton/ha) de la caña de azúcar en este valle. Se correlacionó la variable *producción (ton/ha)*, con las variables *precipitación pluvial (mm)* y *temperatura (°C)* en el periodo 2001-2014.

5.5.1.1 PRODUCCIÓN (TON/HA) VS. PRECIPITACIÓN (MM)

En cuanto a la primera relación de la Producción (ton/ha) con la Precipitación (mm), se observó cómo en el periodo 2001-2014 la Precipitación ha sido una variable que, si ha tenido influencia en la producción de caña de azúcar, ya que conforme el temporal de lluvias es bueno, la producción media por hectárea tiene a ser mayor, pero sobre todo si la estacionalidad no se ve alterada (Gráfica 21).

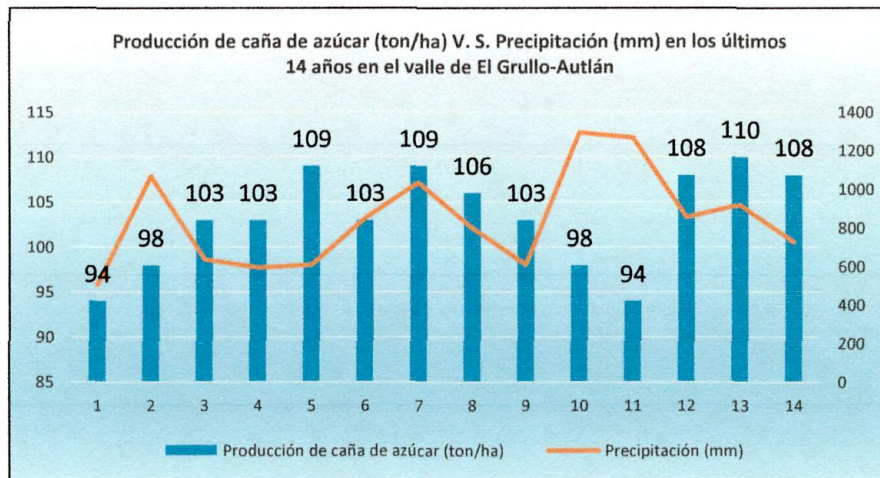
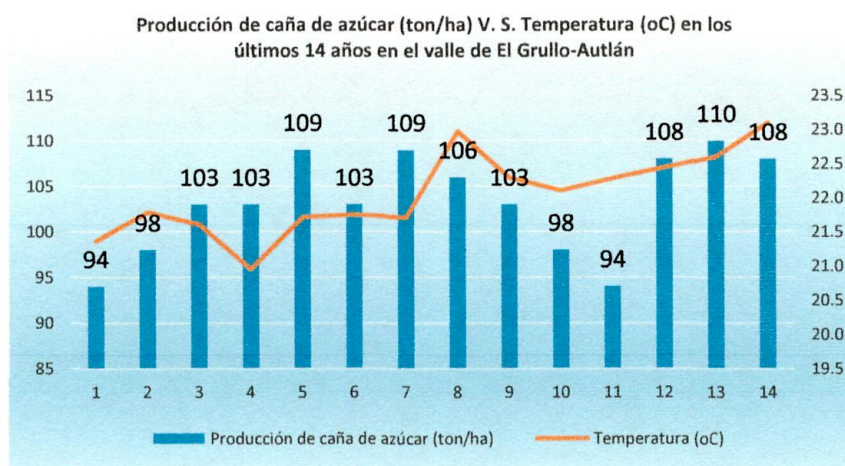


Gráfico 10. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con la Precipitación (mm) en el periodo 2001-2014. (Elaboración propia).

Obsérvese en la gráfica anterior como de manera general en los últimos 14 años la producción de caña de azúcar tendió a aumentar conforme se presentaba más precipitación. Esto corrobora el sentir de los agricultores de este valle al señalar que la humedad ha sido un factor primordial en la disminución de su cosecha cuando este se escasea.

5.5.1.2 PRODUCCIÓN (TON/HA) VS. TEMPERATURA (°C)

En lo que respecta a la producción de la caña de azúcar en relación con la temperatura. La tendencia de manera general fue que esta se mantuvo constante en este periodo. Esto es, que esta variable no presentó motivo aparente de intervención en la producción de caña de azúcar (Gráfica 22).



Gráfica 22. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con la Temperatura (oC) para el periodo 2001-2014. (Elaboración propia).

En la gráfica anterior se observa como el factor temperatura no tuvo incidencia aparente sobre la producción de caña de azúcar en el periodo 2001-2014. De hecho es una variable que a los menos en estos últimos años no tuvo esa injerencia (según palabras de técnicos de campo de la CNPR), pero que se considera importante si se toma en cuenta para las siguientes décadas dado el cambio climático que se avecina y el cual pudiera tener gran impacto en la estacionalidad del factor humedad (lluvia).

5.5.1.3 PRODUCCIÓN (TON/HA) VS. SUELO

En cuanto a la relación Producción (ton/ha) vs. Suelo, las relaciones fueron más precisas, ya que conforme la precipitación se ve afectada por la falta de estacionalidad, pero sobre todo por la disminución de la misma, el suelo tiende a presentar menor producción (Gráfica 23).

Obsérvese la gráfica como conforme la precipitación (mm) disminuye, esta ve afectado al suelo. Para el periodo 2001-2012 esta fue la dinámica productiva, razón por la cual los productores señalan constantemente como el factor humedad es uno de los principales agentes que afectan sus cultivos, principalmente en cuanto a la caña de azúcar se refiere, aunada a la gran demanda que existe de este recurso.

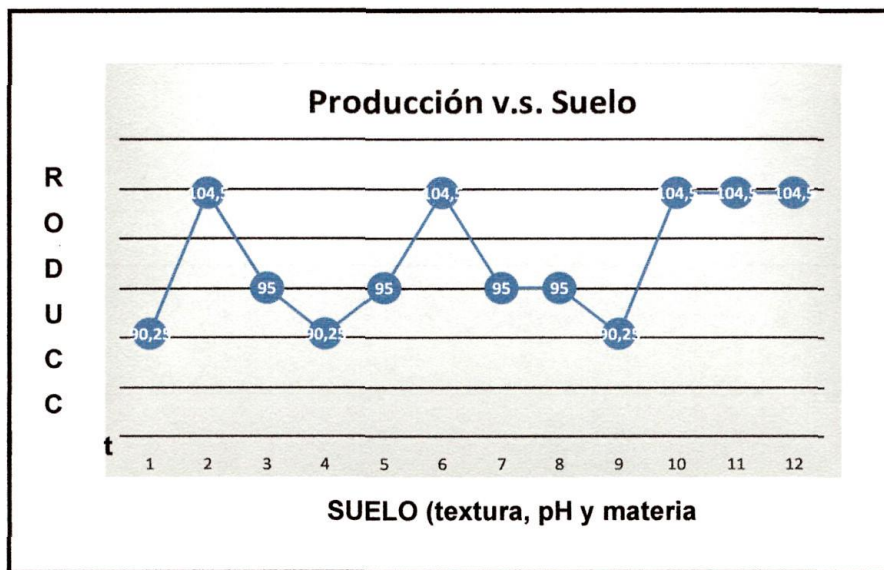


Gráfico 11. Comportamiento de la producción de caña de azúcar (ton/ha) en relación con el suelo (textura, pH y materia orgánica), periodo 2001-2012. (Elaboración propia).

Por otra parte, y como se ha mencionado en anteriores párrafos, uno de los principales factores que más ha señalado el productor de este valle que repercute, según sus propias palabras en el desarrollo de la caña de azúcar, ha sido dicha humedad, por lo que para este fin se analizó mediante el software SPSS (versión 15), la dinámica de las variables Producción (ton/ha), Precipitación (mm) y Temperatura (°C). El siguiente punto aborda y analiza dicha situación.

5.5.2 SOFTWARE SPSS (VERSIÓN 15) (2ª VALIDACIÓN)

Se aplicaron modelos de regresión simple por medio del *software SPSS (versión 15)*, para determinar el grado de dependencia entre las variables Producción (ton/ha), en relación con la precipitación (mm) y la temperatura (°C). A continuación se presentan los resultados de dichos modelos:

5.5.2.1 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (TON/HA) Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN (MM).

En lo que respecta a la producción de caña de azúcar y su dependencia con la precipitación se aplicaron los siguientes modelos de regresión curvilínea: *lineal, logarítmica, cuadrático, cúbico y exponencial* (Grafica 24). En este caso el modelo cuadrático y el cúbico fueron estadísticamente significativos (Tabla 16).

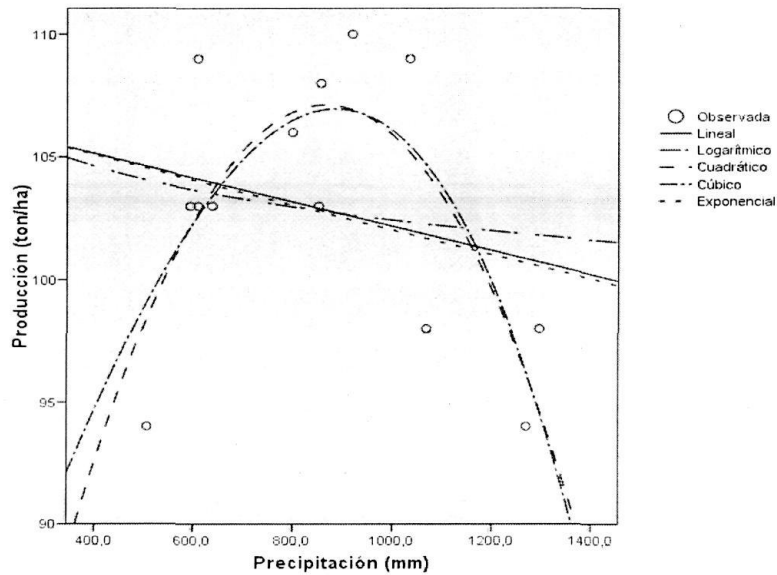


Gráfico 12. Análisis de Regresión curvilínea para la producción de caña de azúcar y su relación con la precipitación, mediante los modelos lineal, logarítmica, cuadrática, cubico y exponencial.

En la gráfica anterior se puede observar como la relación entre la precipitación (mm) y la producción de caña de azúcar (ton/ha) varía dependiendo de dónde se empiece sobre la línea ajustada. Esto es, si la precipitación aumenta anualmente 100 mm, la producción tiende a aumentar aproximadamente 2.5 ton/ha.

Pero en caso contrario ese aumento gradual de la precipitación será constante en la parte productiva cuando ésta alcance de los 900 a los 1000 mm anuales de lluvia, pero la producción decrecerá cuando se rebasen dichos 1000 mm anuales. Es decir, a mayor sequedad, menor producción e igualmente a mayores precipitaciones de lluvia la producción tiende a decaer por el anegamiento de las parcelas y la producción y pérdida del cultivo. La siguiente tabla muestra dicho comportamiento:

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constant e	b1	b2	b3
Lineal	0,053	0,618	1	11	0,448	107,106	-0,005		
Logarítmica	0,017	0,194	1	11	0,668	118,941	-2,390		
Cuadrático	0,566	6,511	2	10	<u>0,015</u>	56,694	0,117	-6.73E-005	
Cúbico	0,541	5,889	2	10	<u>0,020</u>	73,644	0,056	0,000	-2.40E-008
Exponencial	0,055	0,642	1	11	0,440	107,175	-4.92E-005		

Variable dependiente: PRODUCCIÓN PROMEDIO

La variable independiente es Pp.

Tabla 6. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Precipitación (mm)

De acuerdo a los resultados presentes en la tabla 16 se observa que de todos los modelos de regresión aplicados, solo el modelo cúbico y cuadrático fue estadísticamente significativos. Con ello se prueba que si existe dependencia cúbica y cuadrática entre la producción y la precipitación. La dinámica entre estas dos variables es muy estrecha, situación que nuevamente recae en los comentarios de los productores en general al señalar que la lluvia juega un papel relevante en el rendimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, siempre y cuando ésta se presenta de manera equilibrada y de acuerdo a las necesidades óptimas del cultivo.

Al respecto Sánchez et al. (2002) menciona en un estudio que realizaron sobre suelos, que la influencia de la precipitación sobre el rendimiento de la caña de azúcar tiene un efecto significativo sobre la producción. Asimismo Vásquez (2015) señala también que el clima por intermedio de la lluvia juega un papel muy importante en la producción de caña observándose que el periodo crítico para incrementar los rendimientos se encuentra en el periodo de Diciembre a Mayo, esto es en la época de mayor estiaje. En cuanto a la producción con respecto a la temperatura, se tiene lo siguiente:

5.5.2.2 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (TON/HA) Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA (°C).

Se estimó la producción de caña y su relación con la temperatura mediante una Regresión curvilínea” con los siguientes modelos: *lineal*, *logarítmica*, *cuadrático*, *cúbico* y *exponencial* (Grafica 25). Para todos los casos no se encontró un modelo de regresión significativo; es decir no existe dependencia entre la producción de caña de azúcar y la temperatura (Tabla 17).

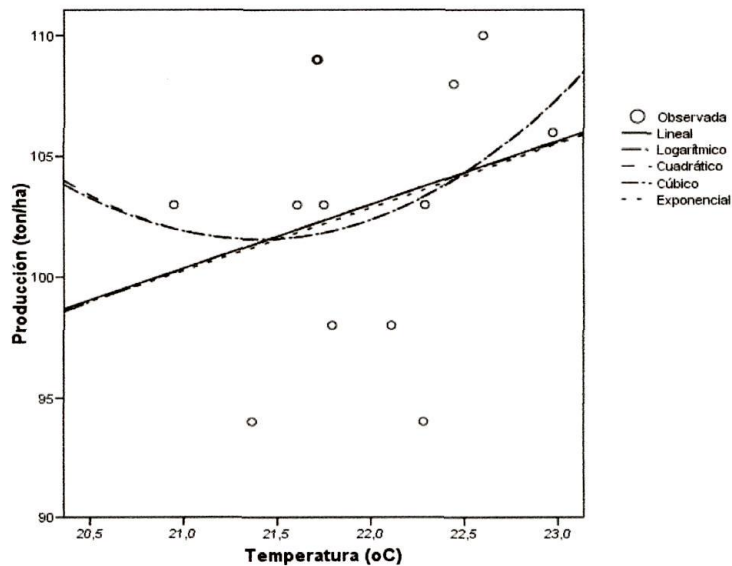


Gráfico 13. Análisis de Regresión curvilínea para la producción de caña de azúcar y su relación con la temperatura, mediante los modelos lineal, logarítmica, cuadrática, cubico y exponencial.

En la gráfica anterior se observa como ninguno de los modelos estadísticos aplicados se ajusta a los datos de temperatura, por lo que no se presenta relación alguna entre las variables producción y temperatura. Asimismo los análisis mostraron el siguiente comportamiento (Tabla 17).

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,068	0,807	1	11	<u>0,388</u>	44,910	2,641		
Logarítmica	0,067	0,793	1	11	<u>0,392</u>	-74,794	57,526		
Cuadrático	0,090	0,492	2	10	<u>0,625</u>	1146,787	-97,684	2,282	
Cúbico	0,090	0,493	2	10	<u>0,625</u>	434,269	0,000	-2,180	0,068
Exponencial	0,066	0,781	1	11	<u>0,396</u>	58,632	0,026		

Variable dependiente: *PRODUCCIÓN PROMEDIO*

La variable independiente es Temp.

Tabla 7. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Temperatura (°C).

De acuerdo a los resultados observados en la tabla anterior la probabilidad en todos los modelos de regresión fue mayor a *0.05* con lo cual se demuestra con una confianza del 95% que no existe dependencia entre la producción de caña de azúcar con la temperatura. Esto puede deberse al hecho de que la temperatura no representó un riesgo para la producción de caña de azúcar en el periodo 2001-2014.

Al respecto Subiros (1995) señala que la temperatura tiene un efecto indirecto al aumentar la evapotranspiración, esto siempre y cuando las condiciones de riego sean mínimas y la ausencia de riego este presente. Por otra parte este mismo autor menciona que la producción por hectárea no se ve afectada por la temperatura, pero si en la calidad del cultivo en cuanto a sacarosa se refiere, aumentando la misma cuando la precipitación está ausente.

Posteriormente y con la finalidad de realizar una comparación de validación en los datos del comportamiento del cultivo de la caña de azúcar generados mediante los anteriores software y programas, se realizó un análisis con lo que reporta para México el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés, 2009,), mediante el razonamiento analítico de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA (2011). Teniéndose lo siguiente:

5.5.2.3 PROYECCIONES DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS (USDA), Y LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA) (3ª VALIDACIÓN)

En información general y con lo creado por éstas dos dependencias (una nacional y la otra internacional), se señala que el precio de la azúcar ha incentivado el aumento de la producción en los últimos años, al aumentar la superficie de siembra en poco menos de 100 mil hectáreas (de 667 mil hectáreas a 750 mil hectáreas) en la zafra 2010-2011 (12.3% más).

Asimismo, el estado de Veracruz sigue siendo el mayor productor de caña de azúcar en los últimos años con el 40.5 % de la producción nacional, dejando a Jalisco también como entre los máximos productores con el 12.4 %, San Luis Potosí con el 8.1 y Oaxaca con el 6.3 % respectivamente (CONADESUCA, 2015).

Con la anterior información y como parte importante para la proyección de la variable Producción (ton/ha) de El valle de El Grullo-Autlán, mediante el comportamiento para el periodo 2010-2020, se dio a la tarea de que una vez analizada la información mediante el corrido del software VENSIM, se buscara

otra respuesta que coincidiera o validara lo ya encontrado mediante el corrido de dicho software.

5.5.2.4 RELACIÓN DE LAS PROYECCIONES REALIZADAS Y LA GENERADA POR LA SAGARPA-USDA

Al respecto se relacionó las gráficas generadas con el software VENSIM, donde se reporta de manera local (valle de El Grullo-Autlán), el comportamiento de la Producción (ton/ha) de la caña de azúcar para los próximos 10 u 11 años, con las generadas por la SAGARPA para la parte nacional, mediante el apoyo de información del USDA.

Encontrándose que dichas proyecciones presentaban una coincidencia productiva exponencial para los próximos 10 años (Gráfica 26). Recordar que de manera local la simulación proyectada fue con datos de Producción en su relación con la Precipitación y la Temperatura.

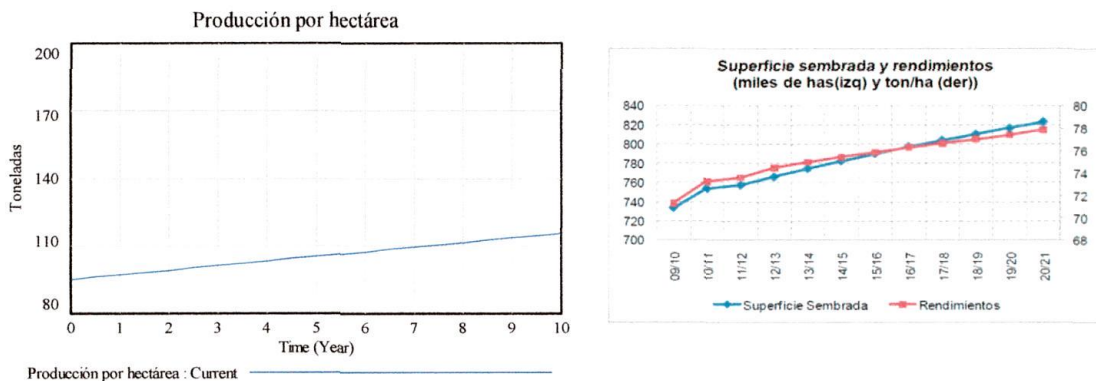


Gráfico 14. Proyección de la Producción (ton/ha) de la caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán (software VENSIM) (gráfica izq.), en relación con la Producción Nacional (ton/ha) (SAGARPA-USDA) (gráfica der.), para el periodo 2010-2020 y 2010-2021 respectivamente.

Obsérvese en la gráfica anterior, como la proyección para el periodo 2010-2021 por parte de la SAGARPA-USDA, coincide en gran manera con la proyectada con el software VENSIM. En ellas se puede ver como la Producción media (ton/ha) será del orden aproximado de entre 7 y 10 ton/ ha, tanto para la parte local, como a nivel nacional, lo que refleja un ligero aumento en la producción para la siguiente década.

Sin embargo, es bueno señalar como parte de estas dos gráficas, la gran diferencia que existe entre la Producción media a nivel nacional, en relación con la local. Mientras la producción promedio para este valle es del orden de las 94 a 98 ton/ha o hasta más, la nacional anda de entre las 78 y 80 ton/ha (ver gráfica 12, derecha), lo que refleja que tanto la calidad de los suelos, como el mismo factor humedad juegan un papel relevante en la producción agrícola para esta región.

El siguiente punto aborda el sentir de los productores de caña de azúcar de este valley la relación con las organizaciones cañeras locales:

5.6 Sentir de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán y su relación con las Organizaciones Cañeras Regionales (CNPR, CNC e Ingenio Melchor Ocampo).

Uno de los grandes propósitos de este estudio es el de contribuir en forma objetiva al desarrollo y bienestar de esta región, quien por medio de las organizaciones agrícolas buscan la prosperidad de las mismas, pero sobre todo de los productores mismos, lo que puede coadyuvar en un mejor progreso agrícola y por ende en una mejor calidad de vida en sus habitantes. Los siguientes resultados muestran el sentir de los productores de caña de azúcar del valle del Grullo-Autlán en relación con las organizaciones cañeras locales.

Se aplicó la prueba no-paramétrica chi-cuadrada (X^2) con la finalidad de detectar el nivel de confianza de las respuestas de los entrevistados. Dicho análisis reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las respuestas de los productores a los cuestionamientos elaborados (Tabla 18).

	P6	P7	P8	P9	P10
Chi-cuadrado(a,b,c,d)	183,636	147,818	80,273	361,485	307,545
G1	5	5	4	4	5
Sig. asintót.	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

P6 = ¿Quién le otorga el financiamiento? P7 = ¿Cuál otorga el mejor financiamiento? P8 = Con base a la respuesta anterior ¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento? P9 = ¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña? P10 = ¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones?

Tabla 8. Prueba no-paramétrica chi-cuadrada (X^2)

Respecto al comportamiento de las respuestas de los entrevistados, se dio lo siguiente:

5.6.1 ¿Quién le otorga el financiamiento? Y ¿Cuál otorga el mejor financiamiento? (P 6 y 7)

Respecto a estas dos preguntas (6 y 7 de la encuesta), cuyas opciones de respuesta fueron: 0) *Sin respuesta*; 1) *Ingenio*; 2) *Caja Popular*; 3) *Banco* y 4) *Particular*: las respuestas señalan como más de la mitad considera que el Ingenio “Melchor Ocampo” mediante las Asociaciones Cañeras, otorgan el financiamiento y que dicha organización maneja las mejores opciones de crédito (Gráficas 27 y 28). Sin embargo la Caja Popular regional es otra muy buena opción para este fin, teniendo como tercera opción la vía particular.

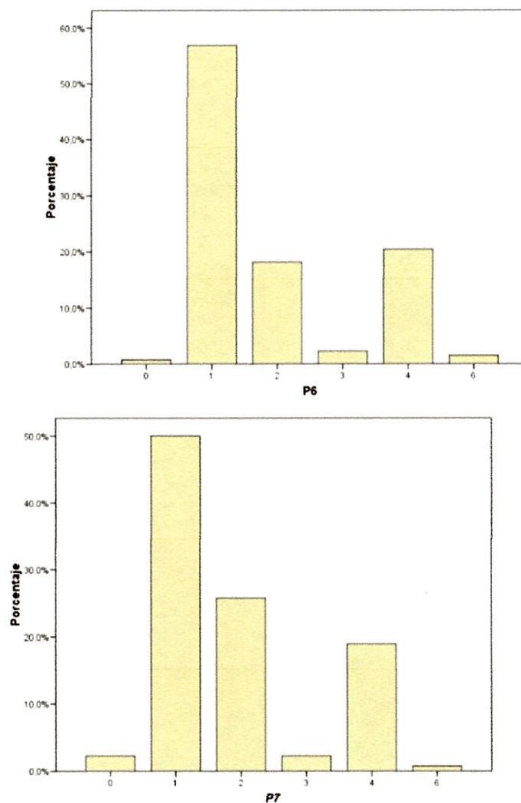


Gráfico 15 y 28. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a las preguntas: *¿Quién le otorga el financiamiento? (P6)* Y *¿Cuál otorga el mejor financiamiento? (P7)*.

El Ingenio es considerado en más del 50% como la mejor opción para otorgar financiamiento, así como el mejor financiamiento. Siendo la Caja Popular regional la otra opción con cerca del 30%.

5.6.2 Con base a la respuesta anterior ¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento? (P8)

Al respecto se les dio opción con 5 tipos de respuesta: 0) Sin respuesta; 1) *Porque me cobra menos interés;* 2) *Porque me otorga el crédito más fácil;* 3) *Porque no me molesta tanto aun debiéndole poco* y 4) *Porque es la mejor*. El

sentir de los entrevistados fue contundente al señalar que los intereses son más bajos con los préstamos del Ingenio, aunado a que les facilitan el crédito y considerando que es la mejor opción (Gráfica 28).

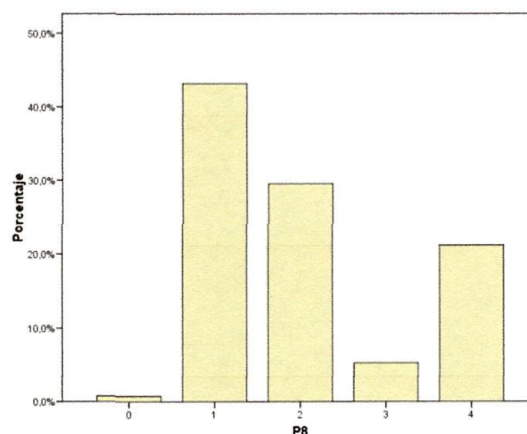


Gráfico 16. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán con base a la pregunta: *¿Por qué considera que esta sea la mejor fuente de financiamiento? (P8)*

Más del 40% de los encuestados considera el apoyo del Ingenio “Melchor Ocampo” como algo fundamental para el cultivo de su caña, ya que les cobra menos interés, además de darles el crédito con más facilidad (30%). Aunado a que piensan que es la mejor opción (20%).

5.6.3 ¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña? (P 9)

A este cuestionamiento cuyas opciones de respuesta fueron: 1) *Totalmente de acuerdo*; 2) *De acuerdo*; 3) *Indiferente*; 4) *En desacuerdo* y 5) *Totalmente en desacuerdo*. El grueso de las respuestas señaló que el apoyo de las Asociaciones Cañeras es muy importante para la siembra de su caña.

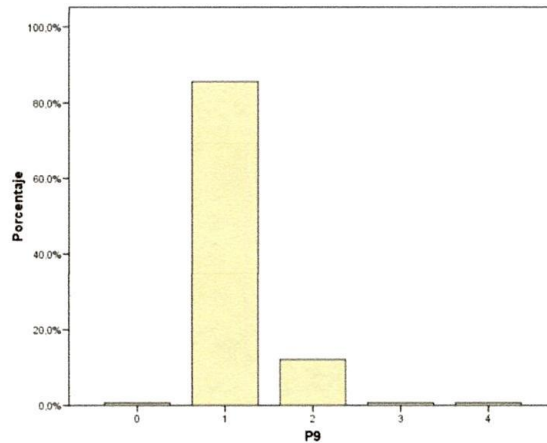


Gráfico 17. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta: *¿El apoyo de las Asociaciones Cañeras es importante para la siembra de su caña? (P9)*

Más del 80% de los encuestados señala que el apoyo de dichas Asociaciones ha sido un factor importante en la siembra de su caña, pero si a esto le sumamos el otro 15% de los que están de acuerdo, entonces se puede afirmar que el 100% afirma que las Asociaciones son un factor importante en el cultivo de la caña de esta región (Gráfica 29).

5.6.4 ¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones? (P10)

Con base a las respuestas de apoyo: 1) *Totalmente de acuerdo*; 2) *De acuerdo*; 3) *Indiferente*; 4) *En desacuerdo* y 5) *Totalmente en desacuerdo*. Los encuestados señalaron en su mayoría que si reciben a tiempo los apoyos por parte de las Asociaciones. Si a esto sumamos que cerca de una séptima parte también está de acuerdo en dicho apoyo, la conformidad aumenta aún más por parte de los productores de caña de este valle.

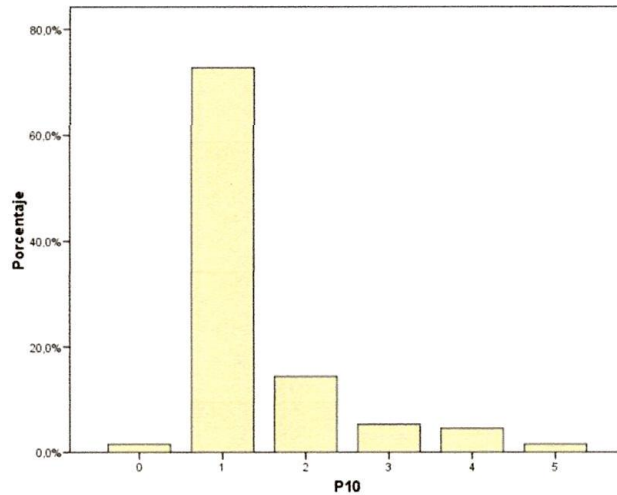


Gráfico 30. Respuestas de los productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán a la pregunta: ¿Recibe a tiempo los apoyos de asesoría agrícola por parte de las Asociaciones? (P10)

Se puede observar como más del 70% de los encuestados señala el estar completamente de acuerdo al recibir a tiempo los apoyos por parte de las Asociaciones Cañeras, lo que sumado al 15 % de los que están de acuerdo, el nivel de confianza de los productores a estas Asociaciones se eleva a más del 80% (Gráfica 30).

Con respecto al apoyo de las Asociaciones Cañeras, éstas no se presentaron como un problema para la mayoría de los productores de caña de azúcar, ya que el mismo ha sido fundamental para que los productores lleven a buen fin el manejo de sus cosechas de caña de azúcar mediante la siembra y compra de su producto. Asimismo, el manejo de los créditos por parte de estas Organizaciones con el otorgamiento de los mismos, han sido fluidos y expeditos en el momento de su solicitud.

CAPÍTULO VI

6 Conclusiones y Discusión

Las conclusiones son presentadas de acuerdo a los 4 objetivos particulares planteados:

6.1 Problemática planteada

Al respecto algunos de los problemas que manifiestan los agricultores de las dos principales organizaciones cañeras de este valle, es el *alto costo de los fertilizantes, así como el agotamiento de sus suelos cosecha tras cosecha*, así como el factor *humedad*, como principales problemas que se enfrentan año con año. Así lo demostró la generación de los mapas temáticos de suelos en su variables textura, pH y materia orgánica, los cuales mostraron como la materia orgánica presenta a través de todos el valle valores menores al 1%, situación que obliga a los productores a buscar alternativas para el enriquecimiento de sus suelos, independientemente de los fertilizantes convencionales.

De manera general se puede señalar que tanto las Asociaciones Cañeras e Ingenio Melchor Ocampo (IMO), no se presentaron como un problema para la mayoría de los productores de caña de azúcar, ya que el apoyo de estas organizaciones ha sido fundamental para que lleven a buen fin el manejo de sus cosechas de caña de azúcar. Asimismo el manejo de los créditos por parte de estas Asociaciones con el otorgamiento de los mismos, han sido fluidos y expeditos en el momento de su solicitud.

Esta información se considera debe de ser discutida a lo interno de las dos Organizaciones Cañeras de este valle, para que se tomen las medidas pertinentes al respecto. Es innegable que el factor precipitación y temperatura, son factores extrínsecos al manejo de los productores, ya que depende de causas ajenas a ellos. Pero el factor que si se puede por lo menos mantener dentro de los estándares productivos óptimos, es el edáfico, ya que al ser este un factor de control por parte de los productores de caña de azúcar, permite que éstos lo puedan modificar por el bien de la producción misma. Sin embargo es importante comunicar tanto a lo interno de las Organizaciones Cañeras, como a los mismos productores que este factor puede ser beneficiado por varias acciones, no solo con los fertilizantes convencionales, los cuales a la larga y con el exceso del uso pueden contaminar sus tierras, así como los mantos acuíferos cercanos, aunado a que el factor económico se les vea mermado.

Estudios realizados por Sandoval et al. (2013), Señalan que una de las grandes preocupaciones de los productores de este valle son precisamente los altos costos que se manejan actualmente con los fertilizantes convencionales, y que ellos estarían de acuerdo en utilizar abonos orgánicos siempre y cuando alguien les mostrara la forma de utilización de los mismos, esto es, que hubiera una capacitación y asesoría continua sobre el uso del abono orgánico.

Dicho estudio anterior también arrojó que los fertilizantes convencionales no son antagónicos de los abonos orgánicos, ya que uno complementa al otro y viceversa. Mientras con el convencional se obtiene un resultado rápido en la cosecha, el orgánico permite que el suelo no se agote con el paso del tiempo, ya que su incorporación y la toma del mismo por la raíz de la planta son más tardías.

De manera general la producción de la caña de azúcar presenta año con año y entre décadas un vaivén en su producción debido principalmente a eventos

económicos, donde sobresale la oferta y la demanda de este recurso, aunado a una sobreproducción, como sucedió en estos dos últimos ciclos (2013-2014), tanto a nivel internacional, como nacional, no se diga de manera local, donde la producción por hectárea rebasó las 107 toneladas, cuando el promedio, que por cierto ya era bueno a nivel nacional de esta región, era de las 94 ton/ha, e inclusive de hasta 97 ton/ha).

Pero el factor que está haciendo más vulnerable a la producción de caña de azúcar, bien sea para obtener una buena producción e inclusive una producción menor, es el clima, ya que debido a su falta de estacionalidad ha hecho a palabras de los productores. *“acomodarse al mismo, porque les cambia mucho en corto tiempo. cosa que antes no sucedía”*. Aunque cabe señalar que en éstos últimos 3 años ha sido beneficioso, pero que puede cambiar de una año a otro).

Pero la otra cara de la moneda y que no se ve reflejada en el productor, es la sobreproducción nacional de azúcar gracias a la implementación de diversos componentes de productividad que se han aplicado en el campo cañero del país, como la mecanización del mismo, más y mejores variedades de caña de azúcar adecuadas para cada zona productora, la incorporación de nuevas parcelas de riego y la eficiencia de la cosecha; el clima benévolo en los últimos 3 años que obró favorablemente para el desarrollo del cultivo, lo que refleja una mayor calidad de caña y un mejor rendimiento de toneladas de la gramínea por hectárea; por lo que para el ciclo 2013-2014 produjo casi siete millones de toneladas del endulzante (Blackaller, 2014).

A esto, se debe sumar la sobreproducción mundial de azúcar, que trajo consigo la baja en la cotización de esta materia prima gracias al buen clima y al aumento de la superficie cosechada en países como Brasil, India, China, Estados Unidos” (CONADESUCA, 2013), por lo que de manera local se debe de

planificar las posibles opciones que se pudieran tener como emergencia a estas vicisitudes.

6.2 Generación de los mapas temáticos con base a los datos de suelos

La generación de los mapas temáticos de este trabajo, es una aportación de consulta tanto para productores, como para técnicos de campo de las dos principales organizaciones cañeras de este valle (CNPR-CNC). En ellos se plasma el factor suelo, que mediante variables como textura, pH y materia orgánica, nos muestran las zonas susceptibles de manejo de acuerdo a este indicador, por lo que las recomendaciones son de manera general, ya que de manera particular pueden acudir con servidor para orientarlos. Al respecto señalar de manera específica que el comportamiento de las propiedades textura, pH y materia orgánica fue muy variable de acuerdo a los resultados encontrados.

En lo que respecta a la variable textura, se observó cómo los suelos del valle de El Grullo-Autlán presentan texturas adecuadas para el desarrollo y crecimiento de los cultivos en más del 60% de su superficie agrícola y que además sus suelos de textura franca tendiente a la arena hace de ellos excelentes tierras para cultivo. Lo que en primera instancia pudiera dar respuesta a esa gran producción de caña de azúcar que se ha tenido en los últimos dos años, ya que esta característica de textura hace que el suelo se oxigene con mayor facilidad, así como dar facilidad al paso del agua, humedeciendo y conservando la misma con la retención de los limos y las arcillas.

Asimismo el pH fue otro factor tematizado, en él se encontró, que en la mayoría de este valle (> 60%), los suelos presentaron pHs neutros, lo que reafirma que la calidad de estos suelos es eminente, ya que el cultivo de la caña se

desarrolla en este tipo de rangos de pH. Sin embargo cabe señalar que el 30 % del valle presenta suelos con tierras bajas, lo que los hace susceptibles a acidificarse.

A su vez la variable materia orgánica fue y es uno de los indicadores más monitoreados tanto por productores, como técnicos de campo. Al respecto este factor desgraciadamente presento de manera general y en más del 85 % del valle tierras con valores pobres en materia orgánica ($\leq 1\%$), situación que debe de verse atendida año con año y cosecha tras cosecha con la aplicación de abonos orgánicos para una riqueza a largo plazo, pero dado que los productores requieren de resultados inmediatos en sus cosechas de acuerdo a las deficiencias detectadas, es importante seguir con la aplicación del fertilizante convencional, que a la larga será apoyado por el orgánico, complementando entre ambos el alimento completo a sus suelos.

Esto sería la parte relevante de algunas de las características físicas y químicas más importantes del suelo. Enseguida se hace hincapié en lo relacionado con la parte de simulación, utilizando para ello estas características como parte incluyente del suelo, que junto con el factor climático fueron a considerar las que más impactaban en la producción de caña de azúcar en este valle.

6.3 Generación de escenarios con el Software VENSIM

Bajo este modelo se encontró que el comportamiento del suelo será constante en los próximos diez años. Estos es mientras se mantengan las condiciones actuales de las tierras, la producción (ton/ha) se mantendrá con ligeras bajas o elevaciones. Asimismo cuando los rangos de precipitación se vean alterados, la producción también se verá afectada, generando con ello una

disminución de la misma. Respecto a la temperatura, esta no presentó a lo menos para los próximos diez años una injerencia muy marcada.

En cuanto a la producción por hectárea de la caña de azúcar para este valle, se observó con la simulación un ligero aumento de la producción del orden aproximado de las 2 toneladas por año, esto es, poco más de veinte toneladas por hectárea más de producción de caña de azúcar para el año 2020 (producción promedio a los próximos 10 años, la cual puede presentar ligeras variaciones en este periodo).

Esta tendencia de aumento será ligeramente exponencial si los valores de suelo (textura, pH y materia orgánica) y clima (precipitación y temperatura), se mantienen o ligeramente se mejoran, como en el caso de la materia orgánica con la adición de abonos orgánicos.

6.4 Validación con los software Microsoft Office EXCEL, SPSS y USDA-SAGARPA

6.4.1 Microsoft office EXCEL (1ª Validación)

Con respecto a este programa, se observó que la producción de caña de azúcar tendió a aumentar conforme se presentaba más precipitación. Esto corrobora el sentir de los agricultores de este valle al señalar que la humedad ha sido un factor primordial en la disminución de su cosecha cuando este se escasea. No así con el factor temperatura, que volvió a mostrar el mismo comportamiento del software VENSIM, de no injerencia en la producción para los próximos 10 o 12 años.

Respecto a la Producción (ton/ha) vs. Suelo, la relación fue más precisa, ya que conforme la lluvia se altera por una falta de estacionalidad, la producción tiende a ser menor, por lo que el factor suelo es uno de los más importantes en la producción de caña de azúcar, así lo manifiesta Sánchez et-al. (2002) en un estudio realizado, al señalar que dicho factor en relación con la productividad está relacionada con las características edafológicas (textura, materia orgánica, pH, profundidad y punto de saturación de bases (PSB). Asimismo señalan los mismos autores, que los horizontes endurecidos en el subsuelo y los niveles freáticos cercanos a la superficie contribuyen a la baja en el rendimiento del cultivo.

6.4.2 Software SPSS (2ª Validación)

En cuanto a la simulación con el software SPSS se encontró que al estimar la producción de caña y su relación con la precipitación y la temperatura mediante una Regresión curvilínea” y con los modelos: *lineal*, *logarítmica*, *cuadrático*, *cúbico* y *exponencial*, coadyuva directamente en la *precipitación*, donde se observa que de todos los modelos de regresión aplicados, solo el modelo cúbico y cuadrático fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$). Con ello se prueba que si existe dependencia cúbica y cuadrática entre la producción y la precipitación.

Para el caso de la *temperatura* y de acuerdo a los resultados observados, en todos los modelos de regresión fue mayor a 0.05 con lo cual se demuestra con una confianza del 95% que *no existe* dependencia entre la producción de caña de azúcar con la temperatura. Esto puede deberse al hecho de que la temperatura no representó un riesgo para la producción caña de azúcar en el periodo 2001-2014.

6.4.3 USDA-SAGARPA (3ª Validación)

Respecto a estas dependencias se encontró en su comparación que presentan una tendencia similar en sus proyecciones respecto a las de VENSIM para el periodo 2010-2020. Mientras la primera es proyectada de manera local, la segunda es de manera nacional, lo que nos indica que las tendencias exponenciales de producción de caña de azúcar para éste periodo tanto a nivel local como nacional serán similares.

Respecto a la hipótesis propuesta:

Ho La producción de caña de azúcar a nivel local está siendo afectado principalmente por los factores climáticos (precipitación y temperatura) y edafológicos (suelo).

Esta se cumple de manera parcial, ya que la producción solo puede ser alterada en su producción por hectárea para este valle, por el factor climático precipitación (mm), así como por el factor edáfico (textura, pH y materia orgánica), no así por el factor climático temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Comentar al respecto que pueden existen otra serie de situaciones que pudieran afectar dicha producción, solo que para este estudio solo se analizó el factor suelo y clima, así como algunas situaciones sociales en cuanto al sentir de los productores del gremio cañero.

Este tema tiene tantas aristas de estudio como uno quiera, por lo que podrían abordarse con otro tipo de situaciones o problemáticas, lo que podría también originar otro estudio o la continuación de este.

6.5 Sentir de los productores de caña de azúcar en relación con los apoyos de las Organizaciones Cañeras

El sentir de manera general fue positivo hacia las Organizaciones cañeras e Ingenio Melchor Ocampo, ya que en cuestión de apoyos crediticios los productores manifestaron que estas asociaciones han sido importantes en la implementación de su cultivo, así como la entrega en tiempo y forma de los créditos solicitados.

Al respecto comentar que los apoyos que reciben los productores tanto en campo, como en oficina han sido cruciales para llevar a buenos términos la relación productor-organización. A palabras de los técnicos de campo y con base al paquete tecnológico que manejan, los productores están protegidos en cuanto a asesoría y apoyos de acuerdo a la organización a la que pertenezcan (CNPR y CNC), donde la dinámica de ambas organizaciones es similar y coordinada entre ellas, esto es, que ambas prestan los mismos servicios y asesorías con base al mismo paquete tecnológico, esto dado a los acuerdo pactados en las reuniones de los tres responsables de estas organizaciones y avaladas como se dijo anteriormente por un comité consultivo.

Las asesorías otorgadas por los técnicos dependen de las necesidades del productor y de cuando así lo requieran ellos, teniéndose para tal caso 4 visitas al año en promedio a las parcelas de los productores de caña de azúcar.

Las actividades de asesoría van a depender primero de que tengan el recurso económico para los pagos y de la calendarización de asesorías de acuerdo al orden de las solicitudes, esto mediante el paquete tecnológico que se les ofrece

año con año, el cual consiste en lo siguiente (IMO, 2016)¹⁰ (Tabla 19):

Preparación de tierra	Siembras	Labores culturales	Valor insumos
1er subsuelo doble	Corte	1er riego	Insecticida
2º subsuelo doble	Alce	Aplicación herbicida	de Fertilizante triple
1er barbecho	Flete	1er cultivo	Fertilizante Urea
1ª rastra	Descarga	1er limpia	Cloruro de Potasio
2 rastra	Aplicación de insecticida	1er cultivo fertilización	y Herbicida
3ª rastra	Siembra y pica	2º cultivo fertilización	y
4ª rastra	Quema de basura	2º riego	
Surcado	Movimiento de personal	3er riego	
Tapa y retapa	Valor semilla	4º riego	
	Ajuste de siembra, cuando siembra el productor	Redondeo	
	Camioneta cabo	Resiembra (solo plantas)	
	Salario del mayordomo	Aplicación herbicida	de
		Cuota de riego	
\$ 6.800.00*	\$ 13,105.00*	\$ 6,780.00*	\$ 10,047.00**
Costo total del paquete tecnológico = \$ 36, 732.00			

*Costos hasta 2016

** Precios variables

Tabla 9. Tarifas de AVIO al campo (paquete tecnológico ajustado). Siembras 2015-2017

Asimismo también señalar y con relación a lo anterior, que el IMO es considerado en más del 50% como la mejor opción para otorgar financiamiento, al igual que la Caja Popular (30%). Asimismo consideran a esta organización como fundamental al cobrarles menos intereses (40%), aunado a otorgarles el crédito con más facilidad (30%). Además más del 80% de las encuestas mostró que el apoyo de dichas asociaciones hacia los productores de caña de azúcar ha sido un factor importante, además de señalar la mayoría de ellos que los apoyos (> 70%) les llegan a tiempo.

¹⁰ IMO (2016). Tarifas de AVIO al campo (paquete tecnológico ajustado). Siembras 2015-2017. Comité de Producción y Calidad Cañera. Ingenio "Melchor Ocampo" S.A. de C. V.

De manera general y como conclusión señalar que existe una buena relación entre la mayoría de los productores de caña de azúcar y las organizaciones cañeras locales. Aun así se presentan entre algunos productores (una minoría), discordancias que permiten observar que existen problemas sobre todo en algunos apoyos y que algunos cuantos manifestaron de manera libre en las hojas de encuesta.

Finalmente éste trabajo permitirá al productor de este valle el percibir a un futuro las posibles consecuencias que se pudieran presentar en sus tierras en relación a su manejo, conexas éstas principalmente con el clima y la parte nutrimental del suelo. Es importante recalcar que dichas simulaciones se deben de tomar con determinada mesura, ya que son cálculos realizados con base a un historial climático y edáfico de cerca de dos décadas anteriores, por lo que no se debe de tomar como *algo que va a suceder*, sino como *algo que puede suceder*. Asimismo esta información permitirá a las Organizaciones Cañeras el discutir y analizar a lo interno de sus asambleas lo que pudiera suceder en la próxima década y el cómo prever y mitigar las consecuencias de las mismas.

No me queda más que agradecer en primera instancia a la Unión Nacional de Cañeros, A. C. CNPR (Confederación Nacional de la Propiedad Rural), la CNC (Confederación Nacional Campesina) y al Ingenio Melchor Ocampo (IMO), mediante sus presidentes: Ing. Gabriel F. Blackaller Ayala; Ing. José de Jesús Zúñiga Mendoza e Ing. Jesús Ernesto Ramos García respectivamente, por todo el apoyo brindado. Asimismo a los Ingenieros de la CNPR "Diego" y "Valdo" y muy especialmente a los productores de caña del valle de El Grullo-Autlán, quienes con su apoyo hicieron posible este proyecto. A TODOS MUCHAS GRACIAS.

7 REFERENCIAS

- Acevedo Sandoval O; Valera Pérez, MA; Prieto García, F. (2010) Propiedades físicas, químicas y mineralogía de suelos forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México. Universidad y ciencia 2010. Villahermosa, agosto 2010.
- Aguilar-Rivera, N. (2007). Bioetanol de la caña de azúcar. Avances en Investigación Agropecuaria. Rev. AIA. 11(3): 25-39. ISSN 0188789-0.
- Aguilar R., N.; G. Galindo M.; J. Fortanelli M.; C. Contreras S. (2010) ¿Por qué diversificar la industria azucarera en México? Revista Globalización, Competitividad, Gobernabilidad. Vol. 3 No. 1.03. Págs. 63-75.
- Aguilar R., N.; G. Galindo M.; J. Fortanelli M.; C. Contreras S. (2011). Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México. Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925. Región y sociedad / año XXIII / No. 52. 2011
- Amézquita, J.; J. C. Vergara; F. Maza (2009). Modelamiento de Cadenas Industriales Mediante Simulación de Redes. EUMED. Cartagena, Colombia.
- Arc View. Versión 3.2.
- Blackayer. (2014). Azúcar: CBA. En: http://www.caneros.org.mx/site_caneros/bol/bol04/BOLETIN_OCT_021.pdf
- Bosque, S. J. y García. C. R. (2001). Métodos de interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones. Revista: Estudios geográficos. LXII, N° 245, Madrid. España.
- Bouyoucos J. (1963). Direction for marking mechanical analysis of soil by hydrometer method. Soil Science 42: 25-30
- Castellanos. J.Z.: Uvalle. B. J.X: Aguilar S.A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. Segunda edición abril 2000. INCAPA. Guanajuato, México.

- Castillo A., M; I. Nikolskii G.; C. A. Ortiz S.; H. Vaquera-Huerta; G. Cruz B. (2007). Alteración de la fertilidad del suelo por el cambio climático y su efecto en la productividad agrícola. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, ISSN 0378-1844, Vol. 32, N°. 6, 2007, págs. 368-376
- Chen J., C. H. y M. Chen. (2000). *Manual del azúcar de caña*. 3ª Reimpresión. Editorial Limusa. México, D. F.
- Clark, Labs. (2006). *Idrisi Andes*. University's George Perkins Marsh Institute at Clark University. U.S.A.
- CNPR. (2011). Información climatológica promedio de Precipitación (mm) y Temperatura (oC) hasta 2013. Confederación Nacional de la Propiedad Rural. Unión Nacional de Cañeros, A.C. Comité Ejecutivo Nacional 2010-2014.
- _____. (2013). Informe interno. Zafra 2012-2013. Asociación de Agricultores del valle El Grullo-Autlán, A. C. octubre de 2013. Consulta restringida
- _____. (2014). Informe interno. Zafra 2013-2014. Asociación de Agricultores del valle El Grullo-Autlán, A. C. octubre de 2014. Consulta restringida
- _____. (2015). Informe interno. Zafra 2014-2015. Asociación de Agricultores del valle El Grullo-Autlán, A. C. octubre de 2015. Consulta restringida
- CNSM (2016). Evolución de los precios. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Pág. 1772.
- CONADESUCA. (2013). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. En: <http://www.cndsca.gob.mx/>
- _____. (2014). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. En: <http://www.conadesuca.gob.mx/> (Octubre de 2014).
- _____. (2015). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. En: <http://www.conadesuca.gob.mx/> (consultado el 29 de Octubre de 2015).
- _____. (2016). Balances mundiales de azúcar. Comité Nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar. Con información de la Organización Internacional del Azúcar (OIA).

- _____. (2016). Variedades con mejores rendimientos de las zonas cañeras en México. Comité Nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar. En: <http://www.conadesuca.gob.mx/> (consultado el 13 de julio de 2016).
- CONAGUA (2014). Precipitación y temperatura promedio (mm) en el valle de El Grullo-Autlán. Estación "El Chante". Información de 14 años (2001-2014). Comisión Nacional del Agua.
- Coras M., P. (1999). Propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego. Temas didácticos No. 7. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Edo. De México.
- Cuanalo de la C., H. (1981). Manual para la descripción de perfiles. Colegio de Posgraduados.
- Domínguez, R. L. (2005). Desarrollo regional y competitividad: La agroindustria azucarera en México. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua. Enero-junio. Vol. 15. No. 027. Pp. 227-250.
- Eash, N. S.; Cary J. Green; A. Razvi; W. F. Bennet. 2008. Soil Science Simplified. Fifth Edition. Blackwell Publishing. Oxford UK.
- ESRI. (1999). Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcView 3.2. University of the Ottawa. U.S.A.
- Evolución de los precios (2016). Comisión Nacional de los Salarios Mínimos con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Pág. 1772
- Fassbender. H.; W. E. Bornemisza. (1987). Química de suelos con énfasis en América Latina. 5ª Reimpresión. Costa Rica.
- FAO. (2004). Notas técnicas de la FAO sobre políticas comerciales. Cuestiones relacionadas con las negociaciones de la OMC sobre la agricultura. Documento de análisis y consulta informal de expertos destinada al análisis de la reforma política relativa al azúcar. realizada en la FAO en Roma del 5 al 6 de agosto de

2004. P. 2. Consulta en la Base de Datos de Estadísticas: FAOESTAT en Internet: http://www.fao.org/es/esc/es/20953/20990/highlight_28187es.html;
- Félix-Herrán, J. A- R. R. Sañudo T.; G. E. Rojo M.; R. Martínez R.; V. Olalde – Portugal. (2007). Importancia de los abonos orgánicos. Vol. 4. Número 1, enero –abril 2008, pp. 57-67.
- Ferreras, L.; G. Magra; P. Besson; E. Kovalevski; F. Garcías. (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. Ciencia del suelo [online]. 2007, vol.25, n.2, pp. 159-172. ISSN 1850-2067.
- Fitz Patrick, E. A. (1978). Introducción a las ciencias del suelo. 1ª edición. Edit. Publicaciones Culturales, S. A. México, D. F.
- Fontalvo H., T. M; J. C. Vergara S.; J. Amézquita L. (2009). Construcción de cadenas productivas del sector agrícola mediante modelos de redes: Caracterización, simulación de escenarios y prospectiva. Dimens. Empres. Vol. 7 No. 1, Enero – Junio. Págs. 11-21
- Forrester, J. W. (1995). The beginning of System Dynamics. The Mckinsey Quarterly (4), 5-16.
- Forrester. J. W. (1997). Dinámica de Sistemas en Educación del MIT. Leslie A. Martin (24 de Julio de 1997). Traducido por Omar Rodríguez y L. Gustavo Sala Espiell. salaesp@netverk.com.ar . Octubre de 2000 y Eduardo González Mendivil ITESM, Monterrey, México. Derechos de autor © 1997 de la edición original en inglés y de la traducción © 2000 by the Massachusetts Institute of Technology
- Gallegos del Tejo, A. (1997). La aptitud agrícola de los suelos. La pedología aplicada a las actividades agropecuarias. 1ª edición. Edit. Trillas. México, D.F.
- García, J. M. (2011). Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas. Tercera Edición. Madrid, España. 2011. ISBN 84-607-9304-4
- Godet, Michael. (2000). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. Cuadernos Lips. Cuaderno No. 5, Cuarta edición actualizada. Francia.

GOLDEN SOFTWARE, INC. (2002). Surfer Version 8. Surface Mapping System. U.S.A.

Google Earth. (2014). Imagen. Consultada el 02 de julio de 2014. En: <http://www.googleearth.com/>

_____. (2016). Imagen. Consultada el 21 de junio de 2015. En: <http://www.googleearth.com/>

González-Merino, A.; Y. Castañeda-Zavala (2008). Biocombustibles, biotecnología y alimentos. Impactos sociales para México. Crisis alimentaria: abundancia y hambre dossier. Argumentos UMA-x-México. Nueva época. Año 21. Núm. 57. Mayo-Agosto. Pág. 55-83.

Gutiérrez H.; A. Reyes. (2003). El mercado mundial del azúcar. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de UNMSM. Año VIII, No. 23. Diciembre de 2003. P. 114.

Hernández N.; F. Soto: A. Caballero. (2009). Modelos de simulación de cultivos: características y usos: Revista Cultivos Tropicales. Vol. 30, No. 1, p. 73-82

Holmann F. (2002). El uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en la promoción de nuevas alternativas forrajeras: el caso de Costa Rica y Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e Instituto Internacional de Investigación en Ganadería (ILRI). Presentado en la XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Marzo 28-31, 2000. Montevideo, Uruguay. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 2002. Vol. 10(1).

IMO (2016). Tarifas de AVIO al campo (paquete tecnológico ajustado). Siembras 2015-2017. Comité de Producción y Calidad Cañera. Ingenio "Melchor Ocampo" S.A. de C. V.

INEGI. (1981). Carta edafológica escala 1:50, 000. E 13 B 12, E 13 B 22, E 13 B 13. E 13 B 33.

_____. (2000). XII Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes Ags. Página WEB: <http://www.inegi.gob.mx>

- _____. (2001). Carta topográfica escala 1:50, 000. E 13 B 12, E 13 B 22, E 13 B 13, E 13 B 33. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- _____. (2014). México en cifras. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En: <http://www.inegi.org.mx>
- _____. (2015). Encuesta intercensal. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En: <http://www.inegi.org.mx>
- _____. (2016). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. Fecha de actualización: martes 20 de septiembre de 2016.
- ISMA. (2015). Situación del mercado mundial del azúcar. Indian Sugar Mills Association. Asociación Premier de la Industria Azucarera en la India (ISMA por sus siglas en inglés). En: <http://www.indiansugar.com>
- Juárez R. B. (2014). "Respiran" azucareros al término de la zafra. El Mundo de Córdoba. Lunes 30 de junio de 2014.
- Julca-Otiniano; L. Meneses-Florian; R. Blas-Sevillano; S. Bello-Amez. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en agricultura. IDESIA (Chile). Enero-Abril. Volumen 24, No. 1. Págs. 49-61.
- Keenan C.; Mc Roberts. (2010). *rural development challenges: system dynamics ex ante decision support for agricultural initiatives in southern Mexico*. A Thesis. Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Professional Studies International Agriculture and Rural Development
- Labrador M., J. (2001). La materia orgánica en los agroecosistemas. Aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la realización de la materia orgánica en los agroecosistemas. 2ª edición. Editorial Mundi Prensa. Barcelona España.
- Lesur, L. (2006). Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola: una guía paso a paso. México: editorial Trillas. 2006.
- Liu, J., Wang, W., Chai, y., Liu, Y. (2004). Easy-SC: A Supply Chain Simulation Tool. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference. New York: IEEE.

- Malhotra, N.K. (2008). Investigación de Mercados. 5ª Edición. Pearson Educación. México, D. F.
- Martínez I.; et al. (1987). Algunas técnicas útiles en la prospectiva. Elaborado para la SEP, México, Centro de Estudios Prospectivos A.C. y Fundación Barros Sierra.
- Mertens, L. (2008). Hacia el trabajo decente en el sector del azúcar, México. Documento de trabajo núm. 259. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, Suiza. 87 p.
- Navarro B. S.; G. Navarro G. (2003). Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida... 2ª edición. Editorial Mundi Prensa.
- Ortiz V., B. y C. A., Ortiz S. (1990). Edafología. 7ª Edición. Editora V. A. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Perea, E. (2016). México importa 58% de los fertilizantes para el campo. En: <http://imagenagropecuaria.com>
- Richards, L. A., L. E. Allison; J. W. Brown; H. E. Haywerd; L. Bernstein; M. Fireman; G. A. Pearson; I. V. Wilcox; C. A. Bower; J. T. Hatcher y R. C. Reeve. (1985). Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 5ª Reimpresión. Editorial Trillas. México, D.F.
- Quintero, G. S. D. (2003). Evaluación de impacto ambiental de la Agricultura en el Valle de Autlán, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Corta Sur. Ingeniero en Recursos Naturales y Agropecuarios. Págs. 154.
- Riche S.; J. Bond; A. Jerardo; S. Haley. (2014). Sugar and Sweeteners Outlook. Economic Research Service Situation and Outlook. SSS-M-314. United States Department of Agriculture. October 17, 2014.
- Russell E. J.; A. Wild. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Editorial MP. Madrid, España.
- SAE (2016). Servicio de Administración y Enajenación de Bienes. Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). (SAE, 2016). 24 págs.
- SAGARPA. (2007). Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012. Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcohólicas. Discursos en

la presentación del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC)-2007-2012. 24 de abril de 2007. Tlatizapan de Zapata, Estado de Morelos. Págs. 6 (18).

_____. (2009). Informe Final. Diagnóstico, modelaje y recomendaciones de la fertilidad de suelos del campo cañero Etapa II: Ingenio Melchor Ocampo, S.A. Desarrollo de un Modelo Integral de Sistema de Información Geográfica y Edáfica como fundamento de la Agricultura de Precisión en la caña de azúcar para México. Etapa II. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema Nacional de Información de la Agroindustria Azucarera SIAZUCAR. Agosto 2009. 68 págs.

_____. (2009). Proyecciones para el sector agropecuario de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Pesqueros y Agropecuarios. En: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.

_____. (2011). Perspectivas a largo plazo para el sector agropecuario de México (2011- 2020). Análisis Económico Agroalimentario. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios (Junio de 2011). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 51 págs.

_____. (2014). México en cifras. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <http://www.sagarpa.gov.mx>.

_____. (2015). Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes. Boletín técnico informativo del sector de la caña de azúcar. Octubre 2015.

Sánchez G. P.: C. A. Ortiz S.: Ma. Del C. Gutiérrez C. y J. D. Gómez D. (2002). Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. Publicado en Terra 20: 359-369.

Sandoval L.: J. de J.: J. L. Sepúlveda T. (2012). Los beneficios del abono orgánico. La Gaceta. Universidad de Guadalajara. Año 11. Edición 705. Lunes 18 de junio. P.

- Sandoval L., J. de J.; J. A. Ortega F. (2013). *Análisis de la producción azucarera en el occidente de México: caso: valle El Grullo-Autlán, costa sur de Jalisco*. Libro: prácticas educativas desde la perspectiva iberoamericana; dimensiones psicológicas, pedagógicas y sociales. coordinador: Francisco Santillán Campos. © Umbral editorial, s. a. de c. v. isbn: 978-607-619-065-4. págs. 35-47.
- Santos, P.J.; A. A. Muñoz; M. P. Juez y V. P. Cortiñas. (2003). *Diseño de encuestas para estudios de mercado. Técnicas de muestreo y análisis multivariado*. Centro de Estudios Ramón Aceves, S. A. Madrid, España.
- SEI-JAL. (2000). Sistema Estatal de Información Jalisco, en base a datos proporcionados por INEGI. Jalisco. Resultados Definitivos, Datos por Localidad (Integración Territorial, XI Censo General de Población y Vivienda, 1990. CGSNEGI.
- SNIIM (2016). Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016). Consultado el 26 de septiembre de 2016. En <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- SIAP. (2014). México en cifras. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <http://www.sagarpa.gov.mx>
- SPP. (1981). *Síntesis de Información Geográfica de Jalisco. Secretaría de Programación y Presupuesto*.
- SPSS. (SOFTWARE. VERSIÓN 15.).
- Subirós, Ruiz F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar. Publicado por EUNED, ISBN 9977648115, 9789977648118. San José, Costa Rica
- Surfer 8 (2002). Software.
- Thompson. L. M. F. R. Troeh. (2002). Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté. 1ª Reimpresión. México, D. F.
- USDA. (2013). Word production, supply, and distribution, centrifugal sugar (table 1). Sugar and Sweetener Yearbook, 2011. United States of America Department Agricultural.

- _____. (2014). Agricultural Projections to 2020. Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. Long-term Projections Report. OCE-2011-1, 100 pp.
- UNC. (2013). México en el mundo. Unión Nacional de Cañeros, A. C.-CNPR. En <http://www.caneros.org.mx/principal.html#>
- UNC. (2016). Comité Ejecutivo Nacional 2010-2014. Estadísticas de la industria de la caña de azúcar 2004-2014. Unión Nacional de Cañeros, A. C. – CNPR. En <http://www.caneros.org.mx/principal.html#>
- Vásquez-Condado, J. J. (2015). Efecto del clima en la producción de caña y azúcar en central progreso. Colombia
- VENSIM. Surfer.
- Vergara S., J. C.; J. Amézquita López; F. J. Maza Á. (2008). Análisis de las cadenas productivas agroindustriales bajo la óptica de la dinámica de sistemas: Una aproximación al el caso de las cadenas productivas agroindustriales en el Departamento de Bolívar. Este documento nace del proyecto de investigación titulado "Caracterización de las cadenas productivas hortofrutícolas del Departamento de Bolívar 2005-2007, mediante modelos de redes", realizado por el grupo Ciencia, Tecnología, Sociedad más Investigación (CTS+I) del Programa de Administración Industrial de la Universidad de Cartagena. Colombia.
- Zafranet. (2010). Balance azucarero, producción y consumo. Año fiscal Oct. /Sep. En: <http://www.zafranet.com/el-mercado-azucarero-en-el-2009/>.
- _____. (2015). Pesos por bulto de 50 Kg en azúcar estándar en los últimos 12 meses (Oct 2014-Oct 2015). En: <http://www.zafranet.com/> (Consultado el 30 de octubre de 2015)
- Walkley, A. L. and Black (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variation in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63: 251-264

Páginas de Internet

<http://www.indiansugar.com>

<http://www.camaraazucarera.org.mx>

<http://www.endsca.gob.mx>

<http://www.gamsa.com.mx/tala.htm>

<http://www.bsm.com.mx/sanfrancisco.htm>

<http://www.caibsa.com/>

<http://ingeniojmamorelos.com.mx/Nosotros.html>

<http://www.gsaenz.com.mx/tamazula.html>

<https://www.google.com.mx/maps/vt/data> (2015)

Dirigido a productores de caña de azúcar del valle de El Grullo-Autlán

Conteste por favor las preguntas y subraye las respuestas que considere correctas:

1) ¿Por qué sembrar caña de azúcar y no otros cultivos como maíz, trigo, sorgo?

- a) *Deja más (\$) la caña.* b) *Nunca he sembrado otro cultivo que no sea caña*
c) *Para caña si me apoyan para sembrar* d) *Aquí se presta más para la caña*

2) El problema de mi caña es:

- a) *Fertilizante a tiempo* b) *Fertilizante caro* c) *agua a tiempo (riego)*
d) *No me asesoran* e) *mi suelo está agotado*

3) ¿La calendarización de los riegos para su parcela son los adecuados?

- a) *Totalmente de acuerdo* b) *De acuerdo* c) *Indiferente*
d) *En desacuerdo* e) *Totalmente en desacuerdo*

4) ¿Tiene problemas para el financiamiento de su cultivo?

- a) *Sí* b) *No* c) *más o menos*

5) Si es Sí, ¿Por qué?

6) ¿Quién le otorga el financiamiento?

- a) *Ingenio* b) *Caja Popular* c) *Banco* c) *Particular*

7) ¿Cuál otorga el mejor financiamiento?

- a) *Ingenio* b) *Caja Popular* c) *Banco* c) *Particular*