



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ
POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**FACTORES SOCIOECONÓMICOS, TECNOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS QUE
INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DEL AGROECOSISTEMA CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum* L.) EN LA CHONTALPA, TABASCO.**

LILIANA ARMIDA ALCUDIA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO F. ALTAMIRANO, VERACRUZ

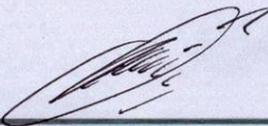
2010

La presente tesis, titulada: "FACTORES SOCIOECONÓMICOS, TECNOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DEL AGROECOSISTEMA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA CHONTALPA, TABASCO", realizada por la alumna Liliana Armida Alcudia, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

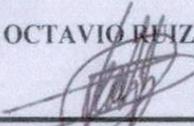
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



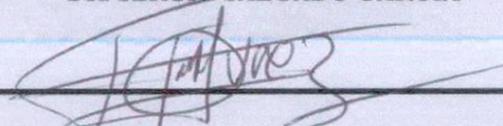
DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO

ASESOR:



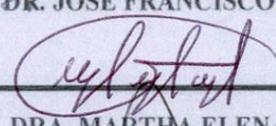
DR. SERGIO SALGADO GARCIA

ASESOR:



DR. JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ LOPEZ

ASESORA:



DRA. MARTHA ELENA NAVA TABLADA

ASESOR:



DR. FELIPE GALLARDO LOPEZ

Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, 26 de Febrero de 2010

FACTORES SOCIOECONÓMICOS, TECNOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DEL AGROECOSISTEMA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA CHONTALPA, TABASCO

Liliana Armida Alcudia, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010.

La caña de azúcar es una de las actividades pilares en la economía de Tabasco, se cultivan 27, 041 ha de caña de azúcar y contribuye con el 4% de la producción nacional de azúcar, ocupando el tercer lugar en superficie cultivada. Existen factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos en la zona de desarrollo azucarero que limitan los rendimientos de campo y la competitividad en el mercado nacional. Ante tal situación la presente investigación tuvo como objetivo identificar los principales factores que impactan los rendimientos en el agroecosistema cañero del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ) que puedan contribuir a las estrategias de desarrollo que permitan cultivar la caña de azúcar de manera más redituable. Se entrevistó a 150 productores de caña de azúcar del IPBJ y las respuestas se recabaron en una base de datos para su posterior análisis. Aunado esto, se realizó la clasificación de suelos para determinar si el tipo de suelo incide con el rendimiento de la caña de azúcar, mediante la descripción de perfiles agrológicos y análisis físicos y químicos de acuerdo a la IUSS (2007). Se realizaron correlaciones con las variables cuantitativas y análisis de varianzas y prueba de medias de Tuckey para las variables categóricas, considerando al rendimiento como variable dependiente. Los resultados del análisis bivariado muestran que la afiliación de los cañeros a la Confederación Nacional Campesina (CNC), la siembra del cultivar 79-Mex-431 y la emigración, son las variables que mayor impacto tuvieron sobre los rendimientos de caña de azúcar. De acuerdo a la reclasificación de las subunidades de suelos se identificaron dos nuevas unidades para el área: se tenían Vertisoles y Fluvisoles y las dos nuevas son los Gleysoles y Cambisoles con sus subunidades; sin impacto alguno sobre rendimientos. Aunque, con el análisis exclusivo de las propiedades de esos suelos, se hayan identificado características consideradas como limitantes de los rendimientos obtenidos.

Palabras clave: caña de azúcar, reclasificación de suelos, análisis integral de caña de azúcar.

**SOCIOECONOMICAL, TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL FACTORS THAT
INFLUENCE THE SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* L.) AGROECOSYSTEM
PRODUCTION IN CHONTALPA, TABASCO.**

Liliana Armida Alcudia

Colegio de Postgraduados, 2010

One of the main economic activities in the state of Tabasco, Mexico, is the sugar cane industry, cultivated on 27, 041 hectares, and contributes with 4% of the national sugar production. There are economic, social, technological and ecological factors or their interactions that are not good enough to enhance higher yields or maintaining competitiveness in the national market. To support the sugar cane industry's development strategies from the economic, social and environmental point of view, by interviewing 150 farmers, this research identified and characterized the main aspects that influence yields of the sugar cane agroecosystem within the supply area of the Benito Juarez sugar mill factory. Besides, considering that the soil intensive use with sugar cane plantations modify physical, chemical and biological properties, the soil units were updated by using the WRB 2007 and 1994 USA systems. Results showed that CNC organization, 79-Mex-431 variety and migration activities had higher impact on sugar cane production. There were identified two new soils units for the area, such as: Cambisols and Gleysols, the previous ones were Vertisols and Fluvisols. Although, their physical and chemical properties are characterized as yield's limiting factors.

Key words: sugar cane agroecosystem, soil units, sugar cane integral analysis

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a:

A mis padres: Araceli Alcudia de la Cruz, gracias por todo, madre querida y Javier Armida Sánchez (†), para ti papá con cariño.

A mis hermanas y hermanos: los que se fueron antes Paty y Rodolfo y con quienes algún día y en algún lugar nos volveremos a encontrar.

Los que están siempre a mi lado cuando y a la hora que los he necesitado: Elizabeth, Francisco Javier y Normita. Gracias hermanos!! Con cariño!!.

A mis sobrinos con mucho amor: Javier y Emilio

A mis suegros: León Vicente Camacho Peralta y María C. Peralta, a mis cuñados y compadres: Ricardo y Fany, por su apoyo y comprensión.

A mi hijo: la luz de mi vida

Cesar Vicente

A mi compañero, amigo y esposo, por su paciencia apoyo y cariño para concluir este trabajo:

Leonardo Vicente Camacho peralta

Con Amor para ustedes...

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir!

Agradezco sinceramente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado durante mi formación doctoral.

A la sociedad que contribuye con sus impuestos para la formación de nuevos científicos y tecnólogos.

Infinitamente a mi familia, Armida Alcudia, por todo su amor, apoyo, motivación e impulso para concluir esta parte importante de mi formación profesional.

A la Fundación Produce Tabasco, A.C., por la aportación económica para realizar el presente trabajo a través de los proyectos FP3-06 y FP4-10.

A la Asociación local de cañeros CNPR, la Unión de Cañeros del Ingenio Benito Juárez, SPR de RL, y la Unidad Cañera Democrática, por su apoyo económico y por la confianza otorgada para realizar esta investigación.

A los productores de Caña de Azúcar que contribuyeron de manera significativa en este trabajo, sin ellos, no habría podido realizarse.

Al personal de apoyo y administrativo del campus Veracruz en especial de Andresito Trujillo y María de los Ángeles Cabrera, por brindarme todas las facilidades y brindarme su amistad.

Al Equipo del SIRDF: Sergio Salgado García, David J. Palma López, Joel Zavala Cruz, Luz del C. Lagunes Espinoza, Mepivoseh Castelán Estrada, Carlos F. Ortiz García, Francisco Juárez López, Octavio Ruiz Rosado y Joaquín A. Rincón Ramírez.

Al Campus Tabasco-CP. Por todas las facilidades brindadas para llevar a cabo este trabajo, en especial a mi estimado Dr. David J. Palma López, por todo su apoyo y colaboración para la clasificación de suelos. Así como al Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas del Campus Tabasco. Por los materiales y el apoyo brindado.

Al Ingenio Presidente Benito Juárez, con especial atención al Ing. Miguel Ángel Carrillo, por sus finas atenciones.

A mi querido amigo, profesor, consejero, psicólogo, entre otras virtudes, Dr. Octavio Ruíz Rosado, gracias por confiar en mí y por su valiosa colaboración y paciencia para este trabajo.

Al Dr. Sergio Salgado García por la oportunidad de trabajar con él, en este maravilloso proyecto y por sus valiosos comentarios y observaciones para que este documento quedara lo mejor posible, gracias.

A mi consejo particular, Dr. Felipe Gallardo López, Dr. Francisco Juárez López y Dra. Martha Nava Tablada por todo su apoyo académico y compartir conocimientos, comprensión y amistad en el desarrollo del proyecto de investigación, y sus valiosas aportaciones para que este trabajo saliera lo mejor posible.

A mis maestros del Campus Veracruz. Al personal de apoyo en especial al Sr. Andresito. Ángeles, Laura, Fabi. a Todos Gracias.

Un especial agradecimiento a mi compañera, amiga y colega: MC Elvia Moreno Cáliz, por su apoyo en una parte importante de este trabajo, y Joaquín A. Rincón Ramírez así como mis compañeros de campo: MC. Antonio López Castañeda, Ing. Mateo Osorio, M.C. Samuel, y a todos aquellos que me brindaron su apoyo muchas gracias.

A mis compañeros y grandes amigos del Programa por compartir noches de desvelos, días buenos y no tan buenos, tareas, clases: Nereida, Eduardo, Erasto, Miguel Arcángel, Rubén, Javier, Carmelo y en especial a Bromio, por su apoyo incondicional en todo momento.

A la familia Velázquez Ronson, por todo su apoyo y cariño.

	Pág.
CONTENIDO	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	3
III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	5
3.1 La Teoría General de Sistemas	5
3.2 Concepto de Agroecosistema.....	6
3.3 El agroecosistema en el enfoque de Teoría de Sistemas.....	7
3.4 Los Agroecosistemas con caña de azúcar	10
3.5 Factores que enmarcan el Agroecosistema con Caña de Azúcar	11
3.5.1 Factores Sociales.....	12
3.5.2 Factores Económicos	12
3.5.3 Factores Tecnológicos.....	13
3.5.4 Factores Ecológicos	13
3.6 La Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.....	15
3.7 Aspectos principales del Programa Nacional de La Agroindustria de la Caña de Azúcar 2006-2012 .	16
IV. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
V. HIPÓTESIS GENERAL	18
5.1 Hipótesis Particulares.....	18
VI. OBJETIVO GENERAL.....	19
6.1 Objetivos Específicos.....	19
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1 Descripción y localización del área de estudio	20
7.2. Antecedentes del área de estudio	23
7.3 Determinación de tamaño muestra para analizar el componente socioeconómico y tecnológico	24
7.4 Cuestionario para analizar el componente social, económico y tecnológico	24
7.4.1 Estructura del cuestionario: Variables socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas	24

7.5 Actualización de suelos.....	27
7.5.1 Compilación de información para la actualización y estudio de suelos.....	27
7.6 Estudio agrológico de suelos.....	27
7.6.1 Fotointerpretación	27
7.6.2 Definición y caracterización de las unidades de suelos	28
7.6.2.1 Definición del tipo de suelo correspondiente a la unidad cartográfica	28
7.6.2.2 Caracterización morfológica de las unidades de suelos	28
7.6.2.3 Muestreo de suelo con fines de clasificación.....	28
7.7 Climograma de Thornthwaite	29
7.8 Análisis de la información	29
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
8.1 Componente Socioeconómico.....	30
8.1.1. Perfil del productor	30
8.1.2. Características de la Unidad Productiva	31
8.1.3. Participación familiar.....	34
8.1.4 Organización.....	34
8.1.5. Costos de producción.....	35
8.2. Componente Tecnológico	35
8.2.1 Preparación del terreno	35
8.2.2 Siembra y resiembra.....	36
8.2.3. Cultivares de Caña de Azúcar en la zona de influencia del IPBJ	36
8.2.4. Rendimiento.....	37
8.2.5 Riego y Drenaje	39
8.2.6 Fertilización	40
8.2.7 Deshierbes, control de plagas y enfermedades	40
8.2.8. Otros factores	41
8.2.9 Cosecha.....	42

8.2.10. Beneficios y problemas de la caña de azúcar.....	43
8.2.11. Conocimiento del productor de la alta fructosa	44
8.3. Componente ecológico.....	45
8.3.1 Percepción del productor sobre la caña de azúcar y su impacto al ambiente.....	45
8.3.2. Actualización y Descripción de los grupos mayores y subunidades de suelos del IPBJ	46
8.3.3 Descripción de las Unidades y subunidades de suelos.....	49
8.3.3.1. Cambisoles (CM)	49
8.3.3.1.1. Cambisol Flúvico (Arcílico Eútrico).....	49
8.3.3.1.2. Cambisol Endoglético (Arcílico Eútrico).....	51
8.3.3.1.3. Cambisol Estágnico Endoglético (Eútrico Férrico)	52
8.3.3.1.4. Cambisol Estágnico (Arcílico Eútrico).....	53
8.3.3.2. Gleysoles (GL).....	56
8.3.3.2.1. Gleysol Háptico (GLha) (Eútrico Arcilloso).....	56
8.3.3.3. Vertisoles (VR)	58
8.3.3.3.1. Vertisol Estágnico Glético (Eútrico).....	58
8.3.3.3.2. Vertisol Estágnico (Eútrico).....	59
8.3.4. Fertilidad de los suelos del área de abastecimiento del ingenio Presidente Juárez.....	62
8.4 Climograma de Thornthwaite	67
8.5 Análisis estadístico de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos de los agroecosistemas con caña de azúcar.	68
8.5.1 Análisis de variables cuantitativas de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos	68
8.5.2 Análisis de variables categóricas de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos... ..	73
IX. CONCLUSIONES.....	81
X. LITERATURA CITADA	83
XI. ANEXOS	89

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Variables socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas que fueron consideradas en el cuestionario.....	25
Cuadro 2. Costo del Paquete tecnológico para una hectárea en el IPBJ Zafra 2005-06...	36
Cuadro 3. Subunidades de suelos y superficie ocupada dentro del área de abastecimiento del ingenio PBJ.....	47
Cuadro 4. Resultados promedios de las propiedades físicas y químicas de los suelos en el IPBJ.....	65
Cuadro 5. Estadísticos básicos descriptivos para las variables cuantitativas de los factores socioeconómico, tecnológico y ecológico.....	70
Cuadro 6. Matriz de Correlaciones de las variables cuantitativas de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos.....	71
Cuadro 7. Categorización de las variables de los factores Socioeconómico, Tecnológico y Ecológico.....	72
Cuadro 8. Prueba de Medias para las categorías de la variable “Determinación de las Dosis de fertilización”	77

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Localización del área de estudio en el Plan Chontalpa, Tabasco, México.....	21
Figura 2	Años de sembrar caña en las parcelas del productor que abastecen al IPBJ... ..	32
Figura 3	Actividades complementarias del productor cañero en la zona del IPBJ.	33
Figura 4	Cultivos de mayores ingresos al productor.....	33
Figura 5	Cultivares sembradas por los productores encuestados en el área de influencia del IPBJ.....	37
Figura 6	Rendimiento promedio por cultivar de los productores encuestados en el área de influencia del IPBJ.....	38
Figura 7	Rendimiento promedio de las organizaciones a las que pertenecen los productores encuestados del IPBJ zafra 2006-2007.....	39
Figura 8	Principales daños ocasionados por plagas, enfermedades y malezas a la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.....	41
Figura 9	Presencia de raya roja, daño por barrenador y daño por rata en la caña de azúcar..	42
Figura 10	Principales beneficios que tiene en la comunidad el cultivo de la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.....	43
Figura 11	Mapa de subunidades de suelos del IPBJ y ubicación de los perfiles de suelos... ..	48
Figura 12	Perfil representativo de la subunidad Cambisol Flúvico (Arcillico Eútrico).....	50
Figura 13	Perfil representativo de la subunidad Cambisol Endoglético (Arcillico Eútrico)..	52
Figura 14	Perfil representativo de la subunidad Cambisol Estágnico Endoglético (Eútrico Férrico).....	54
Figura 15	Perfil representativo de la subunidad Cambisol Estágnico (Arcillico Eútrico).....	55
Figura 16	Perfil representativo de la subunidad Gleysol Háptico (Arcillico Eútrico).....	57
Figura 17	Perfil representativo de la subunidad Vertisol Estágnico Gleyico (Eútrico).....	60
Figura 18	Perfil representativo de la subunidad Vertisol Estágnico (VRst) (Eútrico).....	61
Figura 19	Comportamiento promedio de algunos elementos del clima en el área de abastecimiento del IPBJ de 1971-2000 (PP: precipitación, Evap: evaporación, Tmáx: temperatura máxima, Tmín: temperatura mínima).....	66

Figura 20	Relación asociación escolaridad/edad del productor de caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.....	68
Figura 21	Relación escolaridad/años de sembrar caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.....	69
Figura 22	Rendimiento promedio obtenido por tipo de organización en la zona de influencia del IPBJ.....	74
Figura 23	Rendimiento promedio de productores que emigran a otro lugar a trabajar.....	75
Figura 24	Conocimiento de la alta fructuosa por los productores y su impacto en el rendimiento.....	76
Figura 25	Rendimiento obtenido por productores según la época de aplicación de herbicidas.....	78
Figura 26	Rendimiento obtenido con respecto a la variable tipos de cultivares sembrados en el área de influencia del IPBJ.....	79

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera es una de las actividades principales en la economía de México; sin embargo, por circunstancias de política tanto nacional como internacional, se encuentra en una situación crítica. Ante tal hecho, el Gobierno de la República Mexicana implementó el Programa Agroindustrial de la Caña de Azúcar 2007/20012 que tiene como objetivo construir un sector más competitivo y sustentable. La superficie sembrada a nivel nacional es de 812 mil hectáreas y se encuentran actualmente operando 57 ingenios azucareros, que tienen un impacto socioeconómico directo en 2.2 millones de personas en el país. Actualmente el valor generado en la producción de azúcar es de 3 mil millones de dólares anuales y el 57% se distribuye entre los 164 mil productores de caña. Esta actividad representa el 11.6% del valor del sector primario y el 2.5 del PIB manufacturero (SAGARPA, 2007). Los campos cañeros se encuentran distribuidos en 15 estados de la República: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

En Tabasco, esta actividad también es un pilar de la economía estatal. Cuenta con tres ingenios azucareros: el Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), el Ingenio Santa Rosalía y el Ingenio Azuremex, en los que se cultivan 27, 041 ha de caña de azúcar y contribuye con el 4% de la producción nacional de azúcar, ocupando el tercer lugar en superficie cultivada.

Tabasco es una región eminentemente temporalera, por las condiciones de lluvia y la distribución de la misma, así como también, la presencia de ciertos tipos de suelo con aptitud potencial para el cultivo, sin embargo, estos aspectos por si solos no son suficientes para lograr rendimientos de campo más altos, ni competitivos para el mercado nacional.

Ante tal situación la presente investigación consideró identificar los principales factores limitantes del agroecosistema cañero en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez para que puedan ser tomados en cuenta y establecer las estrategias de desarrollo pertinentes que permitan cultivar la caña de azúcar de manera más redituable social, económica y ecológicamente.

La tesis está estructurada de la siguiente manera: el Capítulo I describe una breve Introducción, en el Capítulo II se señala la situación problemática del fenómeno en estudio, en el Capítulo III

se definen los principales conceptos y teorías en las que se sustenta la investigación, en el Capítulo IV y V se establecen las hipótesis tanto general como particulares, así como los objetivos; el Capítulo VI describe los materiales y métodos que se llevaron cabo; el Capítulo VII explica los principales resultados obtenidos en el trabajo de campo y gabinete con su respectiva discusión. En el Capítulo VIII se expresan las principales Conclusiones a las que se llegó con el trabajo de investigación y por último en el Capítulo IX se citan las principales fuentes bibliográficas en las que este trabajo se fundamentó. Además se presenta un Capítulo X, de Anexos, en donde se integra toda la información generada a partir de las entrevistas, trabajo de campo en suelos, resultados de laboratorio, entre otros.

II. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), cuenta con una capacidad instalada de 1 100 000 toneladas de caña moledera por zafra, la producción record histórico de molienda ha sido apenas de 980 000 toneladas en la zafra 2003/04, es decir, empleando sólo el 89% de su potencial.

El IPJB, se localiza en el Plan Chontalpa y abarca una superficie de área sembrada de 12, 918 ha con un rendimiento promedio de 62. 0 t ha⁻¹ para la zafra 2006/2007, rendimientos que se encuentran por debajo de la media nacional (77.5 t ha⁻¹) (Cañeros, 2008).

Las perspectivas de la producción cañera se basan fundamentalmente en el aumento constante de los rendimientos agrícolas, es decir, aumentar la producción mediante el incremento de los rendimientos y no de la superficie. En la zona de influencia del IPBJ, el rendimiento es uno más de los factores del componente productivo de la caña de azúcar sobre esta región fisiográfica, que están limitando la calidad y la competitividad de la materia prima a nivel nacional e internacional. Uno de los problemas generalizados en la región es el manejo inadecuado de los suelos, suelos envejecidos, emigración a las grandes ciudades, encarecimiento de la mano de obra, entre otros.

Otros problemas identificados son el uso de dosis inadecuadas de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, entre otros), el acceso preferencial a los créditos y su elevada tasa de interés, la inestabilidad del precio en el mercado nacional e internacional así como la falta de investigaciones que generen nuevas cultivares, paquetes tecnológicos para cada área y la capacitación de técnicos y productores con nuevas tecnologías. En materia ambiental, la quema de la caña es una de las preocupaciones que requieren de atención. Esta labor que se realiza para facilitar las labores de corte, es considerada como una de las prácticas culturales que están afectando al ambiente.

Otras limitantes importantes se derivan de las políticas económicas y del mercado. El desarrollo tecnológico en la industria de los alimentos, que ha hecho posible la obtención de la fructuosa a partir de granos, y especialmente del maíz, ha tenido efectos significativos en la evolución del mercado azucarero, principalmente entre los productores y consumidores que representan la

mayor parte de este comercio, como lo son los Estados Unidos, Cuba, México, Guatemala y otros. La fructuosa ya substituyó al azúcar en usos importantes como las bebidas gaseosas (soft drinks), la repostería y en general la industria de la alimentación, debido a que el costo de producción es menor.

Ante este panorama, plantear el mejoramiento del proceso de producción tanto en campo como en fábrica para incrementar los rendimientos por unidad de área y reducir los costos de producción para competir a nivel internacional, serían acciones que permitirían ofrecer alternativas viables a este sector, tanto en materia económica, social y ambiental. Esto permitirá que el beneficio económico, impacte positivamente en el beneficio social del productor. Así también, hay que considerar que el propio sistema de producción de la caña, forma parte de la estrategia de sobrevivencia (reproducción social) de una gran cantidad de cañeros, considerado al recurso suelo como la base de sus ingresos, así como también, al mismo tiempo obtener beneficios como Seguro Social y acceso una pensión.

III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En el presente apartado se presentan las principales teorías y conceptos en que se fundamenta la investigación, entre las teorías destaca la Teoría General de Sistemas (TGS), el concepto de Agroecosistemas y su relación en el enfoque de la TGS, el agroecosistema caña de azúcar y los factores que lo enmarcan; el concepto de sustentabilidad y la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, así como los aspectos principales del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2006-2012.

3.1 La Teoría General de Sistemas

Actualmente la TGS propuesta, más que fundada, por L. von Bertalanffy (1945), tiene una vigencia como método científico. A partir de la Teoría General todo el universo empieza a ser observado y por lo tanto las ciencias se visualizan como parte de un gran sistema universal de conocimiento donde se dan interdependencias y relaciones. Aparece como una *metateoría*, una teoría de teorías (en sentido figurado), que partiendo del muy abstracto concepto de sistema busca reglas de valor general, aplicables a cualquier sistema y en cualquier nivel de la realidad.

La TGS surgió debido a la necesidad de abordar científicamente la comprensión de los *sistemas concretos* que forman la realidad, generalmente complejos y únicos, resultantes de una historia particular, en lugar de *sistemas abstractos* como los que estudia la Física.

Así pues, la TGS propone modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados. La TGS se aplica como un instrumento cuyos modelos fueran utilizables y transferibles en diversos campos. En este sentido, la TGS señala similitudes entre las construcciones teóricas de disciplinas diferentes, revela vacíos en el conocimiento empírico, y establece un lenguaje para que los expertos en diferentes disciplinas se puedan comunicar entre sí, estableciéndola como una teoría metadisciplinaria (Checkland, 1993) con una tendencia general hacia la integración de las ciencias naturales y sociales.

La Teoría General de Sistemas está en continua evolución y desarrollo, siendo diversos los especialistas que han expuesto sus enfoques particulares sobre su aplicación. Ello ha originado concepciones diversas de la misma. Para unos es una teoría formal, para otros una metodología,

una forma de pensar y analizar el universo, e incluso una herramienta educativa y una profesión. Además de la diversidad de puntos de vista hay algo común a todos los autores que por ella se han interesado y es el reconocerle su carácter innovador.

Conviene tener claro qué se entiende por sistema, ya que el sistema constituye el concepto sobre el cual gira esta Teoría General. En sentido amplio, el *sistema* puede ser concebido como un conjunto de elementos interrelacionados e interactivos. No se trata pues, de un mero conjunto de elementos, que no contengan más que la simple suma de los mismos; conjunto para el cual es válido el principio de que «el todo no contiene más que la suma de sus partes». El sistema es algo más, puesto que a la suma de sus elementos añade:

- a) las mutuas relaciones que los ligan entre sí, y
- b) las acciones y reacciones mutuas de unos elementos sobre otros.

Por eso, para el sistema, vale más bien el principio aristotélico de que «el todo es más que la simple suma de sus partes». Es por ello que el agroecosistema cañero ha de considerarse como un sistema complejo ya que además de sus elementos económicos, sociales, culturales, ambientales, cuenta con sus entradas y salidas y la retroalimentación de todos sus elementos, que conforman un todo.

3.2 Concepto de Agroecosistema

Los agroecosistemas han sido reconocidos desde hace tiempo como ecosistemas con propiedades particulares. De acuerdo a Hernández X. (1985), los agroecosistemas poseen las siguientes características: 1) son sistemas agrícolas que se asemejan a fases incipientes en la sucesión de ecosistemas naturales; 2) se produce un rejuvenecimiento de niveles tróficos inferiores; 3) tienden a la simplicidad, 4) los sistemas agrícolas tienden a afectar los mecanismos reguladores; 5) por lo anterior, dichos sistemas presentan más dificultades para aumentar en complejidad; además los desequilibrios pueden alcanzarse con mayor facilidad.

Un ecosistema transformado por el hombre para la agricultura o el pastoreo ya no contiene dentro de sí (en su presente y su pasado) los elementos que lo explican, como ocurre dentro de ciertos límites con los ecosistemas naturales. Para entender su estructura, evolución, etc., es necesario hacer referencia a los hombres y las mujeres que lo habitan y transforman: sus modos de vida, sus formas de manejo de los recursos (cultivos, labranza, rotaciones, etc.), sus hábitos culturales, etc.

Así, el estudio de los agroecosistemas requiere de una perspectiva holística y relacional. Hernández *et al.* (2003), consideran que el agroecosistema evoluciona con el tiempo, y, nuevamente, no puede entenderse la evolución de uno solo de sus elementos (o sus “subsistemas”) sin hacer referencia al conjunto. El término de agroecosistemas surge como un concepto derivado de ecosistemas modificados, sin embargo, con el transcurso de las décadas este ha sufrido ciertas modificaciones en su interpretación, producto de las corrientes sociales dominantes y las corrientes económicas que han afectado desde escalas muy pequeñas como la parcela de un productor, hasta el mundo entero.

Se encuentran una gama amplia de autores que han escrito y opinado acerca del agroecosistema y la agroecología, sin embargo, todos concuerdan en que el objetivo fundamental es diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y que conserven los recursos naturales. La idea consiste en desarrollar sistemas de cultivo con dependencia mínima de agroquímicos e insumos energéticos. La diversidad y complejidad de estos agroecosistemas les confieren una serie de propiedades de las que carecen los monocultivos, que son: la estabilidad, la autorregulación y la sustentabilidad. Gallardo (2002), considera a los agroecosistemas como una entidad en cuya estructura se encuentra un *componente socioeconómico* (el productor y su familia) y otro *productivo* (la finca). Este último se sustenta en bases ecológicas (ecosistemas naturales), que por diseño y manejo del componente socioeconómico se convierte en entidades productivas, en las cuales reside el papel de proveer de alimentos y otros satisfactores a la sociedad actual y futura. Martínez (2001), lo considera un modelo conceptual, donde el controlador juega un papel primordial en la toma de decisiones para optimizar su recurso. En este sentido, el productor dueño de su finca es el que toma las decisiones sobre el uso de sus recursos buscando siempre la optimización de los mismos.

3.3 El agroecosistema en el enfoque de Teoría de Sistemas

La teoría de sistemas es una corriente filosófica que se fundamenta principalmente en la supervivencia de las sociedades, organizaciones incluso a nivel individual. La construcción de modelos es una herramienta de análisis que ayuda a clarificar las múltiples variables inmersas en las complejas relaciones sociedad-naturaleza y que en la actualidad cobran mayor relevancia dada la intencionalidad de los denominados procesos de planificación del desarrollo y los retos que ello implica para el futuro de la humanidad (León, 2003). Es una manera de entender la

realidad, que no es ni el último ni el primer intento que en esa dirección han planteado los seres humanos. Se basa, tanto en el discurso de la ecología (ciencia de la naturaleza), como en el discurso de la cultura, dado que ella explica la adaptación humana.

La adopción de un "enfoque ecosistémico" implica que evaluemos nuestras decisiones sobre el uso de los recursos en términos de cómo afecta éste la capacidad de los ecosistemas para mantener la vida, pero no solamente el bienestar humano sino también la salud y el potencial productivo de plantas, animales y sistemas naturales (WRI, 2000)

Por lo tanto, la Teoría de Sistemas, específicamente el enfoque de agroecosistemas, facilita la investigación tanto cualitativa como cuantitativa, aproximándose a la realidad a través de indicadores de un alto rigor científico y altamente influenciado por nuestros sentidos, emociones, procesos mentales y espirituales, los cuales afectan positivamente al proceso de investigación y permiten tomar decisiones más acertadas.

En el enfoque de agroecosistemas, el productor juega un papel protagónico como controlador y tomador de las decisiones dentro de su empresa agropecuaria. Si el investigador respeta esta situación y actúa con empatía, seguramente por la naturaleza de los trabajos, se genera paralelamente información cuali-cuantitativa y se llega a una concepción mejor de la naturaleza del problema y su solución. El enfoque de agroecosistemas es holístico, al respecto Ruiz-Rosado (2006), menciona que este enfoque considera una entidad compleja o sistema, que es más que la suma de sus partes, porque la sustentabilidad agroecológica a cualquier nivel jerárquico es compleja por naturaleza y deben considerarse diferentes formas de evaluación.

Muchos de los fenómenos que hoy en día se estudian son complejos o relacionados con aspectos sociales, económicos y ambientales. Es por ello, que surge la necesidad de utilizar métodos cuantitativos y cualitativos, y de entender también cuales son las limitantes potencialidades de cada uno de ellos, así como la sinergia que se establece al utilizar de manera eficiente la conjunción de métodos (Chessani *et al*, 2007). El estudio de los agroecosistemas desde esta perspectiva cuali-cuantitativa es necesaria para entender su funcionamiento como un sistema, determinar sus entradas, sus salidas, sus procesos etc.

El agroecosistema, con su estructura, composición y funcionamiento propio, posee un límite teóricamente reconocible, desde una perspectiva agronómica, para su adecuada apropiación por los seres humanos (Martínez-Castillo, 2004). El concepto de agroecosistema como unidad de

análisis, alude a la articulación que en ellos presentan los seres humanos con el ecosistema: agua, suelo, energía solar, especies vegetales y animales, etc. Todo agroecosistema es un conjunto en el que los organismos, los flujos energéticos, los flujos biogeoquímicos están en equilibrio inestable y dinámico; son entidades capaces de *automantenerse*, *autorregularse* y *autorrepararse* independientemente de las sociedades y bajo principios naturales (Toledo,1993). Uno de los atributos emergentes de los agroecosistemas es la productividad que es definida en varias disciplinas, ya sea desde una perspectiva económica, ecológica o social.

En caña de azúcar existen diversos factores que afectan el crecimiento vegetal y consecuentemente la productividad del cultivo básicamente en el rendimiento. El rendimiento está directamente determinado por las características propias de la planta (factor genético) o bien de las condiciones en que la planta se desarrolla (factor ecológico). Esto se expresa matemáticamente (Salgado *et al.*, 2009a) como:

$$R = f \{FG, FE\}$$

Donde:

R: Rendimiento de caña de azúcar (40 a 250 ton ha⁻¹)

FG: Factor genético (depende de la variedad utilizada, de donde se desprende la necesidad de contar con las mejores variedades, ya que éstas permanecerán en el campo por más de 10 años)

FE: Factores Ecológicos (son la temperatura, humedad, luz, atmosfera, propiedades del suelo, factores bióticos y nutrientes)

Aunado a estos factores que son determinantes en el rendimiento podemos agregar a la función, factores sociales, económicos y tecnológicos que también están determinando un impacto en los rendimientos del cultivo de caña de azúcar, lo que matemáticamente puede expresarse de la siguiente manera:

$$R = f \{FG, FE, FS, FT \text{ y } FEC\}$$

Donde:

R: Rendimiento de caña de azúcar (40 a 250 ton ha⁻¹)

FG: Factor genético (depende de la variedad utilizada, de donde se desprende la necesidad de contar con las mejores variedades, ya que estas permanecerán en el campo por más de 10 años)

FE: Factores Ecológicos (Son la temperatura, humedad, luz, atmosfera, propiedades del suelo, factores bióticos y nutrientes)

FS: Factores Sociales (tenencia de la tierra, organización, perfil del productor, entre otros)

FT: Factor Tecnológico (prácticas de manejo agronómico del cultivo: desde siembra hasta cosecha)

Esta integración de factores en el agroecosistema con caña de azúcar, permiten visualizar de forma integral y holística un diagnóstico sobre el proceso de producción y con ello establecer estrategias para: 1. Incrementar la rentabilidad del sistema, 2. Incrementar rendimientos y 3. Hacer mejor uso de los recursos (suelo, agua, planta).

3.4 Los Agroecosistemas con caña de azúcar

Gallardo, (2002), considera al agroecosistema como ya se mencionó anteriormente: como un ente formado por un componente social (productor y su familia) y un componente productivo (finca), este último se sustenta en bases ecológicas (ecosistemas naturales), que por diseño y manejo del componente socioeconómico se convierte en entidades productivas, en las cuales reside el papel de proveer de alimentos y otros satisfactores a la sociedad actual y futura.

Considerando este modelo en el agroecosistema con caña de azúcar, resulta con similares concordancias ya que el productor cañero igualmente tiene en el componente productivo o finca, el cultivo de caña (como principal cultivo), pero que además, puede tener dentro de su diversidad otros componentes como cacao, arroz, ganadería entre otros, y que en conjunto son la base de sus ingresos. La caña de azúcar, constituye uno de los principales sistemas productivos agroindustriales dentro de la zona del área de influencia del ingenio Presidente Benito Juárez ubicado dentro del denominado “Plan Chontalpa” el cual se ha estudiado desde diversas perspectivas: antropológicas (Arrieta, 1997), sociológica (Rodríguez, 1992), económicas (Ochoa, 1976) y técnicas (Cárdenas, 1980; Díaz, 1988).

El abanico de climas, topografía y altitud, que presenta el vasto territorio nacional, bien pudiera considerarse un verdadero laboratorio de experimentación, el cual, junto a las características propias del minifundio imperante, colocan a este importante segmento de la economía rural, bajo

condiciones atípicas; sobre todo, cuando se le compara con otros importantes productores de la vara dulce (Poy, 2009).

Según Figueroa (1998), se consideran los siguientes pasos para estudiar a los agroecosistemas, los cuáles pueden ser aplicables principalmente a las necesidades de investigación en la región de la Chontalpa en el agroecosistema con caña de azúcar:

1. Especificar la propiedad que se desea analizar. Caracterizar los componentes del sistema.
2. Definir los límites del sistema y sus relaciones con el ambiente externo
3. Jerarquizar el sistema, es decir, definir los subsistemas y suprasistemas que lo forman
4. Diagnosticar el estado inicial de los componentes y de la propiedad de estudio
5. Esquematizar el sistema. Esto permite identificar las relaciones entre los componentes que intervienen en su funcionamiento. También permite integrar nuevos componentes e identificar las relaciones que se dan con el resto del sistema.

3.5 Factores que enmarcan el Agroecosistema con Caña de Azúcar

La industria azucarera contribuye actualmente en la economía nacional con el 0.5% del Producto Interno Bruto y proporciona el sustento a más de 440 mil familias (mediante empleos permanentes y temporales), asentadas en 227 municipios, pertenecientes a 15 estados de la República. En esos municipios habitan alrededor de 12 millones de mexicanos, de los cuales más de 2.5 millones dependen directamente de la agroindustria de la caña de azúcar, así como de una diversidad de actividades indirectas vinculadas a la misma, en una cadena producción-consumo tan vasta que su debacle sería catastrófica para el país (Ley de la Agroindustria de la Caña de Azúcar, 2005).

En Tabasco, la economía está basada en la agricultura, ganadería, forestería, pesca, industria, comercio, turismo y los servicios financieros, es importante mencionar que la agroindustria del estado, se limita a la existencia de tres ingenios Azucareros, dos en la Chontalpa y otro en la Región de los Ríos. El 45% de la superficie agrícola de alto y mediano potencial de la Región Chontalpa, se destina a los cultivos perennes tales como: cacao, copra, plátano, caña de azúcar, cítricos y hule (Palma *et al.*, 2007).

3.5.1 Factores Sociales

En la zona productora de caña de azúcar se dan dos regímenes de propiedad fundamentalmente, el de la pequeña propiedad privada, (con límites reglamentados) y el régimen de propiedad ejidal (usufructo de la tierra concedida por la reforma agraria). Con relación a su estructura productiva según el tipo de tenencia de la tierra, predomina la producción minifundista, donde el 79% de los productores son ejidatarios y poseen el 68% de la superficie cañera; el 64% de la superficie zafable está situada en predios cañeros que tienen una extensión media de 3.9 ha. lo que incrementa el costo del cultivo (Salgado, *et al.*, 2001).

3.5.2 Factores Económicos

Entre los quince principales productores de caña de azúcar del mundo, México ocupa el treceavo lugar en la producción de caña de azúcar por hectárea y séptimo lugar en el consumo de azúcar en promedio de los últimos siete años (Ortega, 2004, CAÑEROS, 2009).

El azúcar en México tiene una considerable magnitud de mercado, su consumo es generalizado en el ámbito doméstico y tiene una importante demanda en el sector industrial. El azúcar es un producto de consumo básico para la población mexicana, es uno de los cinco productos básicos alimenticios junto con maíz, frijón, trigo y café. Destaca en el consumo del ámbito industrial la industria refresquera, galletera, alcoholera, dulcera y la de alimentos balanceados para animales. A partir de que en el país el consumo per cápita es de 41 kg, el consumo de este edulcorante proporciona el 17% de las calorías que se consumen diariamente.

En México la industria del azúcar está reglamentada desde hace muchos años y existe un control de precios para sus productos, cuando menos a partir del 22 de diciembre de 1936 (Sánchez, 1997; Salgado *et al.*, 2001).

La identificación de las principales limitantes desde el punto de vista de la actividad agrícola es muy compleja, entre las que destaca el precio del azúcar, que afecta, a los productores. Gran parte de esta situación se debe a la forma en que se negoció el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos (EU) y Canadá (TLC), y a la carencia de opciones tecnológicas para los derivados de la caña de azúcar. En el TLC, México acordó eliminar los subsidios de la agricultura y los aranceles de importación de productos agrícolas (incluyendo al maíz), aceptando acuerdos ambiguos sobre las cuotas de exportación del azúcar. Además, las empresas

azucareras carecieron de una estrategia de diversificación tecnológica, además, de la desincorporación del Instituto para el Mejoramiento de la Producción del Azúcar (IMPA) (Viniestra, 2001). Pudiéramos deducir, en síntesis, que la agroindustria de la caña de azúcar en México, es altamente productiva, pero con gran costo, lo cual nos saca de competencia tratándose de exportaciones, resintiéndose históricamente el embate de las importaciones legales y extralegales de éste y otros edulcorantes (Poy, 2009).

Aunque en la actualidad, los precios del azúcar están tomando un alto repunte, el precio pagado por la materia prima no ha sido proporcional al precio impuesto en el mercado nacional e internacional.

3.5.3 Factores Tecnológicos

La producción de azúcar depende fundamentalmente del manejo del campo y de la operación de la fábrica. Una mayor eficiencia en esas áreas trae como consecuencia mayor rentabilidad económica tanto para la empresa como para el productor de caña.

Domínguez *et al.*, (2004), mencionan que las variables que pudieran ser limitantes en la producción de caña de azúcar en el componente tecnológico son el método de siembra, ancho del surco, tiempo de la segunda aplicación de fertilizantes, momento del control de malezas, productos para control de malezas, momento del control de mosca pinta y productos para control de barrenador, es decir, las labores del cultivo desde la preparación hasta la cosecha de la materia prima.

3.5.4 Factores Ecológicos

Ante un escenario cada vez más adverso para la azúcar como producto principal del proceso tradicional, se menciona que llegó el momento de impulsar proyectos más que de investigación, de desarrollo; para poder ofrecer mayores alternativas ante los otros edulcorantes (naturales y/o sintéticos) que van ganando terreno a diario, favorecidos por políticas de subsidio en economías más desarrolladas que la nuestra.

El cultivo de la caña de azúcar implica diversas prácticas culturales que van desde la preparación del terreno hasta las labores posteriores a la zafra. En este proceso existen prácticas que resultan ser degradativas y contaminantes, tanto en campo como en la industria.

Debido a la actual crisis económica, resulta cada vez más difícil la importación de granos para la alimentación de ganado, principalmente de cerdos y aves, por lo que se espera un futuro promisorio en el uso de la caña, el jugo de caña, melaza y otros subproductos, que podrían desempeñar un papel fundamental como sustitutos de los granos, ya existe tecnología disponible que podría ser aplicada en forma demostrativa a nivel comercial para ir venciendo gradualmente la resistencia al cambio de los productores (SIAP, 2008). Para aminorar estos efectos al ambiente, la agroindustria azucarera ha tratado de diversificar y modernizar sus procesos para dar un mejor uso a los residuos del proceso agrícola y de la industria de la caña de azúcar (Salgado *et al.*, 2001).

Existen experiencias en países como Colombia donde el manejo agroecológico ha sido exitoso (Molina *et al.*, 2001). En México se han realizado estudios con enfoque agroecológico (Pohlan *et al.*, 2005), específicamente en la cosecha de la caña, donde los resultados indican el potencial de cosechar caña en verde como una estrategia de sostenibilidad, demostrando diferencias significativas a largo plazo entre los tratamientos en cuanto a menor agresividad de arvenses, una mayor producción de biomasa, altura, diámetro y número de tallos, pureza del jugo y rendimiento de caña (Toledo *et al.*, 2005; Pohlan y Borgman, 2002). En Tamaulipas, Jiménez *et al.*, (2004), estimaron desde el punto de vista agroecológico las zonas aptas potenciales para el cultivo de caña de azúcar en el sur del estado, estos esfuerzos que se están realizando son para hacer este cultivo más acorde con las tendencias actuales, en cuanto a la conservación de los recursos de los cuales depende.

Ante el inminente decremento de las fuentes de petróleo y los altos costos que esto ocasiona, la alternativa más viable, desde el punto de vista económico y medioambiental es la producción de etanol. Entre todos los tipos de etanol que se producen, el de la caña de azúcar es el que ha generado más probabilidades de ser la matriz energética del planeta (FAO, 2008).

Entre todos los países productores de etanol, Brasil es uno de los que tienen mejores condiciones geográficas, climáticas, culturales, económicas y tecnológicas para la producción de caña de azúcar. Estados Unidos produce etanol a partir de maíz, Canadá a partir del trigo y maíz, la India con caña de azúcar y melaza y, Colombia con caña de azúcar y aceite de palma. En el caso de la caña de azúcar Una hectárea de tierra produce aproximadamente 7,500 litros del biocombustible, por lo que es una tecnología consolidada y de bajos costos de producción (França, 2008).

Salgado (2009b), menciona que el bioetanol ha sido utilizado desde tiempos remotos, sólo que fue desplazado por el uso de la gasolina. Hace referencia a que cuando se utiliza caña de azúcar para producir una cantidad de mil litros de bioetanol, se liberan 309 kilogramos de CO₂. Para generar esta misma energía, el ciclo de producción y uso de la gasolina libera 3 mil 368 kilogramos de CO₂. Por lo tanto, la gasolina aporta 3 mil 59 kilogramos de CO₂ a la atmósfera más que el bioetanol. Si este cálculo asumiera que el sistema de cosecha de la caña fuera en verde, se estaría hablando de otro aspecto importante como el secuestro de carbono en donde la caña de azúcar secuestraría en un orden de 2 mil 535 kilogramos de CO₂ por cada 12 toneladas de caña producidas (França, 2008).

Aunque sus costos bajos y los beneficios medioambientales son altos, la producción de etanol sólo satisface el 20% de la demanda mundial, por lo que no podría desplazar completamente a la gasolina, sino comportarse como un complemento y disminuir considerablemente los índices de contaminación ambiental.

3.6 La Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.

La agroindustria de la Caña de Azúcar es una actividad de alto impacto social por el valor de su producción y por el empleo que genera en el campo mexicano y considerando que el azúcar como producto es un bien de consumo necesario por su alto contenido energético; y que las actividades que comprende, desde la siembra, el cultivo, la cosecha y la industrialización, son de interés público.

La Ley de desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA) tiene como objeto normar las actividades asociadas a la agricultura de contrato y a la integración sustentable de la caña de azúcar, de los procesos de la siembra, el cultivo, la cosecha, la industrialización y la comercialización de la caña de azúcar, sus productos, subproductos, coproductos y derivados. Estableciendo que son sujetos de ello los abastecedores de caña, los industriales procesadores de la misma y las organizaciones que los representan.

Además, especifica las actividades que corresponde desarrollar a las dependencias y entidades del Gobierno Federal, de las entidades Federativas y Municipales, relacionadas con la materia, a realizarse en colaboración y coordinadamente con los Comités Nacional y Regionales para el

Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, los Comités de Producción y Calidad Cañera y el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Caña de Azúcar (SAGARPA, 2005).

La LDSCA viene a llenar un vacío en la legislación jurídica que beneficia a los productores, industriales ya que la situación actual de la industria azucarera se encuentra en necesidad de evolucionar para aumentar la calidad y cantidad del azúcar a comercializar.

3.7 Aspectos principales del Programa Nacional de La Agroindustria de la Caña de Azúcar 2006-2012

La Visión para el 2012 de la actividad agroindustrial de la Caña de Azúcar es mostrar un sector competitivo y rentable; ejemplo de organización e integración productiva, que mediante la elaboración de edulcorantes y oportunidad los mercados de Norteamérica y cuenta con capacidad para exportar a otras regiones del mundo. Así mismo, la integración productiva permite a los participantes apropiarse del justo valor de su trabajo.

Dentro de la Misión al 2012 está, que los principales agentes que integran la Agroindustria de la Caña de Azúcar se esfuerzan día con día, por ampliar su presencia en los mercados y mantener una oferta de edulcorantes y bioenergéticos que satisface las más exigentes demandas de calidad, oportunidad y competitividad.

El objetivo General del PNACA es consolidar una agroindustria integrada y competitiva que enfrente con éxito la competencia en el mercado norteamericano de edulcorantes y bioenergéticos, con productos de calidad provenientes de procesos rentables y sustentables.

Entre las líneas estratégicas del programa destacan cuatro aspectos: I. El fortalecimiento de la política comercial; II. Elevar la producción de la caña de azúcar de manera sustentable; III. Incrementar la producción de azúcar y IV. El aumento en la inversión y el empleo.

Los retos a los que se pretende llegar al 2012 principalmente están enfocados a la atención del mercado nacional con 5.4 millones de toneladas de azúcar y exportar 840 mil toneladas al mercado de Norteamérica y al abasto de empresas de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX); por otra parte se pretende lograr un incremento de 2.3 % cada año en la producción de caña de azúcar, llegando a una marca histórica de 54.3 millones de

toneladas a través de agricultura de precisión y fertilización oportuna; la conversión de los campos a riego de 76 mil hectáreas, renovación del campo en proporción de cultivares del 30% entre cultivares de temprana y tardía maduración, dando un 40% a cultivares de mediana maduración; Compactación de superficies para producir en unidades de 30 a 50 hectáreas, con homologación de cosechas por equilibrio en la madurez de cultivares; llegar a las 690 mil hectáreas de caña de azúcar y un mejor conocimiento del campo.

Las cuatro líneas de acción para lograr el crecimiento y competitividad de la Agroindustria son:

1. Fortalecer la política comercial: mediante el conocimiento de la demanda real y potencial de edulcorantes en la región, haciendo más eficiente la cadena de distribución, estrechando el contacto con el consumidor, garantizando el consumo interno y dinamizando las exportaciones.
2. Elevar la producción de caña de azúcar: sustentada en un crecimiento continuo de los rendimientos en el campo, mediante agricultura de precisión, fertilización oportuna, aumento en la superficie de riego, desarrollo de nuevas cultivares, compactación de superficie y un nuevo equilibrio de campo.
3. Incrementar la producción de azúcar; con base en mayores rendimientos en fábrica, a través de la modernización de los procesos productivos que permitan aumentar la molienda, disminuir pérdidas, aprovechar más productivamente el tiempo y lograr una mayor recuperación de azúcar.
4. Aumento en la inversión y en el empleo; brindar certeza a la actividad productiva, promover los acuerdos, la investigación y transferencia de tecnología, el acceso al financiamiento y el impulso a la diversificación productiva.

IV. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Considerando la complejidad de la problemática del cultivo de caña de azúcar, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las variables socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas que influyen negativamente en los rendimientos de agroecosistema con caña de azúcar, en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez?

V. HIPÓTESIS GENERAL

Las variables de los factores tecnológicos son los principales factores que limitan en mayor medida los rendimientos del agroecosistema con caña de azúcar en comparación de los factores ecológicos y socioeconómicos, en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez.

5.1 Hipótesis Particulares

H1. La organización a la que pertenecen los productores es la variable de los factores sociales que limitan en mayor grado la producción de caña de azúcar.

H2. La dosis de fertilización y el tipo de fertilizante, es el indicador del componente tecnológico que más limita los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ en la Chontalpa, Tabasco.

H3. La fertilidad de los suelos es el factor ecológico que limita en mayor grado el rendimiento de caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ en la Chontalpa Tabasco.

VI. OBJETIVO GENERAL

Identificar y caracterizar las variables de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos que limitan la producción del agroecosistema con caña de azúcar en la zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez.

6.1 Objetivos Específicos

1. Identificar y determinar el impacto de las variables socioeconómicas (organización, tenencia de la tierra, participación familiar, escolaridad del productor, edad, mano de obra, asesoría, costos de producción ingresos, beneficios, ingresos, entre otros), sobre el rendimiento en el agroecosistema con caña de azúcar.
2. Identificar el impacto de los componentes tecnológicos (cultivar, preparación del suelo, siembra, resiembra, riego, drenaje, fertilización, control de plagas y enfermedades, cosecha, entre otros) en el rendimiento de los agroecosistemas con caña de azúcar.
3. Identificar y caracterizar los componentes ecológicos (tipo de suelo, precipitación, temperatura) que limitan la productividad del agroecosistema cañero.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente apartado se describen las principales metodologías empleadas para alcanzar los objetivos planteados, y contrastar las hipótesis.

7.1 Descripción y localización del área de estudio

La presente investigación se realizó en el municipio de Cárdenas, Tabasco, en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez, ubicado en el poblado C-27 Ing. Eduardo Chávez Ramírez del denominado Plan Chontalpa, el cuál abarca los poblados C-21, 28, 27, 33, 34, 32, 41, 40, 15, 14, 10, 16, 22 y 20 (Figura 1). El IPBJ establecido desde 1974, presentó una superficie cultivable de 16,488 ha para la zafra 2006/2007, el rendimiento promedio de campo es de 63.3 ton ha⁻¹ y el de fabrica 6,457 ton ha⁻¹ (Cañeros, 2008). La caña de azúcar, es considerada la actividad primordial, no obstante, algunos ejidatarios se dedican a otras actividades agropecuarias tales como: ganadería, cacao, arroz, maíz, frijol, entre otros.

El clima para esta zona es cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, con un régimen normal de calor con cambios térmicos en los meses de noviembre, diciembre y enero; se tiene una temperatura media anual de 26°C, siendo la máxima media mensual en mayo con 30.3°C, y la mínima media mensual en diciembre y enero de 20°C, a la vez, la máxima y la mínima absoluta alcanzan los 40°C y 10°C, respectivamente.

El régimen de precipitación se caracteriza por un total 2,163 mm con un promedio máximo mensual de 335 mm en el mes de septiembre y un mínimo mensual de 10 mm en el mes de abril.

Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de noviembre y diciembre con 30 km/h, presentándose en junio las menores, que son de 20 km/h.

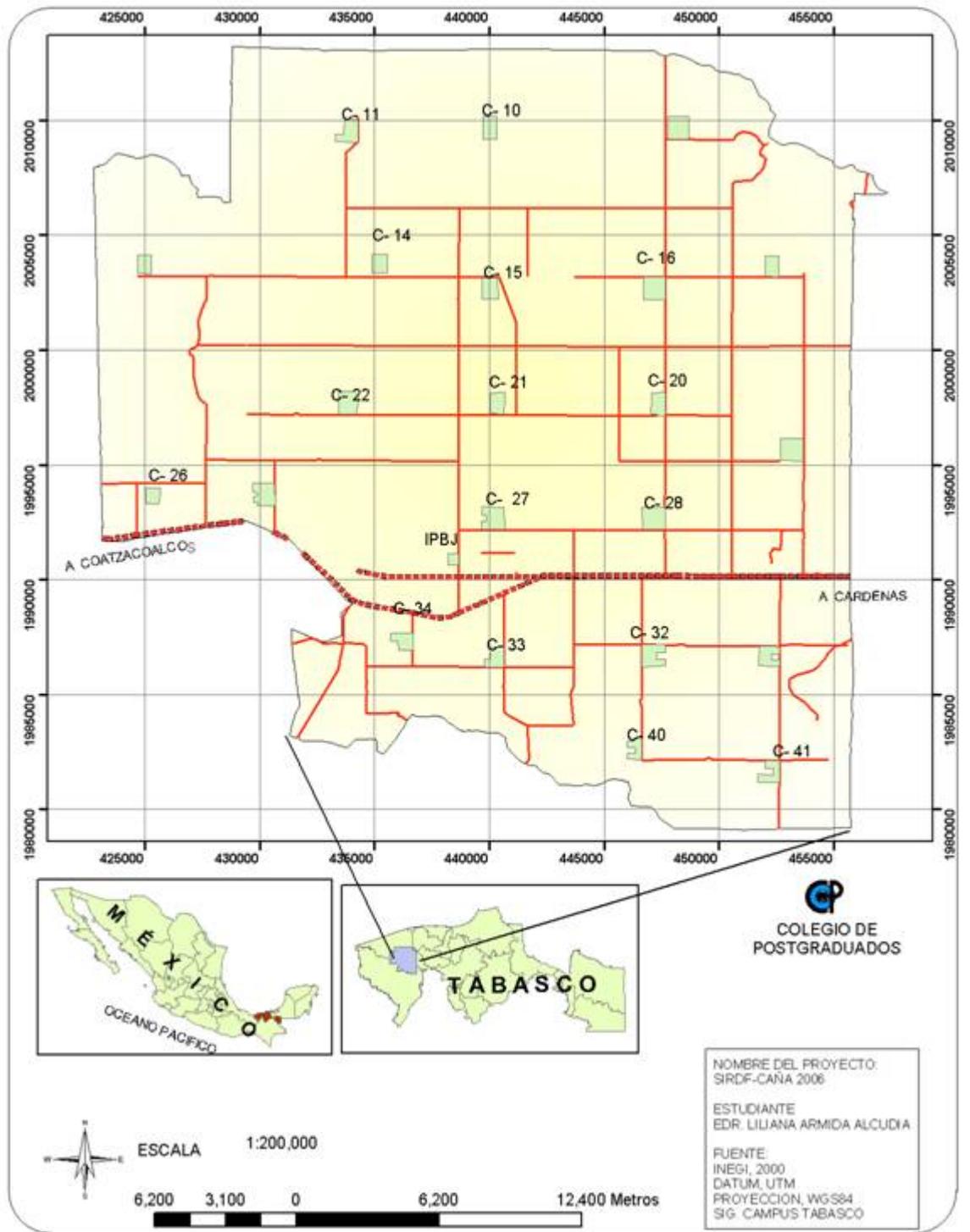


Figura 1. Localización del área de estudio en el Plan Chontalpa, Tabasco, México.

La vegetación original fue selva mediana y alta perennifolia. La vegetación secundaria la constituyen los cultivos agrícolas, pastizales y acahuales. Existe también vegetación hidrófila conocida como popal, cuya presencia se debe a las deficiencias de drenaje en los terrenos.

Las cultivares de caña cultivadas en mayor área son. Mex-68-P-23 y Mex-69-290; la SP 70-1284 y CP 72-2086, y 14 diferentes cultivares en menor proporción (Salgado *et al.*, 2009b).

La superficie es 100% de temporal y comúnmente se utiliza en la fertilización triple 17 a razón de 350 kg ha⁻¹, mas 150 kg de urea, en una sola aplicación. La preparación de tierras se lleva a cabo volteando las cepas barbechando con arado de discos (Salgado *et al.*, 2001). La superficie dedicada a la producción de cada ejido es variable así como sus rendimientos de campo. En la zafra 2003/04 se manejaron 18 cultivares de caña en área de abastecimiento, entre tempranas, medias y tardías. El 80% de la superficie la cubren las cultivares Mex 68 P-23 y la Mex 69-290 (Ortiz, 2005).

El cultivo de la caña de azúcar se cultiva en suelos aluviales y lacustres, se han identificado ocho series de suelos: Zapotal, Limón, Gamas, Nueva, Libertad, Aluviones, Comalcalco y Fuentes. Por lo general son suelos profundos, con altos contenidos de arcilla, pobres en materia orgánica, con problemas de drenaje superficial e interno, su pH es ligeramente ácido (<5.5) y su topografía es plana (Palma *et al.*, 2007).

Actualmente la zona de abastecimiento de caña del ingenio se integra con 20 ejidos colectivos en los municipios de Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco. Cada ejido cuenta con una dotación promedio de 4, 000.00 ha, que se dedican a la agricultura y ganadería principalmente, el ingenio se localiza dentro de este grupo de ejidos y la distancia promedio de los más alejados es de 25 a 30 km.

7.2. Antecedentes del área de estudio

En las últimas décadas se han generado metodologías para la recomendación de dosis de fertilizantes, debido a la creciente necesidad de utilizar eficientemente los fertilizantes debido al incremento en sus precios y al imperativo racionar de su uso para conservar el ambiente. El Plan Chontalpa ha sido sujeto a sido estudiado desde muchas perspectivas, Palma *et al.*, (2000), platearon el uso del modelo conceptual para recomendar dosis de fertilización a partir del estudio de suelos del Ingenio Azuremex, aplicando este procedimiento en 3, 000 ha del Ingenio Presidente Benito Juárez.

Ortiz (2005), estableció cuatro áreas de producción para el IPBJ y generó una recomendación de fertilizantes para cada zona: 240-60-240, 240-30-240, 240-30-120, 240-60-120, para obtener rendimientos de 100 a 120 ton ha⁻¹.

Álvarez *et al.*, (2003), evaluaron el estado de desarrollo actual de 22 poblados creados durante el desarrollo del Plan Chontalpa en el estado de Tabasco, desde el punto de vista multidimensional, es decir, desde una perspectiva social, económica, y ambiental, en donde encontró que los poblados incluidos en el Plan Chontalpa presentan mejores condiciones de desarrollo, pero en lo referente a las condiciones socioambientales han presentado cambios desfavorables que se reflejan en el ecosistema actual.

El trabajo de investigación caracterizó al agroecosistema de la caña de azúcar en sus aspectos socioeconómico, tecnológico y ecológico, así como, su comportamiento entre sí; para determinar las variables que están incidiendo en los bajos rendimientos del cultivo y con ello establecer estrategias que ayuden a lograr la sustentabilidad y permanencia de la caña de azúcar en la región.

Para esta investigación se utilizó el método cuantitativo, para analizar el componente socioeconómico, tecnológico y ecológico.

7.3 Determinación de tamaño muestra para analizar el componente socioeconómico y tecnológico

De acuerdo a la superficie sembrada de caña de azúcar y tratando de abarcar los 19 ejidos colectivos que abastecen de caña al IPBJ, se determinó el tamaño de la muestra de productores para aplicar el cuestionario. En total fueron 150 productores visitados, considerando que el tipo de tecnología utilizada por el productor depende en cierto grado de las características del suelo y del terreno, se seleccionaron al azar los productores que constituyeron la muestra, al mismo tiempo que correspondieran al área ocupada por las unidades de suelos existentes en la zona de estudio. Se identificaron los nombres de los productores dueños de esas parcelas para posteriormente triangular la información con la obtenida en la caracterización de suelos.

7.4 Cuestionario para analizar el componente social, económico y tecnológico

Se elaboró un cuestionario cuyas preguntas incluyeron las características socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas de productor, los recursos ecológicos con que dispone y la tecnología que utiliza (Cuadro 1). Para ello se realizó una prueba piloto del cuestionario entrevistando a cinco productores con experiencia en el cultivo de la caña de azúcar a fin de realizar los ajustes correspondientes y evitar inconsistencias en el cuestionario (Anexo I).

7.4.1 Estructura del cuestionario: Variables socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas

La productividad es la capacidad del agroecosistema para brindar bienes y servicios en promedio en cierto intervalo de tiempo, en los agroecosistemas cañeros este atributo se evaluó con los rendimientos obtenidos por el productor ($t\ ha^{-1}$), representada como la variable dependiente y operacionalizada en la siguiente expresión funcional:

$$\text{Productividad} = f \{ \text{Rendimiento} \}$$

$$\text{Rendimiento} = f \{ \text{FSE}, \text{FT}, \text{FE} \}$$

Donde FSE= Factor Socioeconómico

FT= Factor Tecnológico

FE= Factor Ecológico

En el Cuadro 1 se presentan las características socioeconómicas (del productor y su familia), tecnológicas (manejo de la caña de azúcar y los agroecosistemas en general) y ecológicas (los

recursos naturales que maneja), que fueron seleccionadas para dar respuesta a las hipótesis y objetivos planteados.

Cuadro 1. Variables socioeconómicas, tecnológicas y ecológicas que fueron consideradas en el cuestionario.

Factor	Variable	Unidad de medida
SOCIECONÓMICO	Edad	años
	Sexo	Hombre/Mujer
	Escolaridad	años
	Miembros de la familia	Num. De personas
	Tenencia de la tierra	Ejido/peq.propiedad/civil
	Superficie de la parcela	Hectáreas
	Años de sembrar caña de azúcar	Años
	Distancia de la parcela	Kilómetros
	Parcelas complementarias	Si, No
	Diversificación del ingreso	nombre del cultivo
	Rentabilidad del cultivo	Si- No
	Costo por ton	Pesos \$ por hectárea
	Conocimientos del pago de caña	Si, No
	Costo total de producción	Pesos \$
	Pertenece a una organización	Si, No
	Tipo de organización	CNC,CNPR, UCD, AC
	Beneficios de la organización	Si, No
	Calidad de vida	Si, No
	Emigración	Si, No
	Beneficios del cultivo	Si, No
	Suelo con sólo caña	Si, No
	conocimiento de la alta fructuosa	Si, No

Cuadro 1. Continuación...

TECNOLÓGICOS	Uso de maquinaria	Si, No
	Tipo de maquinaria	propia/rentada
	Método de siembra	tipo de Cordón
	Resiembra	Si, No
	Época de resiembra	mes del año
	Riego	Si, No
	Aplicación de fertilizantes	Si, No
	Fertilizante	Fórmula aplicada
	Cultivar	Nombre del cultivar
	Cantidad de fertilizante	Kilogramos por hectárea
	Época de aplicación	meses del año
	Forma de aplicación	Manual/Mecánica
	Deshierba	Si, No
	Método de control	manual/químicos
	Época aplicada	meses del año
	numero de aplicación	numero
	Método de aplicación	manual/químico
	Producto químico	nombre
	Dosis (Ha)	Kilogramos por hectárea
	Controla Plagas	Si, No
	Método de control	manual/químico
	Controla enfermedades	Si, No
	Cosecha eficiente	Si, No
	Superficie cosechada	Hectáreas
Rendimiento	Toneladas por hectárea	
Acceso a Asesoría técnica	Si, No	
Calificación de la asesoría	Buena/Mala	
ECOLÓGICOS	Problemas de la caña	Si, No
	Caña beneficia al ambiente	Si, No
	Contaminación por agroquímicos	Si, No
	Contaminación al aire	Si, No
	Contaminación por quema	Si, No
	Tipo de suelo	Subunidad de suelo

7.5 Actualización de suelos

La actualización de suelos es un trabajo continuo ya que va incorporando los últimos conocimientos relacionados con el recurso suelo. Esta actualización se basa en el Word Reference Base For Soil Resources (IUSS grupo de Trabajo, 2007) en donde se consideran algunos cambios importantes en los horizontes y propiedades de diagnóstico (Palma *et al.*, 2007).

Contar con una actualización continua de suelos permite observar los cambios que se ejercen sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, con esta información los tomadores de decisiones podrían implementar medidas pertinentes acerca del mejor manejo al recurso.

7.5.1 Compilación de información para la actualización y estudio de suelos

Se realizó la revisión y recolección de información de los siguientes aspectos:

1. Mapa de integración de la superficie cañera del Ingenio Presidente Benito Juárez, proporcionado por el Comité de Producción y Calidad Cañera.
2. Padrón de productores, proporcionado por el Comité de Producción y Calidad Cañera
3. Parcelas digitalizadas del campo cañero del IPBJ (OIEDRUS-SEDAFOP, 2007)
4. Información sobre el manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (rendimientos, variedad, drenaje, presencia de plagas y enfermedades, fertilización anterior y densidad).
5. Datos meteorológicos de las estaciones climáticas del área de influencia del IPBJ campo experimental km 21 del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco y de la Comisión Nacional del Agua, Delegación Tabasco, de 1971-2000 (CONAGUA, 2008).
6. Cartografía de INEGI de 1995, fotografías aéreas de 1986, ortofotos escala 1:20000 de 1999, y modelos de elevación digital.

7.6 Estudio agrológico de suelos

El estudio agrológico de suelos se llevó a cabo en diversas etapas a continuación descritas.

7.6.1 Fotointerpretación

La cartografía de subunidades de suelo se realizó en la primera fase, basándose en la fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:75 000 (INEGI, 1995). Mediante estereoscopios de bolsillo y de espejos, se procedió a interpretar y delimitar las unidades cartográficas por los

elementos: tono, textura y forma; además de los factores geomorfología, topografía, litología, vegetación e hidrología. Con el auxilio de la carta edafológica de INEGI (1986), se transfirió la nomenclatura a las unidades similares de fotointerpretación. Posteriormente se pasó la información de las fotografías aéreas al mapa topográfico a escala 1:50 000, generando un mapa para la verificación en campo.

7.6.2 Definición y caracterización de las unidades de suelos

Después de la fotointerpretación del área se identificó el tipo de suelo correspondiente a cada unidad cartográfica definida y se caracterizó el suelo con base en la siguiente metodología de campo:

7.6.2.1 Definición del tipo de suelo correspondiente a la unidad cartográfica

Todas las unidades cartográficas definidas fueron localizadas en el terreno a través de recorridos de campo y barrenaciones a 1.20 m de profundidad, en lugares cercanos a los linderos y al centro de las unidades cartográficas, esto permitió corroborar la homogeneidad de dichas unidades. Con lo anterior se identificó el tipo de suelo predominante de cada unidad cartográfica.

7.6.2.2 Caracterización morfológica de las unidades de suelos

A partir del tipo de muestra se realizó la descripción de 24 perfiles, con base a la metodología de Cuanalo (1981). Los sitios de ubicación de los perfiles fueron definidos en forma conjunta con la Unidad Cañera Democrática y el equipo de trabajo del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados, las descripciones en campo se realizaron de junio a agosto del 2005.

7.6.2.3 Muestreo de suelo con fines de clasificación

Cada horizonte fue descrito en términos de: tipo de horizonte, color, transición, textura, consistencia, estructura, reacción al ácido clorhídrico, presencia de nódulos, cutanes y vestigios de lavado de materiales, compactación, anegamiento, permeabilidad, raíces y fauna del suelo. También se describió del lugar: el relieve, la pendiente, el drenaje superficial, el tipo de material madre y la vegetación y/o uso del suelo. Después se muestreó el suelo para fines de clasificación; para ello, se extrajo una muestra compuesta de suelo de cada horizonte detectado. Las muestras se secaron al aire y a la sombra, se molieron con un mazo de madera y se pasaron a través de un tamiz con malla 2 mm. De los 24 perfiles se obtuvieron 100 muestras de suelo una por horizonte a las que se realizó el análisis correspondiente, de acuerdo con los procedimientos indicados en

la NOM-021-RECNAT (2001), en el laboratorio de Análisis de suelos y aguas del Campus Tabasco, del Colegio de Postgraduados (Anexo C).

A partir de la descripción de perfiles y del análisis físico y químico, se procedió a la clasificación de los suelos, tomando la referencia del sistema taxonómico de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1994) y del Referencial de los suelos del Mundo (IUSS grupo de Trabajo, 2007). Cada perfil fue georeferenciado con un geoposicionador satelital (GPS) tomándose datos de latitud, longitud y elevación.

Para la elaboración del mapa de suelos a escala 1:30 000 se utilizó el paquete de computo ARC GIS 9 del ESRI.

7.7 Climograma de Thornthwaite

Para realizar el climograma de Thornthwaite, se utilizaron los registros de temperaturas máximas y mínimas (°C), precipitación (mm) y evaporación (mm), con datos promedios mensuales de la estación meteorológica del Campo Experimental km 21 del Campus Tabasco del año 1971 a 2000 (Thornthwaite, 1948), con estos datos se establecieron las épocas de mayor y menor precipitación y en base a ello determinar las alternativas de riego y drenaje para la zona de abastecimiento.

7.8 Análisis de la información

La información obtenida de la encuesta a productores, fue transferida a una base de datos, calculándose los promedios, frecuencias y porcentajes. Además, se clasificaron las variables de cada factor en cuantitativas y categóricas, en donde a las primeras se les realizaron los análisis estadísticos descriptivos básicos, tales como media, desviación estándar y varianza; además, se realizó el análisis exploratorio donde se relacionaron todas las variables cuantitativas de los tres factores socioeconómico, tecnológico y ecológico, para observar asociación entre ellas y en especial con el rendimiento. Para las variables categóricas se realizaron análisis de varianza considerando al rendimiento como la variable dependiente y las variables cualitativas como independientes, para saber cuáles variables de los tres factores están determinando un impacto en el rendimiento. Las variables que presentaron significancia estadísticas ($P < 0.05$), se les realizó una prueba de Tukey, para determinar qué categoría de éstas variables fue la que más influyó negativamente en los rendimientos y para ello se utilizó el programa Statistica ver 5.0 (1995).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados de la investigación describiendo en primer lugar la información colectada del cuestionario aplicado a los productores cañeros en el cual se consideró los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos; y en segundo lugar se presenta la clasificación de suelos, y su caracterización.

8.1 Componente Socioeconómico

A continuación se presentan los resultados de las características socioeconómicas del productor cañero de los agroecosistemas con caña de azúcar considerados en la zona de influencia del IPBJ.

8.1.1. Perfil del productor

La edad promedio de los productores fue de 50 años con una desviación estándar igual a 10 años. El 49% tienen menos de 50 años, el 50% entre 50 y 70 años y solo 1% más de 70 años. Destaca una buena proporción de productores jóvenes cañeros (<50 años) esta característica es de importancia ya que puede darse una ideología diferente entre productores jóvenes y mayores, es decir, es más probable que el productor joven esté abierto a adoptar un cambio tecnológico para el buen aprovechamiento de los recursos, en comparación de un productor de mayor edad que ya tiene ideas fijas y que se resiste a un cambio en la manera de producir su caña.

En cuanto al sexo del productor, el 80% de los productores entrevistados son hombres y el 20% son mujeres, se observa una importante participación del sexo femenino como productoras es, lo cual denota un gran impacto social en el ámbito cañero, al no ser exclusivamente los hombres los que intervienen en la actividad. Esta presencia de la mujer se debe a dos situaciones; la primera como productora involucrada directamente con las actividades del cultivo ante la ausencia del hombre, por diversas cuestiones, quedando ésta a cargo; y la segunda, como prestanombres, ya sea de su esposo o del padre de ésta, al ya no poder ellos legalmente ser cañeros, debido a que ya se jubiló.

La escolaridad promedio del productor cañero es de cinco años ($S=3.5$); el 11% no fue a la escuela, el 30% curso algún grado de la primaria (de primero a quinto año); el 40% terminó la primaria completa; y el 19% curso más de la primaria. El bajo nivel de estudios que presentan los productores cañeros muestra una limitante al estar dependiendo de otra persona para poder

decidir sobre lo que le conviene o no, y estar sujeto a veces a situaciones que muchas veces es desfavorable para él.

Por otra parte, el bajo nivel de estudios y la edad avanzada de los productores no les permite, exigir a sus líderes, capacitación y una mejor organización para realizar las labores de cultivo. Un hecho similar fue detectado por Pérez- Cerón y Mata- García, (2003), quienes observaron que entre mayor grado académico tienen los productores se les facilita los procesos de capacitación, participación y organización.

8.1.2. Características de la Unidad Productiva

La tenencia de la tierra, se encuentra constituida principalmente de ejidatarios (62%), 27% representan a la pequeña propiedad; 11% tienen título de propiedad y el resto a otro tipo de tenencia. Estos datos sobre la tenencia de la tierra, concuerdan con la mayoría de las zonas cañeras, donde se dan dos regímenes de propiedad fundamentalmente, el de la pequeña propiedad privada (con límites reglamentados) y el régimen de propiedad ejidal (usufructo de la tierra concedida por la reforma agraria), lo que conlleva a un tipo de producción minifundista, situación que no ha tenido cambios en los tiempos actuales donde el 79% de los productores son ejidatarios y poseen el 68% de la superficie cañera. El 64% de la superficie zafrable está situada en predios cañeros que tienen una extensión media de 3.9 ha.

En la zona de influencia del IPBJ se tiene en promedio 20 años de sembrar caña de azúcar (Figura 2). El 55% de los entrevistados mencionó que sólo ha existido caña de azúcar en su parcela, mientras que 45% indicó que han existido otros cultivos como el plátano, pasto, arroz y cacao. Lo que indica que no existen rotaciones y que la caña ha sido cultivada como monocultivo durante los últimos 36 años.

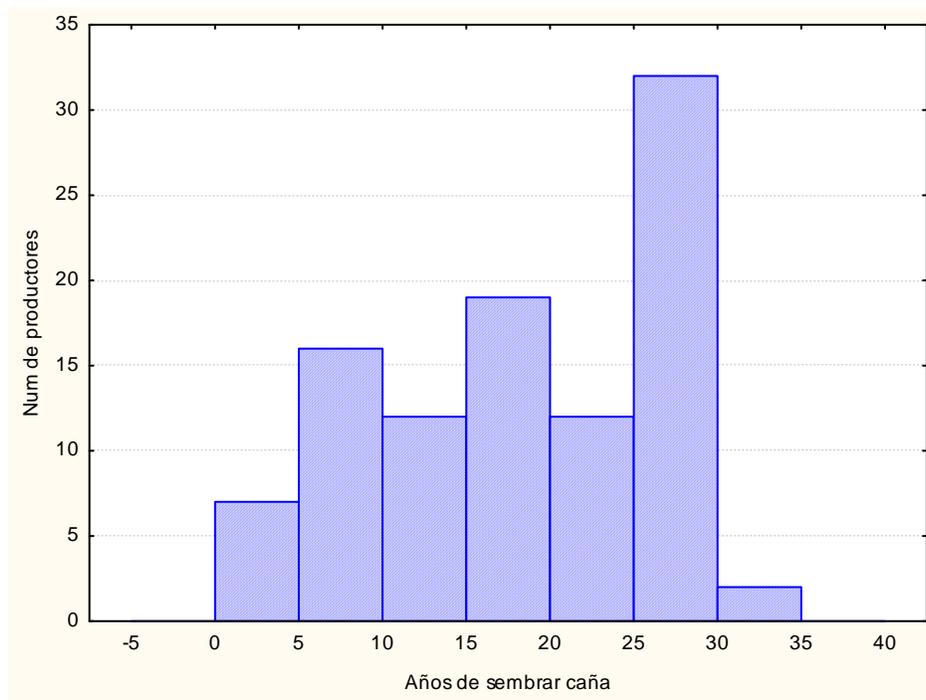


Figura 2. Años de sembrar caña en las parcelas del productor que abastecen al IPBJ

Por otra parte, el productor además de cultivar caña de azúcar, realiza actividades complementarias tales como la ganadería, arroz y cacao (Figura 3). Sin embargo, la entrada fuerte de ingresos es por el cultivo de la caña de azúcar principalmente (88%), seguida del cacao, la ganadería y el arroz (Figura 4). Estos datos son similares a los reportados por Lang (2007), quién reporta que la caña de azúcar genera más ingresos que el cultivo de mango, además de que el precio de la caña es más estable y mejor pagado que el mango en el centro de Veracruz. Esto demuestra que actualmente el cultivo de la caña de azúcar representa un pilar importante de la economía agrícola de los productores y del país.

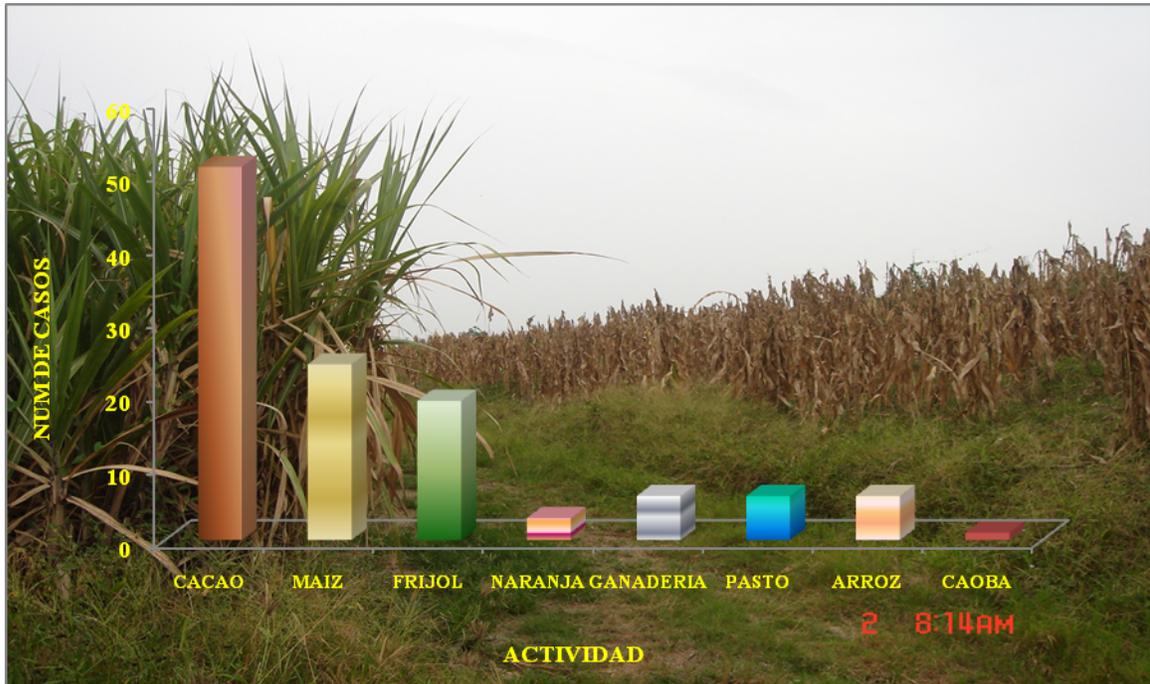


Figura 3. Actividades complementarias del productor cañero en la zona del IPBJ.

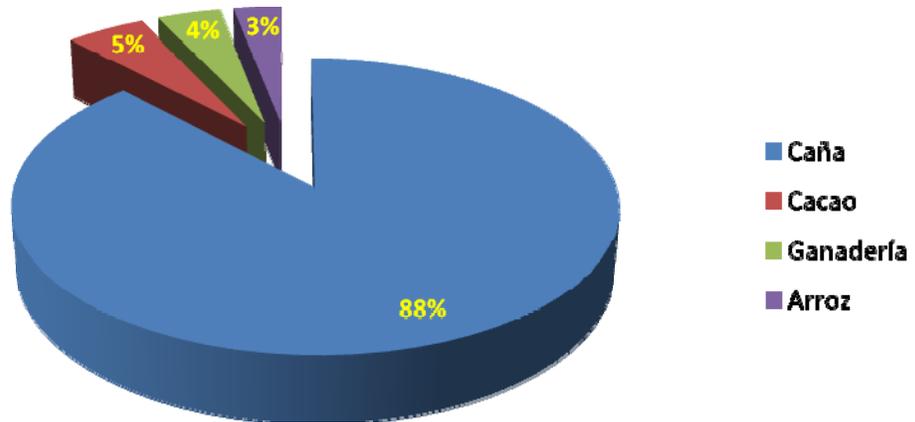


Figura 4. Cultivos de mayores ingresos al productor.

8.1.3. Participación familiar

La participación familiar en el cultivo de la caña de azúcar es muy baja, por lo que es necesario contratar jornaleros para llevar a cabo las labores de cultivo, en promedio una persona participa en las actividades relacionadas con este, en comparación de las cinco personas en promedio que integran la unidad familiar. Lang (2007) menciona que los productores de caña ya no se autoemplean, por lo que subcontratan mano de obra para realizar las prácticas de cultivo y además tienen que hacer inversiones para obtener ganancias. Datos del Padrón de Productores de Caña de Azúcar del IPBJ, reportan que para la zafra 2006-2007, 2,495 personas fueron contratadas como mano de obra para cubrir una superficie de 12,909.66 ha (SIAP, 2009). Esto refleja la importancia del cultivo como generador de fuentes de empleo en temporadas de zafra.

8.1.4 Organización

Los productores de caña de azúcar en la región están afiliados a tres organizaciones principalmente: 1. La Confederación Nacional Campesina (CNC, 59%), la cuál es una agrupación política autónoma dotada con personalidad jurídica y patrimonio propio, tiene como objetivo elevar el nivel de vida de los campesinos y miembros de las organizaciones sociales de nacionalidad mexicana para coadyuvar al desarrollo de la vida democrática y de la cultura política del país. En datos de la zafra 2006/07, la CNC, cuenta con padrón de 115 078 productores, una producción de 34 317 932.46 toneladas de caña y un promedio de 3.53 hectáreas por cañero agremiado; 2. La Confederación Nacional de Productores Rurales (CNPR, 33%) conformada en el año de 1973 y es una agrupación Nacional de Productores Cañeros oficialmente reconocida y que está conformada por 5 mil 200 productores de caña de azúcar, que aporta el 43% de la producción nacional con 17.8 millones de toneladas de caña y 2.1 millones de toneladas de azúcar. Tiene presencia en 15 estados de la República Mexicana, a través de 7 uniones estatales y 59 asociaciones locales, en los ingenios del país. Según datos de la zafra 2006/07, la CNPR, cuenta con un padrón de 44 387 productores, una producción de 13, 236, 916.81 toneladas de caña y un promedio de 4.53 hectáreas por cañero agremiado (Zafranet, 2009); y 3. La Unidad Cañera Democrática, (UCD, 8%) cuya organización surge como una organización independiente, cuenta con 17 mil afiliados a nivel nacional. De ellos, el 54% de los productores cañeros conoce los objetivos de su organización y el resto los desconoce, lo cual indica que sólo están afiliados para tener acceso a ciertos beneficios que siendo productor independiente sería imposible acceder éstos. Aunado a los datos anteriores el 77% han obtenido

beneficios por parte de la organización a la que pertenecen, principalmente en la gestión de créditos, acceso a un fideicomiso y apoyos para las actividades en el campo.

8.1.5. Costos de producción

En cuanto a los costos de producción el 89% de los encuestados mencionó que el cultivo de la caña si es rentable, sin embargo, los costos por cultivarla son altos, ya que el productor invierte un promedio de \$10,000.00 pesos por hectárea y sus costos se incrementan con la superficie. Los costos del paquete tecnológico para el cultivo de caña es de \$14,401.00 (Cuadro 2), e incluye las labores de preparación, siembra, culturales, aplicación de insumos y el pago de uno o dos jornales. Este paquete tecnológico es el que autoriza el Comité de Caña de Azúcar del IPBJ, sin embargo, esto no implica que en una parcela se tengan que hacer todas las actividades, sino que estas pueden variar de acuerdo a las necesidades del productor, y por ello los costos pueden variar.

Enríquez-Poy (2005), menciona que efectivamente, el precio de la caña de azúcar en México es bastante elevado (cerca de 38 U\$/TM), cifra que comparada, por ejemplo con países de Centro y Sudamérica, prácticamente se triplica. Esto, desde luego, está íntimamente relacionado con el costo de producción, debido a factores tales como: el minifundio (< 4.5 Ha / agricultor); agro insumos; agua y energía; así como a las fluctuaciones del precio de las melazas, que inhiben frecuentemente la producción de alcohol; sin desmerecer los aspectos de contaminación ambiental implícitos.

8.2. Componente Tecnológico

En este apartado se presentan las principales actividades realizadas al cultivo por los productores cañeros, reportadas en el cuestionario aplicado.

8.2.1 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno el 100% de los productores utiliza maquinaria, de la cual el 93% es rentada y 7% es propia. La utilización de la maquinaria es indispensable desde la preparación del terreno hasta la cosecha, su uso es de vital importancia para llevar a cabo en tiempo y forma las diferentes actividades del cultivo. Es de mencionar, también que el uso maquinaria rentada incrementa los costos de producción para el productor.

8.2.2 Siembra y resiembra

Para la siembra de plantilla de caña de azúcar en su primer ciclo el 88% de los encuestados utiliza la técnica de doble cordón, la cual consiste en colocar la caña entera en el fondo del surco, posteriormente se corta en trozos (estacas) de 3 a 4 yemas y se tapa con una capa de tierra suelta de 5 a 8 cm de espesor para facilitar la germinación. El 69% siembra 10 t ha⁻¹ y el 27% siembra 12 t ha⁻¹. El 81% realiza resiembras para repoblar las áreas y para reponer las cañas perdidas. Salgado *et al.*, (2001) reportan que la densidad de siembra es de 12 t ha⁻¹ aproximadamente, para tener en campo una densidad de 80 a 90 mil plántulas por hectárea.

Cuadro 2. Costo del Paquete tecnológico para una hectárea en el IPBJ Zafra 2005-2006

Labor	Descripción	tarifa
	Desvare o Chapeo	\$2,375.00
Labores de preparación	Primer barbecho	
	Segundo barbecho	
	Primera rastra	
	Segunda rastra	
	surco	
	Corte de semilla	\$4370.00
	Alce de semilla	
	Flete de semilla	
Labores de siembra	Descarga de semilla	
	Siembra manual	
	Valor de semilla (10 t/ha)	
	1er cultivo con ganchos	\$1,960.00
	1er cultivo con discos	
	2do cultivo con ganchos	
Labores culturales	1era limpia manual	
	2da limpia manual	
	Desagües parcelarios	
	resiembra	
	Aplicación de herbicidas, fertilizantes, insecticidas	\$1,140.00
Aplicación de insumos		
Valor de insumos		\$4,556.00
Total		\$14,401.00

8.2.3. Cultivares de Caña de Azúcar en la zona de influencia del IPBJ

Los cultivares sembrados por los encuestados en orden de importancia fueron: Mex-69-290, Mex- 68-P-23, CP 72-2086, Mex 79-433 y RD. 75-11 (Figura 5). De acuerdo a Salgado *et al.*,

(2009b) el 95% de la superficie es cultivada con sólo cuatro cultivares de caña de azúcar, de los 16 con que cuenta el IPBJ, éstos cultivares corresponden a los mejores reportados a nivel nacional en el censo 2005. El 80% de la superficie está cubierta por los cultivares Mex-68 P-23 y Mex-69-290; el 16% por SP-70-1284 y CP-72-2086. Por otra parte, la zona de influencia del IPBJ tiene 20 años en promedio de sembrar caña de azúcar en su parcela por lo que uno de los principales problemas en el área es que los campos están envejecidos, además que la distribución de los ciclos no están bien diversificada en el campo, es decir que el porcentaje de resocas es superior al 80%, y las plantas no llegan al 10% de la superficie total, es decir, no hay un equilibrio en el campo (Ortiz, 2005).

8.2.4. Rendimiento

De acuerdo a las encuestas el rendimiento obtenido osciló entre 40 hasta 120 t ha⁻¹ siendo entre 50 y 60 t ha⁻¹ en donde mayor recayó el rendimiento de los productores. Estos rendimientos se encuentran por debajo de la media nacional que fue de 77.5 t ha⁻¹ (Cañeros, 2008).

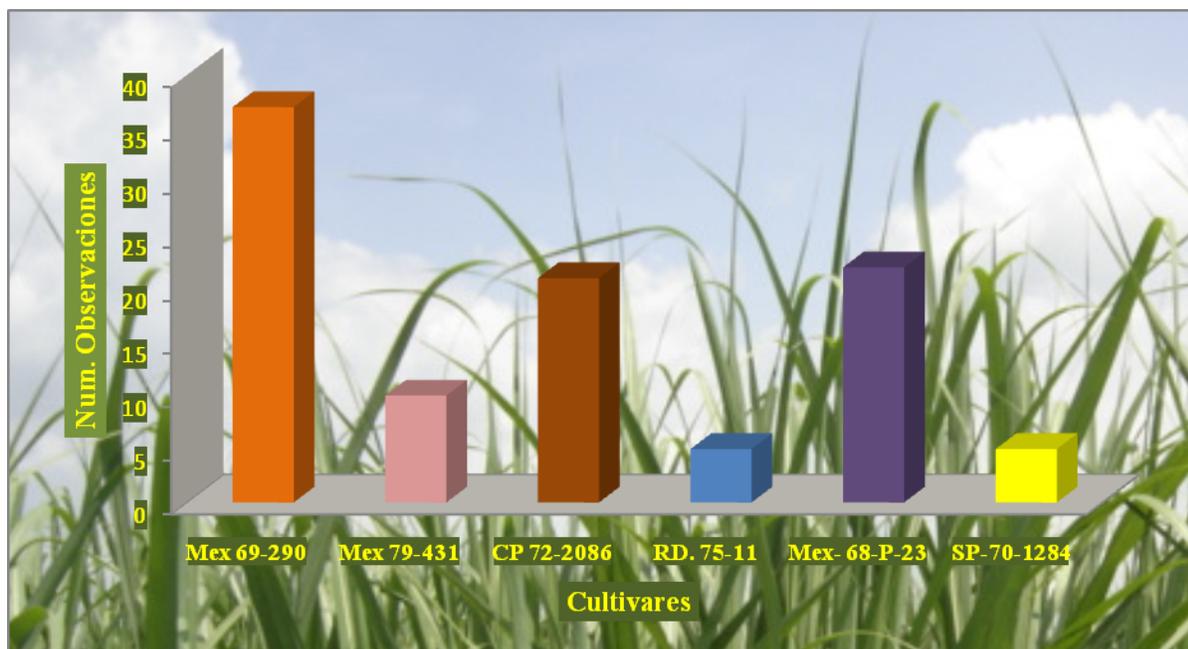


Figura 5. Cultivares sembradas por los productores encuestados en el área de influencia del IPBJ.

El cultivar Mex 79-431 presenta un rendimiento promedio de 71.7 t ha⁻¹, los cultivares SP-70-2084 y Mex 69-290 entre 65 y 66 t ha⁻¹ respectivamente y los cultivares con menor rendimiento fueron: Mex- 68-P-23 con 58.2 t ha⁻¹ y CP-70-2084 (Figura 6). Estos resultados coinciden con los reportados por Ortiz (2005), donde el rendimiento de campo del cultivar Mex 79-431 son mayores a 70 ton ha⁻¹ y los cultivares con poca respuesta son los tres últimos que se mencionan con rendimientos menores a 65 ton ha⁻¹. Por otra parte, la disminución de los rendimientos en estos cultivares, se debe a que no existe un manejo agronómico adecuado por parte del productor y la falta de inspección por parte del ingenio, así como a las inadecuadas condiciones del campo, ya que están en su mayoría envejecidos.

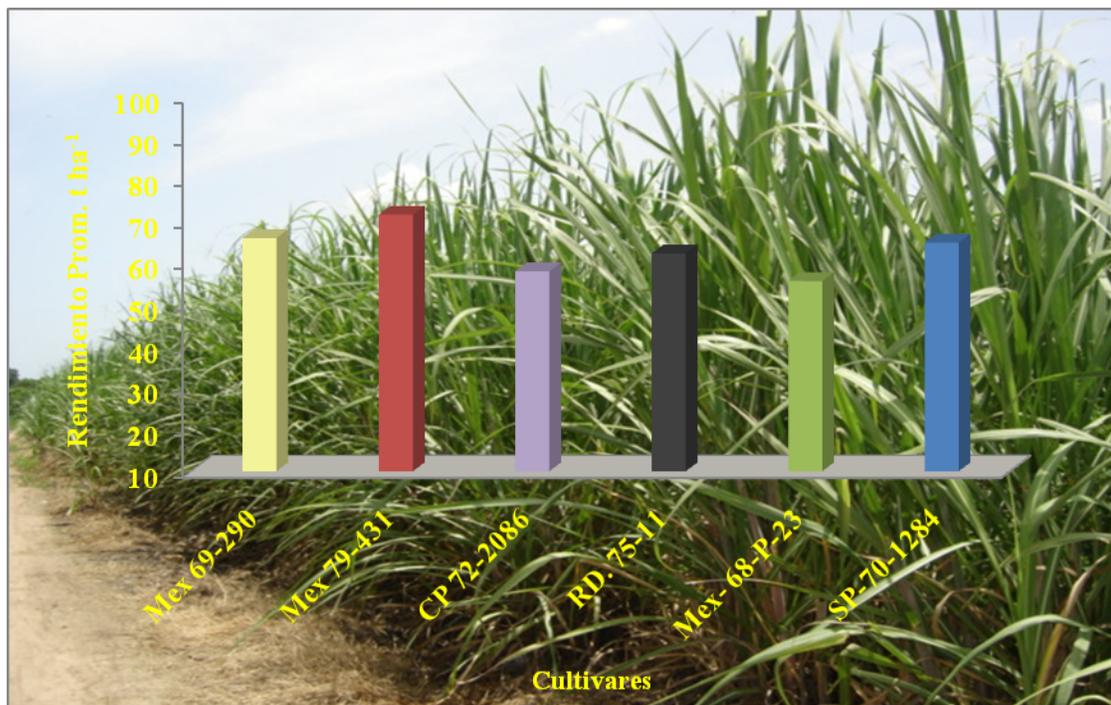


Figura 6. Rendimiento promedio de los cultivares sembrados los productores encuestados en el área de influencia del IPBJ.

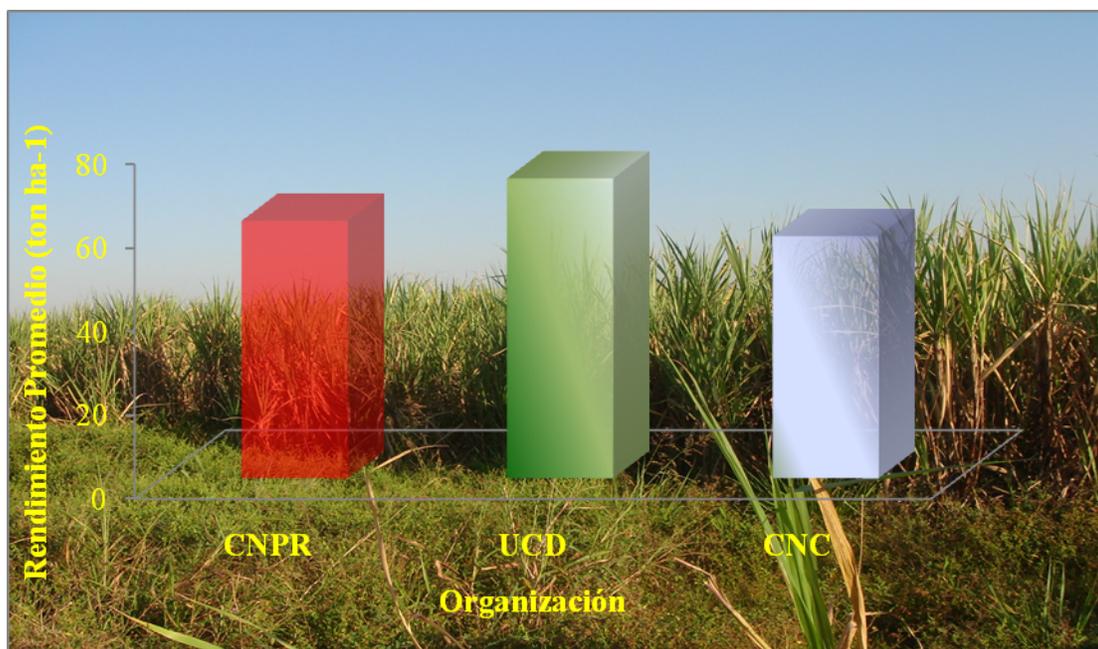


Figura 7. Rendimiento promedio de las organizaciones a las que pertenecen los productores encuestados del IPBJ zafra 2006-2007

Se detectó una importante relación entre los rendimientos y la organización a la que pertenecen los productores en la Figura 7. La organización UCD, es la que mejores rendimientos obtuvo en la zafra 2006-2007, en comparación con las dos grandes organizaciones a nivel nacional CNC y CNPR, esto se explica porque los productores que pertenecen a la UCD, están sembrando los cultivares con mayor rendimiento como la Mex- 79-431, mientras que las otras organizaciones tienen en su superficie la Mex 69-290 y Mex 68-P23, que reportan menores rendimientos.

8.2.5 Riego y Drenaje

En el área de abastecimiento del IPBJ no se realiza ninguna actividad relacionada con el Riego, el 100% del área es de temporal. En este sentido, aunque el IPBJ es un ingenio eminentemente de temporal, las condiciones de lluvia y la distribución de la misma se consideran suficientes para lograr rendimientos de campos más altos. Existe además la posibilidad de reforzar las temporadas de estiaje que por lo regular son cortas, con riegos de auxilio que se pueden lograr con las fuentes de agua disponible ya muy poca profundidad (Ortiz, 2005).

Cabe mencionar que el drenaje es una de las actividades de mayor importancia en el cultivo de caña de azúcar. Por las altas precipitaciones que se presentan en algunas partes del área, la textura arcillosa de los suelos y la baja altitud que existe en la zona (menor a 20 mnsnm), se presentan excesos de humedad, creando condiciones adversas al cultivo al aumentarse el manto freático. Por esta situación el establecimiento de drenes para las zonas bajas es indispensable (Salgado *et al.*, 2009b).

8.2.6 Fertilización

Los productores encuestados utilizan las siguientes fuentes de fertilizantes: triple 17 (32%), 26 % utilizan el complejo 20-10-10 y el 12% aplicaron 20-10-20; todos ellos, adquiridos en el ingenio. El 98% de los encuestados aplican el fertilizante en una sola aplicación. El 75% aplica una dosis de 600 kg ha⁻¹ y la fecha de aplicación es en el mes de agosto. La forma de aplicación es realizada en un 48% de forma manual, el 39% utiliza maquinaria y el 11% combina ambos métodos. El 86% de los productores indican que el ingenio es quien determina la dosis de aplicación; sólo el 1% utiliza la metodología del análisis de suelos para determinar los requerimientos de fertilización; y el 11% lo hace por experiencia propia. Las dosis de fertilizantes con triple 17 y complejo 20-10-20, están desbalanceadas, si se considera que la dosis de fertilizantes recomendada por el IMPA es 120-60-60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, esto implica aplicar de 350 kg ha⁻¹ de triple 17 más 150 kg de urea, en una sola aplicación en cualquier ciclo (Salgado *et al.*, 2009b).

8.2.7 Deshierbes, control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades constituye uno de los problemas que mayor atención requiere el campo cañero. La incidencia de cualquiera de ellos disminuye considerablemente el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Los productores encuestados realizan el deshierbe utilizando el método químico aplicado de manera manual; empleando en su mayoría herbipol con guerrero o con urea, aplicando 2 litros por cada 200 litros de agua, haciendo entre una y dos aplicaciones al cultivo. El combate a las malezas se realiza principalmente para evitar la competencia por nutrientes del suelo entre la caña y la maleza, pues afecta al rendimiento del cultivo. El 92% de los encuestados controla plagas, 32% menciona que la rata es la principal plaga, 27% menciona al barrenador, y el resto la presencia de Trips. El daño que ocasiona la rata cañera, se presenta durante todo el año, sin

embargo, se reportan incrementos de su ataque en los meses de la zafra que son los más secos. La rata disminuye el rendimiento hasta en un 15%. Para su combate el 49% utiliza rodenticidas como el Klerac y el 41% aplica nuvacron para el control de la mosca pinta. Cabe destacar que el 100% de los productores no combate enfermedades.

Estos resultados coinciden con un diagnóstico visual que se realizó en la zona como se muestra en la Figura 8, donde el ataque por rata de campo, la roya, la maleza y el barrenador del tallo son las que mayor incidencia tienen en el área de IPBJ.

8.2.8. Otros factores

Otros elementos que se observaron en campo y que afectan el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar son: el acame, inflorescencias, la presencia de hijuelos, cañas delgadas, tallos cortos, raya roja, hoja amarilla entre otros (Figura 9).

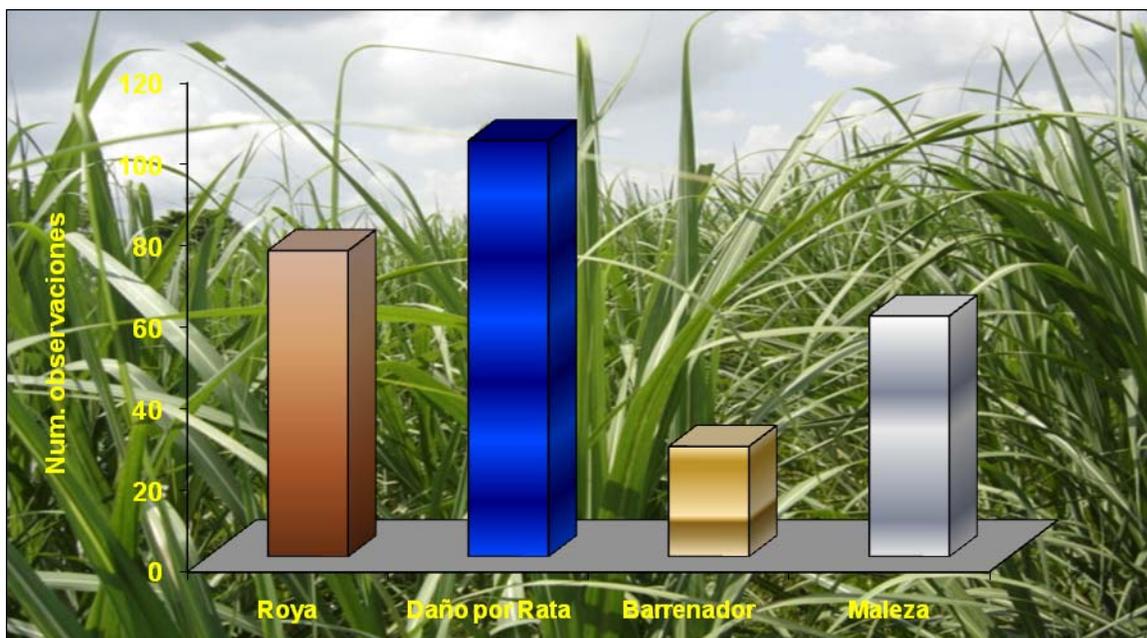


Figura 8. Principales daños ocasionados por plagas, enfermedades y malezas a la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.



Figura 9. Principales plagas en el área de influencia del IPBJ: a) raya roja, b) daño por barrenador y c) daño por rata en la caña de azúcar.

8.2.9 Cosecha

La cosecha del ciclo 2006/2007 resultó tener una eficiencia del 79% en campo, de acuerdo a lo reportado por los productores, siendo la principal función del productor la de supervisar las actividades de la cosecha (92%). El 58% mencionó que no recibió asesoría y el precio pagado por la materia prima fue de \$357.00 la tonelada.

De acuerdo al SIAP (2009), el precio medio rural más alto que se paga por tonelada de caña de azúcar es en San Luis Potosí, de 1997 a 2007, el precio pasó de \$230.00 a \$406.00 por tonelada, lo que representa una tasa media de crecimiento de 5.8%. A nivel nacional, el precio por tonelada de caña de azúcar se ubicó en \$299.00 en promedio, representando una tasa media anual de crecimiento de 6% de 1997 a 2007.

Actualmente la disponibilidad del azúcar está bajo fuertes presiones tanto en el mercado nacional como a nivel internacional. Las condiciones adversas del clima ocurridas en la India y en Brasil, han provocado que el edulcorante a nivel mundial se ubique en 148.7 millones de toneladas métricas (TM) 10.7% menos que en el ciclo 2006/2007. Esta situación afectó a nivel nacional debido a una menor oferta del producto, por la caída de la producción en el ciclo 2008/2009 (SIAP, 2009). Actualmente se tiene 7.5 kg de azúcar menos por tonelada de caña y el precio por

tonelada no es proporcionalmente pagado. Para este el ciclo 2009/2010 el pago por tonelada de caña neta es de \$467.00 (Cañeros, 2009).

8.2.10. Beneficios y problemas de la caña de azúcar

La importancia del cultivo de la caña de azúcar no sólo recae en la cuestión económica, sino también social. Para el productor tener acceso al beneficio social es básico. El beneficio más importante del cultivo de caña de azúcar para la comunidad es el acceso de los productores al Seguro Social (57%); seguido de la apertura de fuentes de trabajo y la construcción y mantenimiento de las carreteras (Figura 10). Sólo el 7% mencionó que la caña no trae beneficios.

Al respecto Diego (2005), menciona que en La Antigua, Veracruz, el principal interés de cultivar caña de azúcar es por tener acceso al Seguro Social, pues con ello los productores aseguran una pensión.

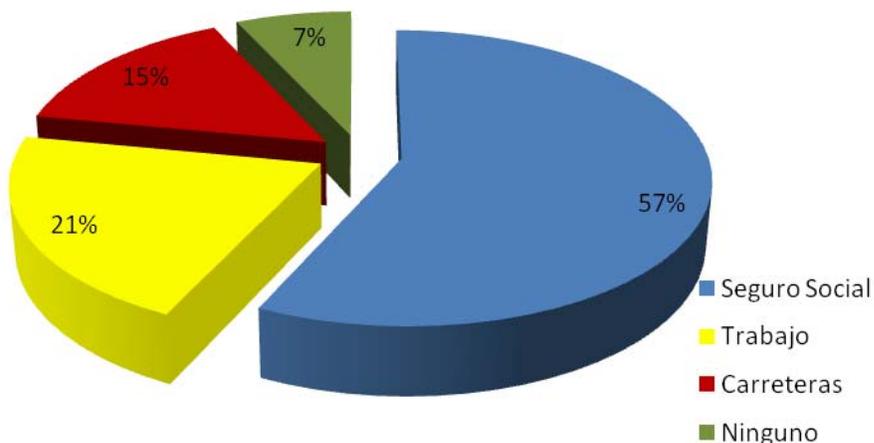


Figura 10. Principales beneficios que tiene en la comunidad el cultivo de la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ.

Aunado a lo anterior, la agroindustria del azúcar en México, constituye una fuente importante de empleo al igual que el proceso de producción primaria, que ocupa el quinto lugar dentro de la agricultura nacional. Como ejemplo, durante la zafra 2002/2003 laboraron en los ingenios y en el

campo 300 mil personas de las cuales el 45 % correspondieron al sector productivo, 28% a los cortadores, el 7% a los transportistas y el 20% restante a los obreros de los ingenios. Estas cifras indican la importancia social y económica del cultivo, donde destaca que el 80% de los empleos están ocupados por productores y cortadores (Salgado *et al.*, 2001).

Por otra parte, los productores encuestados mencionaron que los principales problemas que presenta la caña de azúcar en sus parcelas son: en primer lugar la alta incidencia de plagas y enfermedades, en segundo lugar los problemas que se tienen en el corte y la cosecha, la ineficiencia del Ingenio, entre otros.

8.2.11. Conocimiento del productor de la alta fructosa

Con respecto a la cuestión sobre el conocimiento del productor acerca de la alta fructuosa y su entrada libre al mercado mexicano a partir del 2008, el 75% de los productores desconocen la existencia de la fructuosa y el 25% conoce que su entrada libre al país, abarataría los precios de la caña de azúcar y no sería rentable el cultivo.

Actualmente se consumen 800, 000 toneladas de alta fructuosa (Cañeros, 2009). Esto impacta fuertemente a la situación nacional porque la alta fructuosa proveniente de Estados Unidos, no es más que un endulzante líquido extraído de un cultivo subsidiado (maíz), lo cual hace su producción muy barata. Por el consumo de la alta fructuosa hay una reducción en el mercado industrial del azúcar, como consecuencia de la utilización de este subproducto por parte de la industria refresquera y dulcera.

Se estima que anualmente se consume un millón de toneladas de alta fructuosa, la cual se importa a un precio de cien dólares la tonelada, mientras el azúcar refinada se cotiza en 540 dólares por tonelada, desproporción que desafía a la industria azucarera a abatir sus costos de producción.

Desde octubre de 1997, la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) está aplicando un impuesto compensatorio de 6.1% a las importaciones de alta fructuosa, pero no se ha revertido la tendencia al aumento en las compras de este sustituto altamente demandado por las empresas refresqueras Mundet, Pepsi y Coca Cola, entre otras. Actualmente se realizan consultas

bilaterales en busca de una solución al conflicto azúcar/alta fructosa, de no ser así, Estados Unidos podría aplicar sanciones comerciales a México.

8.3. Componente ecológico

Las condiciones climáticas idóneas que tiene México para el cultivo de la caña de azúcar, la riqueza de sus suelos y las mayores inversiones que se están haciendo para aumentar la productividad en las plantaciones de caña de azúcar en nuestro país, están originando que la producción azucarera mexicana tenga una mayor participación en el mercado mundial.

Por tal motivo se realizaron algunas preguntas de importancia en materia ecológica del cultivo de la caña de azúcar, considerando los siguientes aspectos.

8.3.1 Percepción del productor sobre la caña de azúcar y su impacto al ambiente

En materia ambiental se realizaron algunas preguntas a los productores con respecto al cultivo de caña de azúcar. Al respecto el 70% mencionó que el cultivo de caña es favorable al ambiente. Entre las ventajas ambientales que el cultivo de la caña de azúcar ofrece esta su capacidad de fijar carbono ya que produce una gran cantidad de biomasa, además, genera subproductos valiosos, como es el bagazo que es un combustible renovable, y tiene mucho potencial de diversificación (alcohol, goma xantana, etc.).

Por otra parte, la alternativa más favorable que ofrece la caña de azúcar actualmente, es la producción de etanol. una de las consideraciones por las cuales se está impulsando el uso del biocombustible es su acción positiva con el medio ambiente, el cual es uno de los mecanismos que luchan contra el calentamiento global, ya que reduce las emisiones de CO₂, ya que todas las emisiones de dióxido de carbono que son emitidas por vehículos que se mueven con alcohol es reabsorbido por las plantaciones de caña de azúcar. Además, existe una diferencia en relación con el gas carbónico emitido del petróleo (Franca, 2008).

Por otra parte, entre las razones desfavorables que el cultivo provoca, el 85% mencionó la aplicación de agroquímicos al suelo y el 100% de los productores opinan que la quema contamina al ambiente. Hay que enfatizar que la quema de la caña es una labor cultural que facilita las labores de cosecha de los tallos que van a la fábrica, si se realiza la quema de la caña de azúcar, un cortador cosecha entre cinco y seis toneladas diarias por cortador mientras que si se

realiza en verde la cosecha, sólo cortaría entre dos o tres toneladas diarias (Dávalos, 2007), generando un aumento del 100% en la productividad de los cortadores.

La cosecha en verde se ha venido impulsando en las últimas zafras, como una necesidad ante la falta de cortadores, por ello las organizaciones han venido adquiriendo sus cosechadoras mecánicas. En la zafra 2008/2009 se cosechó en verde más de 2500 ha, las cuales no cuentan con el espaciamiento adecuado entresurcos y se carece de los equipos agrícolas para incorporar la paja. Como consecuencia de esta cosecha en verde se tiene áreas compactadas y sujetas a riesgos de incendio, por la paja que se deja sobre el suelo.

8.3.2. Actualización y Descripción de los grupos mayores y subunidades de suelos del IPBJ

Los suelos del área cañera del IPBJ son homogéneos en cuanto a tipo y origen de formación, el grupo dominante es el de los Vertisoles (45.50 %), seguido de Cambisoles (38.55 %) y de menor superficie los Gleysoles (13.84 %), tal como se muestra en el Cuadro 4. Es importante señalar que el origen aluvial de la zona define la mayor parte de las características de los suelos y su fisiografía plana (Figura 11). En este estudio se identificaron siete subunidades de suelos (IUSS Grupo de Trabajo, 2007; Palma-López *et al.*, 2007): Cambisol Endoglético Stagnico (Eútrico, Férrico), Cambisol Endoglético (Arcílico, Eútrico), Cambisol Stagnico (Arcílico, Eútrico), Vertisol Stagnico Glético (Eútrico), Vertisol Stagnico (Eútrico), Cambisol Flúvico (Arcílico, Eútrico) y Gleysol Háplico, todas estas subunidades en una superficie total de 92, 973.32 ha.

Cuadro 3. Subunidades de suelos y superficie ocupada dentro del área de abastecimiento del ingenio PBJ

Subunidad	Simbolo	Número de perfil	Superficie	
			(ha)	(%)
Cambisol Flúvico (Arcillico Eútrico)	CMfl (ceeu)	13, 17, 21 y 22	14819.8	15.94
Cambisol Endogleyico (Arcillico Eútrico)	CMng(ceeu)	3	9179.5	9.87
Cambisol Endogleyico Estágnico (Eútrico Ferrico)	CMngst(eufr)	1, 10, 19 y 20	9700.6	10.43
Cambisol Estágnico(Arcillico Eútrico)	CMst(ceeu)	4 y 8	2139.6	2.30
Gleysol Háplico (Arcillico Eútrico)	GLha(ceeu)	2, 5, 11, 15, 18, 23 y 24	12869.7	13.8
Vertisol Estágnico Gleyico (Eútrico)	VRglst(eu)	6, 7 y 12	6165.8	6.63
Vertisol Pélico	VRpe		270.6	0.29
Vertisol Estágnico (Eútrico)	VRst(eu)	9, 14 y 16	35864.2	38.57
Bancos de arena (BA)			47.7	0.05
Laguna			18.9	0.02
Poblados			1865.8	2.01
Cauce antiguo			31.0	0.03
Total			92973.3	100.00

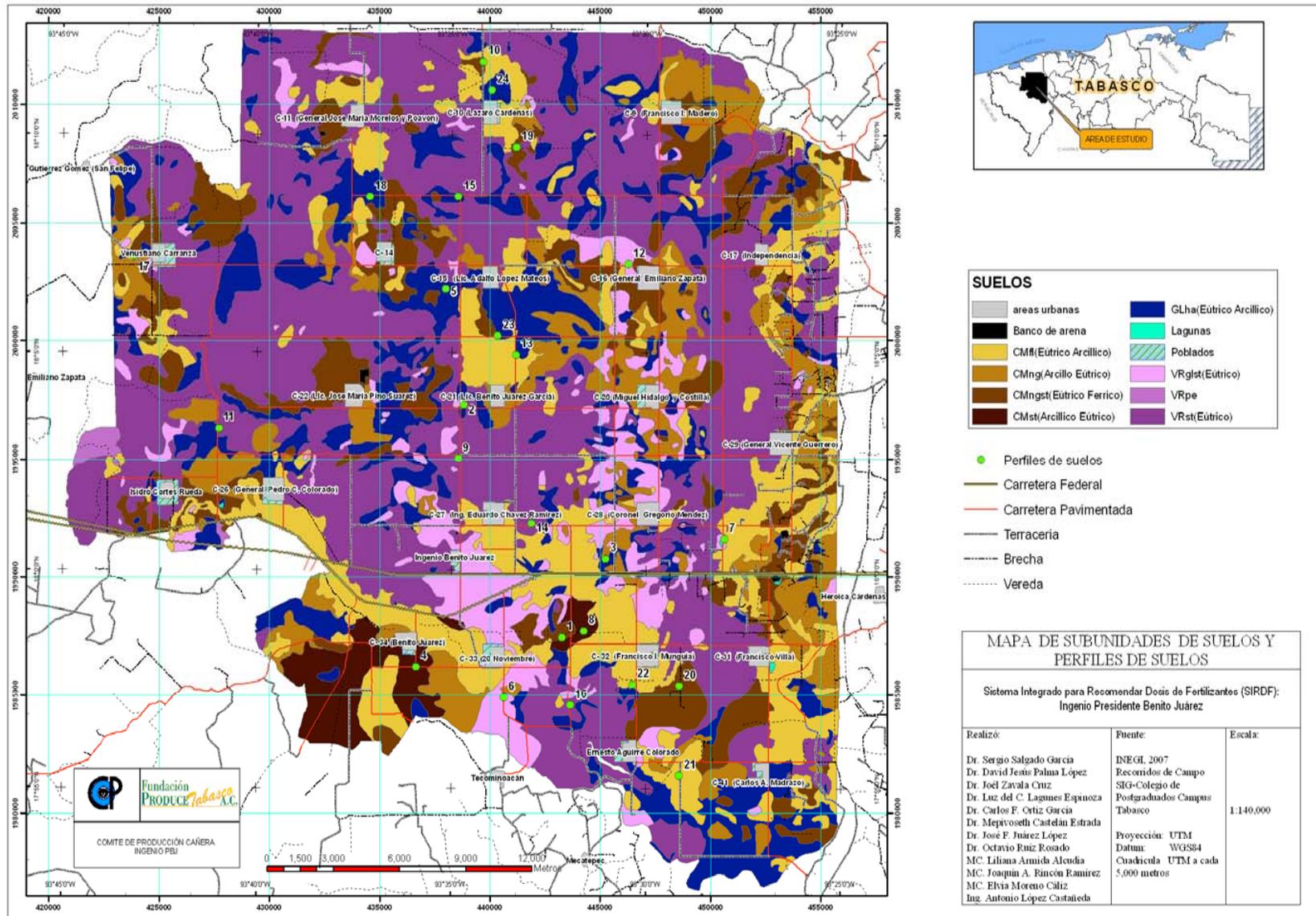


Figura 11. Mapa de subunidades de suelos del IPBJ y ubicación de los perfiles de suelos.

8.3.3 Descripción de las Unidades y subunidades de suelos

La descripción de las unidades y subunidades de suelos actualizada se presenta a continuación:

8.3.3.1. Cambisoles (CM)

Suelos que tienen un horizonte cámbico dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo y dentro de los 25 cm o más desde la superficie del suelo o 15 cm; o un horizonte antraquico, hortic, hidragrico, irragrico, plágico o horizonte, terrico; o un frágico, petroplintico, pisoplintico, sálico o vértico dentro los 100 cm desde la superficie del suelo (IUSS Grupo de Trabajo, 2007; Palma-López *et al.*, 2007).

En este estudio se identificaron 4 subunidades: Cambisol flúvico (Arcillico Eútrico), Cambisol Estágnico Endogléyico (Eútrico Férrico); Cambisol Endogléyico (Arcillico Eútrico), y Cambisol Estágnico (Arcillico Eútrico).

Fisiográficamente estos suelos se localizan en planicies planas, el material parental está constituido, en la mayor parte de los casos, por sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente. Nutritionalmente son suelos ricos y con pH de moderadamente ácido a neutro.

8.3.3.1.1. Cambisol Flúvico (Arcillico Eútrico)

Suelos que tienen material flúvico de 25 cm de espesor o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; presenta un estrato arcilloso de 30 cm de espesor o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; una saturación de bases (por NH₄OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo o 20 cm de espesor de roca continua, cementada o endurecida.

Se distribuyen en los poblados C-20, C-28, C-40, del plan Chontalpa, fisiográficamente se localizan en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes que no exceden el 2% y relieve plano (Figura 11). Presenta textura arcillosa en todos los horizontes del perfil, es un suelo joven con perfil poco desarrollado (IUSS Grupo de Trabajo, 2007).

Esta subunidad presenta bajos índices de infiltración. Químicamente presenta un pH de moderadamente ácido a neutro, contenido de P que se incrementan con la profundidad de medios a bajos. Los contenidos de K, disminuyen de medios a bajos con la profundidad, presenta contenidos muy bajos de MO y contenidos altos a muy bajos de N en todo el perfil de suelo. El

perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 12, ocupa una superficie de 14819.8 ha que representan el 15.94 % del total del área de estudio. El uso que se le da a estos suelos es principalmente el cultivo con caña de azúcar.

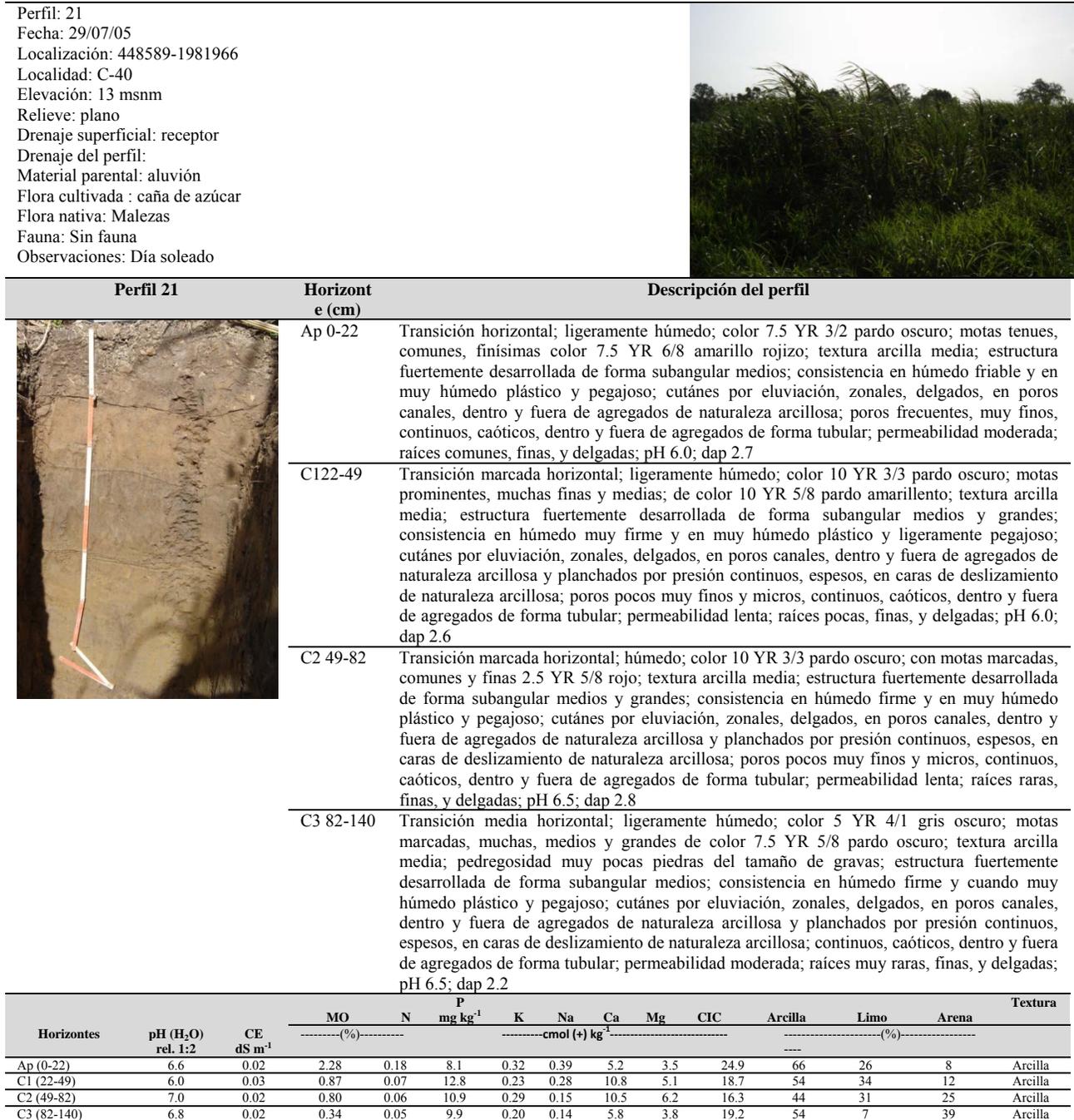


Figura 12. Perfil representativo de la subunidad Cambisol Flúvico (Arcillo Eútrico)

8.3.3.1.2. Cambisol Endoglético (Arcillíco Eútrico)

Suelos que tienen entre 50 y 100 cm desde la superficie de suelo mineral en algunas partes condiciones de reducción y un 25 por ciento o más del volumen del suelo un patrón de color glético. Una saturación de bases (por NH_4OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo. Así mismo, estos suelos presentan un estrato arcilloso de 30 cm de espesor o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (IUSS Grupo de Trabajo, 2007).

Esta subunidad se distribuye en el poblado C-28, del plan Chontalpa, fisiográficamente se localiza en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes que no exceden el 2% y con relieve cóncavo. El material parental de estos suelos son los aluviones y sedimentos palustres del Cuaternario Reciente (Figura 11).

La textura es arcillosa a lo largo perfil, es un suelo joven, con perfil poco desarrollado. Presenta bajos índices de infiltración, químicamente presenta un pH que varía con la profundidad de moderadamente ácido a neutro, los contenidos de P disminuyen con la profundidad de altos a medios. Los contenidos de K y MO disminuyen con la profundidad de medios a bajos y contenidos medios de N en todo el perfil.

El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 13, ocupa una superficie de 9179.5 ha que representa el 10.43 % del total del área de estudio. El uso que se le da a estos suelos es principalmente con caña de azúcar, y en algunas zonas se observa con cultivo de maíz, cacao y plátano.

Perfil: 3
 Fecha: 12/marzo/06
 Localización: 445247- 1990761
 Localidad: C- 28
 Elevación: 9 msnm
 Relieve: cóncavo
 Drenaje superficial: receptor
 drenaje del perfil: pobremente drenado
 Material parental: aluviones
 Flora cultivada : caña de azúcar, maíz, cacao, plátano
 Flora nativa: ninguna
 Fauna: pájaros y culebras
 Observaciones: secreciones de carbono por quema



Perfil 3	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
	Ap 0-40	Limite horizontal; Húmedo; color 10 YR 4/2 gris oscuro; Motas tenues pocas y finisimas color 10 YR 5/6 café amarillento; textura arcilla fina; estructura fuertemente desarrollada; de forma poliédrica subangular y angular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo muy firme y cuando muy húmedo muy pegajoso y muy plástico; cutánes por eluviación, zonales delgados en poros canales dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa; poros frecuentes muy finos y finos, caóticos continuos dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces pocas, delgadas y finas; fauna, hormigas rojas y lombrices; pH 5.5.
	Bw 40-120	Limite horizontal; húmedo; color 10 YR 4/4 café amarillento oscuro; motas prominentes comunes de tamaños medios; textura arcilla fina; estructura fuertemente desarrolladas de forma angular y subangular de tamaños medios y grandes; cutánes por eluviación, zonales delgados en poros canales dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa; poro mu poco muy finos, caóticos continuos dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad muy lenta; raíces raras y delgadas; pH 6.0.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO		N	P mg kg ⁻¹	K	Na	Ca	Mg	CIC cmol (+) kg ⁻¹	Arcilla	Limo	Arena	Textura
			-----(-)-----												
Ap (0-40)	5.7	0.02	2.4	0.12	36.7	0.33	0.19	9.2	3.5	21.8	54	14	32	Arcilla	
Bw (40-120)	6.8	0.02	0.9	0.06	5.6	0.28	0.38	13.3	4.9	26.6	56	12	32	Arcilla	

Figura 13. Perfil representativo de la subunidad Cambisol Endoglético (Arcillíco Eútrico)

8.3.3.1.3. Cambisol Estágnico Endoglético (Eútrico Férrico)

Son los Cambisoles que presentan entre 50 y 100 cm desde la superficie de suelo mineral en algunas partes, condiciones de reducción por algún tiempo durante el año y un 25 por ciento o más del volumen del suelo un patrón de color gléyico ó estágnico sólo o combinado. Otra característica que destaca es una saturación de bases (por NH₄OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, así como la presencia de un horizonte férrico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (IUSS Grupo de Trabajo, 2007).

Fisiográficamente se ubican en planicies planas, el material parental de estos suelos son los aluviones del Cuaternario Reciente, es un suelo joven con perfil poco desarrollado. Esta subunidad se encontró en los poblados C-21, C-10, C-32 y C-33, del plan Chontalpa (Figura 11). La textura que presenta es desde migajón arcillosa a arcillosa a lo largo de todo el perfil.

Esta subunidad presenta bajos índices de infiltración, químicamente presenta un pH que varía con la profundidad de moderadamente ácido a neutro, el contenido de P es irregular a lo largo del perfil. El contenido de K se incrementa con la profundidad de bajo a medio, el contenido de MO disminuye con la profundidad de bajo a muy bajo; el contenido de N disminuye con la profundidad de medio a bajo. El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 14, ocupa una superficie de 9700.6 ha que representa el 10.43% del total del área de estudio. El uso principal que se le da a estos suelos es con caña de azúcar.

8.3.3.1.4. Cambisol Estágnico (Arcillíco Eútrico)

Estos suelos presentan dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo mineral en alguna parte condiciones de reducción por algún tiempo durante el año y en un 25 por ciento o más en el volumen del suelo, un patrón de color estágnico; una saturación de bases (por NH_4OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo y la presencia un estrato arcilloso de 30 cm de espesor o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (IUSS Grupo de Trabajo, 2007).

Esta subunidad se distribuye en los poblados C-31 y C-34, del plan Chontalpa, fisiográficamente se localizan en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes que no exceden el 2% y relieve cóncavo-convexo e irregular (Figura 11). La textura que presenta es arcillosa a lo largo perfil.

Estos suelos tienen bajos índices de infiltración, químicamente presenta un pH que varía con la profundidad de moderadamente ácido a mediadamente alcalino, el contenido de P disminuye con la profundidad de alto a bajo. El contenidos de K, disminuyen irregularmente con la profundidad de medio a muy bajo, presenta contenidos medios de MO y el contenido de N es medio en todo el perfil. El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 15, ocupa una superficie de 2139.6 ha que representa el 2.3 % del total del área de estudio. El uso que se da a estos suelos es principalmente con caña de azúcar.

Perfil: 10
 Fecha: 26/07/05
 Localización: 441263-2000005
 Localidad: C-21
 Elevación: 7msnm
 Relieve: plana
 Drenaje superficial: receptor
 drenaje del perfil: pobremente drenado
 Material parental: materiales aluviales
 Flora cultivada : caña de azúcar
 Flora nativa: selvas medianas perennes
 Fauna: hormigas
 Observaciones: manto freático a 158



Perfil 10	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
	Ap 0-13	Limite horizontal; húmedo; color 2.5 YR 5/0 gris; motas tenues, comunes, finísimas color 2.5 YR 4/8 rojo; textura arcilla limosa; estructura fuertemente desarrollada de forma laminar muy delgada a los 7 cm; poliédrica subangular fina y media; consistencia en húmedo friable y cuando muy húmedo ligeramente plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, zonales, delgados, de naturaleza arcillosa; poros frecuentes, micros y muy finos, continuos caóticos, dentro y fuera de agregados; permeabilidad lenta; raíces, abundantes, finas y delgadas; fauna, lombrices; pH 6.0; Da 2.3.
	A2 13-33	Limite medio horizontal, húmedo; color 5 YR 4/1 gris oscuro, motas prominentes, comunes, finas color 5 YR5/8 rojo amarillento; textura arcillo limosa; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica subangular y angular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo ligeramente pegajoso y plástico; cutanes por eluviación, zonales, delgados, en poros canales, de naturaleza arcillosa; poros pocos, micros, continuos caóticos, dentro y fuera de agregados; permeabilidad lenta; raíces, pocas y finas; fauna, lombrices; pH 6.0; Da 1.96
	Bw 33-84	Limite tenue horizontal; húmedo; color 5 YR 4/1 gris oscuro; motas marcadas, comunes, finas, color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura migaron arcillo limosa; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular, media y grande; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutanes planchados por presión continuos, espesos, en caras de agregados y por eluviación zonales, delgados, en poros canales, de naturaleza arcillosa; nódulos, frecuentes, pequeños, rojo oscuro, blandos, subangulares, de óxidos de Fe; poros, pocos, micros, continuos caóticos, dentro y fuera de agregados; permeabilidad, lenta; raíces, pocas y finas, pH 7.0; Da 1.75.
	C1 84-111	Limite tenue horizontal; húmedo; color 7.5 YR 5/2 pardo; motas marcadas, comunes, finas, color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura migaron arcillo limosa; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular, media y grande; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutanes planchados por presión continuos, espesos, en caras de agregados y por eluviación zonales, delgados, en poros canales, de naturaleza arcillosa; nódulos, frecuentes, pequeños, rojo oscuro, blandos, subangulares, de óxidos de Fe; poros, pocos, micros, continuos caóticos, dentro y fuera de agregados; permeabilidad, lenta; raíces, pocas y finas, pH 7.0; Da 1.75.
	C2 111-162	Limite medio horizontal; Muy húmedo; color 10 YR 5/1 gris; con motas prominentes, muchas, finas color 7.5 YR pardo fuerte; textura migaron arcillo limosa; con muy pocas piedras de tamaño de grava; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica subangular, media; consistencia en húmedo friable y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutanes por eluviación, zonales delgados, en poros canales de naturaleza arcillosa; nódulos frecuentes pequeños de color ocre, blandos; poros, pocos micros y muy finos, discontinuos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces, muy raras y finas; pH 6.5; Da 1.25.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO	N	P	K	Na	Ca	Mg	CIC	Arcilla	Limo	Arena	Textura
			-----(%)-----			mg kg ⁻¹	-----cmol (+) kg ⁻¹ -----			-----(%)-----				
Ap(0-13)	5.6	0.03	1.3	0.11	4.5	0.20	0.53	5.0	2.6	11.0	34	38	28	Migajón arcilloso
A2 (13-33)	6.3	0.02	0.7	0.07	12.3	0.25	0.29	6.7	4.0	11.5	38	36	26	Migajón arcilloso
Bw (33-84)	7.0	0.02	0.6	0.07	4.2	0.33	0.28	7.6	5.2	13.9	46	32	22	Arcilla
C1 (84-111)	7.1	0.02	0.4	0.05	6.1	0.21	0.29	2.7	2.7	14.8	40	32	28	Arcilla
C2 (111-162)	7.2	0.01	0.2	0.09	8.2	0.25	0.22	7.0	5.9	14.4	40	34	26	Arcilla

Figura 14. Perfil representativo de la subunidad Cambisol Estágnico Endoglético (Eútrico Férrico)

Perfil: 4
 Fecha: 28/07/05
 Localización: 436721, 1986275
 Localidad: C-34
 Elevación: 25 msnm
 Relieve: ligeramente cóncavo-convexo
 Drenaje superficial: donador
 drenaje del perfil: imperfectamente drenado
 Material parental: Aluviones estables
 Flora: caña de azúcar de 9 a 10 meses
 Flora nativa: Ninguna
 Fauna: hormigas y lombrices
 Observaciones: en el horizonte 1 y 2 se encontraron fragmentos de carbón de quema.



Perfil 4	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
----------	----------------	------------------------



Ap 0-15	Transición horizontal; muy húmedo; color en seco 10 YR 4/5 pardo fuerte con motas tenues, pocas muy finas y finas color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura arcilla media; pedregosidad muy pocas de tamaño de grava; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular de tamaños medios; consistencia firme en húmedo y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutánes por eluviación, zonales, delgados en poros canales de naturaleza arcillosa; nódulos pocos, muy pequeños de óxidos de hierro, blandos; pH de 6.5; poros frecuentes, muy finos y finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados y de forma tubular; permeabilidad moderada; raíces abundantes, finos y delgadas; fauna hormigas y lombrices; densidad con penetrómetro 0.7 0.2,0.2,0.3.
Bw 15-76	Transición horizontal marcada; muy húmedo; color 5 YR 6/2 gris rosáceo; motas prominentes, muchas y finas de color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura arcilla media; pedregosidad muy pocas de tamaño de gravas; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular, de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutánes por eluviación, zonales, delgados en poros canales de naturaleza arcillosa; nódulos frecuentes, pequeños de óxido de hierro, blandos de forma ovoidal; pH 6.0; poros frecuentes, muy finos y finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados y de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces comunes, delgadas y finas; densidad 1.0, 0.8, 0.6.
C1 76-129	Transición horizontal marcada; Muy húmedo; color 10 YR 4/1 gris oscuro ; motas marcadas, comunes y finas de color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura arcilla media; pedregosidad muy pocas de tamaño de grava; estructura fuertemente desarrollada de forma angular y subangular, de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedos muy firme, cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutánes por eluviación, zonales, delgados en poros canales de naturaleza arcillosa, planchados por presión, continuos, espesos dentro y fuera de agregados en caras de deslizamientos de naturaleza arcillosa; nódulos frecuentes medianos de óxidos de hierro, blandos de forma angular y ovoidal; pH 6.5; poros pocos, micros y muy finos , continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados y tubulares; permeabilidad lenta; raíces pocas, delgadas y finas; dap 1.0,1.0,0.8.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO		N	P mg kg ⁻¹	K Na Ca Mg				CIC	Arcilla Limo Arena			Textura	
			-----(%)-				-----cmol (+) kg ⁻¹ -----					-----(%)-				
Ap (0-15)						0.	3	0.2								
	6.2	0.03	2.5	0.14	17.3	0	0	8.7	3.4	18.7	52	24	24	Arcilla		
Bw (15-76)						0.	1	0.4	12.							
	6.7	0.02	2.0	0.07	5.3	5	5	5	8.7	21.1	60	22	18	Arcilla		
C1 (76-129)						0.	2	1.7	18.	14.						
	7.5	0.04	0.8	0.07	2.2	1	7	2	1	26.8	68	18	14	Arcilla		

Figura 15. Perfil representativo de la subunidad Cambisol Estágnico (Arcillíco Eútrico)

8.3.3.2. Gleysoles (GL)

Suelos formados sobre materiales no consolidados (excluyendo materiales de textura gruesas y depósitos aluviales que tengan propiedades flúvicas), que presentan propiedades gléyicas (saturación con agua durante ciertos periodos del año y que manifiestan procesos evidentes de reducción o una reducción asociada a la segregación del hierro, dichos procesos se pueden observar en el perfil por la presencia de colores azulados o verdosos, ya sea como color dominante o como moteado asociado con colores rojizos, amarillentos u ocres), a menos de 50 cm de profundidad. Los Gleysoles no presentan otros horizontes de diagnóstico que un horizonte A mólico, un horizonte H histico, un horizonte B cámbico, un horizonte cálcico o un horizonte gypico; no deben tener las características de diagnóstico de un Vertisol o un Arenosol, ni propiedades sálicas; no deben tener plintitas a menos de 125 cm de profundidad (IUSS Grupo de Trabajo, 2007; Palma-López *et al.*, 2007).

8.3.3.2.1. Gleysol Háptico (GLha) (Eútrico Arcilloso)

Suelos que tienen la expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay caracterización ulterior o significativa) y ninguno de estos calificadores se aplica. Estos suelos además presentan una saturación de bases (por NH_4OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo; así como la presencia de un estrato arcilloso de 30 cm de espesor o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo. Una característica de estos suelos es que en la época de lluvias el manto freático se encuentra en promedio a un metro de profundidad. Fisiográficamente ocupan zonas bajas con pendiente plana a ligeramente cóncava inferior a 0.5%, presentan un drenaje pobremente drenado (IUSS Grupo de Trabajo, 2007). El material parental de estos suelos es derivado de sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente.

Se distribuyen en los poblados C-22, C-28, C-15, C-20, C-11, del plan Chontalpa, fisiográficamente se localizan en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes planas (Figura 11). Presenta textura arcillosa en todos los horizontes del perfil. Esta subunidad presenta problemas de infiltración, químicamente presenta un pH de moderadamente ácido a lo largo de todos los horizontes del perfil, el contenido de P, K y MO disminuyen con la profundidad de medios a bajos, el contenido de N disminuye de medio a muy bajo con la profundidad del suelo. El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 16, ocupa una superficie de

12869.6 ha que representa el 13.80 % del total del área de estudio. El uso que se da a estos suelos es principalmente con caña de azúcar.

Perfil: 24
 Fecha: 13/03/06
 Localización: 431245-2000250
 Localidad: C-22
 Elevación: 12 msnm
 Relieve: plano
 Drenaje superficial: normal
 drenaje del perfil: pobremente drenado
 Material parental: aluviones recientes
 Flora cultivada : caña de azúcar
 Flora nativa: selvas medianas perennes
 Fauna: ganadería, gavilanes, aves pequeñas.
 Observaciones: potreros aldeaños, en su mayoría son pastizales, manto freático a 1 m de profundidad



Perfil 24	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
	Ap 0-20	Transición marcado horizontal; ligeramente húmedo; color Gley 1 5/10 Y gris verdoso; motas comunes , finas, de color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura arcilla fina; estructura fuertemente desarrollada, forma, angular, de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo muy firme y en muy húmedo muy plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, continuos, delgados, en poros canales, dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa y óxido de Fe; nódulos de carbón pequeños, blandos; poros frecuentes, muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces comunes y delgadas; fauna hormigas; pH 6.0.
	C1 20-70	Transición marcado horizontal; ligeramente húmedo; color Gley 1 5/10 Y gris verdoso; motas comunes, finas, de color 10 YR 5/8 pardo amarillento; textura arcillosa; estructura fuertemente desarrollada; de forma subangular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo muy firme y en muy húmedo muy plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, continuos, delgados, en poros canales, dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa y óxido de Fe; poros frecuentes micros y muy finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces pocas finas y delgadas; fauna hormigas; pH 6.0.
	C2 70-100	Transición tenue horizontal; ligeramente húmedo; color Gley 1 6/10 Y gris verdoso; motas comunes , finas, de color 10 YR 5/8 pardo pardo amarillento; textura arcillosa; estructura fuertemente desarrollada, de forma subangular de tamaños medio y grandes; consistencia en húmedo muy firme y en muy húmedo plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, continuos, delgados, en poros canales, dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa y óxido de Fe y planchados por presión, zonales, espesos, en caras de deslizamientos de naturaleza arcillosa; continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad lenta; pH 6.0.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO		N -----(-%)-----	P mg kg ⁻¹	K	Na	Ca	Mg	CIC -----cmol (+) kg ⁻¹ -----	Arcilla	Limo	Arena	Textura
			-----(-%)-----	-----(-%)-----											
Ap (0-20)	5.6	0.05	2.2	0.12	7.0	0.3	0.2	17.				51	9	40	Arcilla
C1 (20-70)	6.1	0.10	1.1	0.06	0.6	0.2	0.6	15.				52	11	37	Arcilla
C2 (70-100)	6.5	0.02	0.6	0.04	7	0.2	0.8	12.				53	10	37	Arcilla

Figura 16. Perfil representativo de la subunidad Gleysol Háplico (Arcillíco Eútrico)

8.3.3.3. Vertisoles (VR)

Son suelos que tienen un horizonte vértico dentro de 100 cm de la superficie del suelo, y luego que los 20 cm superiores han sido mezclados, 30 por ciento o más de arcilla en todos los horizontes entre la superficie del suelo y a lo largo del horizonte vértico; posee grietas que se abren y se cierran periódicamente; poseen grietas que se forman la mayor parte de los años debajo de la superficie, en alguna época de año (a menos que estén irrigados), que tienen por los menos 1 cm de ancho a la profundidad de 50 cm; tienen caras de deslizamiento (caras de frotamiento o “slikensides”) con intersecciones (recortes), y/o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedo a una profundidad entre 25 y 100 cm, con o sin “gilgai” (microrelieve en forma de pequeños promontorios producidos por los fenómenos de expansión y contracción). En este estudio se identificaron dos subunidades: Vertisol gleyico estágnico (Eútrico) y Vertisol estágnico (Eútrico) (IUSS Grupo de Trabajo, 2007; Palma-López *et al.*, 2007).

Fisiográficamente estos suelos se localizan en planicies con ligera inclinación (Figura 11), el material parental de estos suelos esta constituido, en la mayor parte de los casos, por sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente. Son suelos cuya profundidad varía de 60 a más de 200 cm, de texturas arcillosas. Nutritionalmente son suelos ricos y con pH de ligeramente ácido a neutro.

8.3.3.3.1. Vertisol Estágnico Gléyico (Eútrico)

Son suelos que presentan dentro de los 100 cm desde la superficie de suelo mineral en algunas partes condiciones de reducción por algún tiempo durante el año y un 25 por ciento o más del volumen del suelo un patrón de color gléyico o estágnico. Estos suelos presentan una saturación de bases (por NH_4OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo.

Esta subunidad se distribuye en los poblados C-16, C-18 y C-33, del plan Chontalpa (Figura 11), fisiográficamente se localizan en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes que no exceden el 2%. La textura que presenta es arcillosa en todo el perfil, es un suelo joven con perfil poco desarrollado.

Esta subunidad tiene bajos índices de infiltración, presenta problemas de labranza en la época de lluvias y de agrietamiento en la época de sequía. Químicamente presenta un pH que varía con la

profundidad de neutro a medianamente alcalino, el contenido de fósforo varía de bajo a alto, el contenido de K se considera bajo, presenta contenidos de materia orgánica de medios a muy bajos; el contenido de N varía con la profundidad de bajo a muy bajo.

El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 17, ocupa una superficie de 6165.8 ha que representa el 6.6 % del total del área de estudio. El uso principal que se le da a estos suelos es con caña de azúcar.

8.3.3.3.2. Vertisol Estágnico (Eútrico)

Suelos que tienen dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo mineral en alguna partes condiciones de reducción por algún tiempo durante el año y en un 25 por ciento o más en el volumen del suelo, un patrón de color estágnico o un horizonte álbico sólo o combinado. Estos suelos además presentan una saturación de bases (por NH_4OAc) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo (IUSS Grupo de Trabajo, 2007).

Esta subunidad se distribuye en los poblados C-27, C-33 y en el C-21, del plan Chontalpa (Figura 11), fisiográficamente se localizan en planicies o llanuras aluviales inundables con pendientes que no exceden el 2%. La textura que presenta es arcillosa en todo el perfil, es un suelo joven con perfil poco desarrollado.

Esta subunidad presenta bajos índices de infiltración, problemas de labranza en la época de lluvias y de agrietamiento en la época de sequía. Químicamente presenta un pH que varía con la profundidad de neutro a medianamente alcalino, el contenido de fósforo se incrementa con la profundidad de medio a alto. Presenta contenidos desde medios a altos de K conforme se incrementa la profundidad, el contenido de materia orgánica es medio y alto el de N. El perfil representativo de esta subunidad se presenta en la Figura 18, ocupa una superficie de 35864.2 ha que representa el 38.57 % del total del área de estudio. El uso principal que se le da a estos suelos es con caña de azúcar.

Perfil: 12
 Fecha: 12/03/06
 Localización: 446374-2003298
 Localidad: C16
 Elevación: 12 msnm
 Relieve: plano
 Drenaje superficial: normal
 drenaje del perfil: pobremente drenado
 Material parental: materiales aluviales
 Flora cultivada : caña de azúcar
 Flora nativa: selvas medianas perennes
 Fauna: aves
 Observaciones:



Perfil 12	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
	Ap 0-55	Transición horizontal; ligeramente húmedo; color 2.5 Y 4/1 gris oscuro; motas marcadas comunes; muy finas de color 10 YR 4/6 pardo amarillento oscuro; textura arcilla limosa; estructura fuertemente desarrollada; de forma angular y subangular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo muy firme y cuando muy húmedo plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, zonales, delgados, en poros canales dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa; poros muy finos y finos, frecuentes caóticos dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad moderada; raíces raras y finas; fauna lombrices; pH 6.0.
	B 55-100	Transición tenue horizontal; ligeramente húmedo; color 2.5 Y 3/1 gris fuertemente oscuro; motas prominentes y muchas color 2.5 Y 5/6 pardo olivo; textura limoso arcilloso; estructura fuertemente desarrollada; de forma angular y subangular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo firme y en muy húmedo muy plástico y muy pegajoso; cutanes por eluviación, zonales, delgados, en poros canales dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa; y planchados por presión en caras de deslizamiento de naturaleza arcillosa; poros muy finos, frecuentes, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad moderada; raíces raras y muy finas; pH 6.0.
	C 100-155	Transición tenue horizontal; ligeramente húmedo; color de matriz en 35% color 2.5 Y 5/1 gris y motas en 65% 2.5 Y 5/6 pardo olivo claro; textura limoso-arcilloso; estructura moderadamente desarrollado; de forma subangular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo pegajoso y plástico; cutanes por eluviación, zonales delgados en poros canales dentro y fuera de agregados de naturaleza arcillosa y de óxidos de Fe; poros pocos micros y muy finos, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad moderada; pH 6.0.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO	N	P	K	Na	Ca	Mg	CIC	Arcilla	Limo	Arena	Textura
			(%)	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	kg ⁻¹	kg ⁻¹	cmol (+)	(%)	(%)				
Ap (0-55)	6.7	0.02	1.07	0.06	3.7	0.19	0.29	9.9	5.2	15.6	51	16	33	Arcilla
B (55-100)	7.3	0.02	0.27	0.10	7.4	0.21	0.40	10.1	3.8	19.9	54	15	31	Arcilla
C (100-155)	7.4	0.02	0.60	0.04	47.4	0.20	0.46	6.8	5.4	19.4	52	14	34	Arcilla

Figura 17. Perfil representativo de la subunidad Vertisol Estágnico Gleyico (Eútrico)

Según los análisis químicos y físicos de los 24 perfiles de suelos indican que la compactación de los dos primeros horizontes puede reducir el crecimiento de las raíces del cultivo (Sánchez-Vera *et al.*, 2003; Armida *et al.*, 2005). La compactación de los suelos cañeros se atribuye principalmente a la entrada de la maquinaria y equipo pesado durante la cosecha. El suelo reduce sus espacios porosos, y con ello disminuye el intercambio gaseoso y drenaje del suelo.

Perfil: 14
 Fecha: 25/07/05
 Localización: 0438631-1994085
 Localidad: C-27, Prop. Florentino Romero Sánchez
 Elevación: 10 msnm
 Relieve: convexo-cóncavo debido al dren construido
 Drenaje superficial: receptor
 drenaje del perfil: Pobremente drenado
 Material parental: materiales aluviales
 Flora cultivada : caña de azúcar
 Flora nativa: originalmente selva baja, con relictos
 Fauna: lombrices
 Observaciones: drenaje construido en la parcela (serie nueva), se logra ver ligeramente el manto freático



Perfil 14	Horizonte (cm)	Descripción del perfil
		Transición horizontal; húmedo; color 5 YR 4/2 gris oscuro rojizo con motas tenues y pocas de color 5 YR 5/8 rojo amarillento; textura arcilla fina; estructura fuertemente desarrollada de forma grumosa y fina y subangular fina y media; consistencia en húmedo firme y cuando muy húmedo muy pegajoso y plástico; cutanes planchados por presión, zonales moderadamente espesos, en caras de agregados de naturaleza arcillosa; poros numerosos, micros y muy finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados; permeabilidad muy rápida; raíces comunes, finas y delgadas; fauna lombrices y hormigas; pH 7.0; Da 0.2.
		Transición marcada ondulada; húmedo; color 5 YR 5/1 gris con motas prominentes, comunes de color 5 YR 5/6 rojo amarillento; textura arcilla fina; estructuralmente fuertemente desarrollada; de forma poliédrica angular; consistencia en húmedo muy firme y cuando muy húmedo muy plástico y muy pegajoso; cutanes planchados por presión, discontinuos, moderadamente espesos en caras de agregados, de naturaleza arcillosa; poros frecuentes micros y muy finos continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados, tubulares; permeabilidad lenta; raíces pocas, finas y delgadas; fauna lombrices y hormigas; pH 7.0. Da 0.98
		Transición irregular; húmedo; color 5 YR 5/8 gris con motas marcadas y comunes de color 7.5 YR 7/8 amarillo rojizo; textura arcilla fina; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular y subangular media y grande; consistencia en húmedo muy firme y cuando muy húmedo muy plástico y muy pegajoso; cutanes planchados por presión continuos, espesos, caras de agregados de naturaleza arcillosa sobre caras de deslizamiento; poros frecuentes, micros continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados, de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces pocas finas y delgadas; pH 7.5; Da 0.83.
		Transición media ondulada; húmedo; color 7.5 YR 6/0 gris con motas prominentes y muchas (50% y 50%); de color 7.5 YR 7/8 amarillo rojizo; textura arcilla fina con muy pocas piedras de tamaño de grava y de forma subangular; estructura fuertemente desarrollada de forma poliédrica angular de tamaños medios y grandes; consistencia en húmedo muy firme y cuando muy húmedo muy pegajoso y muy plástico; cutanes planchados por presión continuos, espesos, caras de agregados de naturaleza arcillosa sobre caras de deslizamiento; poros pocos, micros discontinuos, caóticos, dentro y fuera de agregados, de forma tubular; permeabilidad lenta; raíces raras; finas y delgadas; pH 7.0. Da 0.93.

Horizontes	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO		N	P mg kg ⁻¹	K Na Ca Mg				CIC	Arcilla		Limo	Ar en a	Textura
			-----(%)-				-----cmol (+) kg ⁻¹ -----					-----(%)-				
Ap (0-19)	6.6	0.05	2.8	0.17	8.2	0.47	0.50	17.7	11.1	30.2	80	17	3	Arcilla		
A2 (19-36)	5.7	0.04	3.4	0.19	21.0	0.29	0.37	15.3	10.3	29.7	76	22	2	Arcilla		
C1 (36-88)	7.5	0.04	1.3	0.11	2.3	0.56	0.34	12.1	8.8	32.1	83	15	2	Arcilla		
C2 (88-141)	8.2	0.04	0.5	0.07	2.1	0.97	0.46	17.1	13.3	28.3	84	12	4	Arcilla		

Figura 18. Perfil representativo de la subunidad Vertisol Estagnico (VRst) (Eútrico)

8.3.4. Fertilidad de los suelos del área de abastecimiento del ingenio Presidente Juárez

De acuerdo a los resultados de los análisis físicos y químicos de los suelos para evaluar la fertilidad considerando los promedios de cada propiedad y considerando que estos son similares entre las subunidades y no indican diferencias que demuestren cambios en las categorías de la clasificación se realizó una descripción general del suelo, considerando las profundidades de 0-30 y 30-60 cm (Cuadro 9).

Acidez del suelo (pH). El pH fue clasificado como moderadamente ácido (5.1-6.5). La caña de azúcar es tolerante a niveles de acidez, aunque su óptimo desarrollo se da en pH neutros, en donde se da una alta disponibilidad de los nutrientes (Salgado *et al.*, 2009b). Esta moderada acidificación puede originarse por el lavado de las bases del suelo debido a las altas precipitaciones que se presentan en el área de estudio (1694 mm, en los meses de lluvia) o por la acumulación de los residuos de fertilizantes (como en los suelos que tienen más de 20 años de cultivarse la caña de azúcar como monocultivo) (Armida *et al.*, 2005). Por otra parte este tipo de acidez puede limitar la disponibilidad de macroelementos importantes como el P, Ca y Mg que son esenciales para el desarrollo de la planta.

Conductividad eléctrica (CE). La conductividad eléctrica se clasificó como baja, lo cual indica que no existe algún efecto por salinidad.

Materia Orgánica (MO). El contenido de MO se clasifica como pobre (1-2%, Tavera, 1985). Los contenidos pobres de esta propiedad indican que los suelos están sujetos a contener menos nutrientes como el N, P y S, ya que juega un papel importante en los ciclos de éstos y es la principal variable que afecta las propiedades físicas de los suelos (Castellanos *et al.*, 2000). La pérdida principal de MO en los suelos cultivados con caña de azúcar es por la quema que se realiza para facilitar las labores de corte y la requema para limpiar el terreno de los residuos que quedan. Evitar este tipo de prácticas, prohibidas ya en otros países como Estados Unidos, Brasil entre otros, asegurarían la incorporación de los residuos de cosecha para asegurar la sustentabilidad del cultivo (Armida *et al.*, 2005; Naranjo *et al.*, 2006), además de la aplicación de los subproductos generados por la misma caña de azúcar, como la cachaza, vinazas, bagazo, transformadas en compostas orgánicas, las cuales mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo e inclusive ayudan a incrementar los rendimientos del cultivo (Salgado *et al.*, 2003; Arreola-Enríquez, *et al.*, 2004)

Nitrógeno total (N). El contenido de NT se clasificó como bajo (0.05 a 0.10% de N, según Tavera, 1985), lo cual indica la baja disponibilidad del nutrimento en el suelo, (en buena parte debido a los bajos contenidos de materia orgánica), y que deben ser suministradas por algún tipo de fertilizante nitrogenado. La relación C:N es media (11), lo cual indica que existen los procesos de mineralización y liberación de N inorgánicos para el cultivo de la caña de azúcar, pero en cantidades insuficientes.

Fosforo (P). El contenido de P-Olsen en el suelo presentó una alta variabilidad, lo cual se atribuye a la naturaleza de este elemento y a las aplicaciones de P que realiza el productor. Los contenidos de P se clasificaron como medios (5.5 a 11 mg kg⁻¹, según la CSTPA, 1980). Por lo que es recomendable incrementar las dosis de P₂O₅ para mejorar los rendimientos de caña de azúcar. Solo las subunidades Cambisol Estágnico y Vertisol Estágnico gléyico presentaron contenidos promedios altos (\square 12mg kg⁻¹ de P).

Potasio (K). El contenido medio de K fue bajo (0.20-0.3 cmol⁽⁺⁾kg⁻¹ de K_i, Etchevers *et al.*, 1971), el cual no es suficiente para satisfacer la demanda de K del cultivo de la caña, por lo que es necesario incrementar la dosis de K para mejorar la fertilidad y disponibilidad del macronutriente en el suelo (Naranjo *et al.*, 2006; Bolio *et al.*, 2008; Salgado *et al.*, 2008)

Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Las concentraciones de Ca y Mg se clasifican como altas (\square 10 y \square 3 cmol⁽⁺⁾kg⁻¹ de Ca y Mg respectivamente), por lo que no existe deficiencia alguna de estos nutrientes. Estos suelos por poseer altas concentraciones de Ca y Mg, requieren se altas cantidades de K para una nutrición balanceada de la caña de azúcar.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Esta propiedad obtuvo promedios medios, (<25 cmol⁽⁺⁾kg⁻¹). La CIC es una medida de la potencialidad del suelo para almacenar nutrimentos, y está determinada por el tipo y cantidad de arcillas y el contenido de MO humificada del suelo (Castellanos *et al.*, 2000).

Textura. La textura de todos los suelos fue arcillosa. Esta textura le confiere al suelo un drenaje lento, y es más propenso a la compactación. El contenido de arcilla se asocia a la retención de humedad y movimiento del agua en el suelo, permeabilidad, escurrimiento superficial e infiltración. Por otra parte, esta propiedad asociada a la dinámica del nitrógeno, cuando por exceso de humedad se limitan la aireación del suelo, (como es el caso de éstos suelos), se

potencializa la desnitrificación (pérdidas gaseosas de N), pudiendo ser importante (Castellanos, *et al.*, 2000; Estrada *et al.*, 2004). Por otra parte los excesos de precipitación, causa inundación y muerte de la cepa de caña, y por ello, los rendimientos disminuyen considerablemente, por lo que las variedades requieren de suelos bien drenados, y con buena disponibilidad de nutrientes para poder prosperar exitosamente.

En síntesis, los suelos del IPBJ presentan de mediana a baja fertilidad, con algunas limitantes físicas y químicas para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en la Chontalpa, y que son determinantes en el rendimiento del cultivo. Especialmente en aquellos elementos que requieren ser suministrados para lograr satisfacer la demanda nutrimental del cultivo (Salgado *et al.*, 2009b).

Cuadro 4. Resultados promedios de las propiedades físicas y químicas de los suelos en el IPBJ

Subunidad	pH (H ₂ O)	CE	MO	N		P	K	Na	Ca	Mg	CIC				
Profundidad 0-30 cm	rel. 1:2	dS m ⁻¹	(%)		C/N	mg kg ⁻¹			cmol (+)kg ⁻¹			Arcilla	Limo	Arena	Textura
Cambisol Flúvico (Arcillico Eútrico)	5.7	0.03	1.8	0.09	11	10.6	0.24	0.19	12.9	6	22.3	55	12	34	Arcilla
Cambisol Endoglético (Arcillico Eútrico)	5.5	0.03	1.6	0.08	12	9.5	0.22	0.21	11.4	5.8	16.7	51	14	34	Arcilla
Cambisol Endoglético Estágnico (Eútrico Férrico)	5.6	0.03	1.8	0.09	11	10.7	0.21	0.21	11.9	4.9	18.8	52	10	37	Arcilla
Cambisol Estágnico(Arcillico Eútrico)	5.9	0.05	1.6	0.08	12	12.3	0.32	0.18	13.5	6.9	31.8	51	12	37	Arcilla
Gleysol Háptico (Arcillico Eútrico)	5.6	0.03	1.8	0.1	11	9.2	0.21	0.21	12.4	5.6	19.7	54	12	34	Arcilla
Vertisol Estágnico Glético (Eútrico)	5.7	0.02	1.9	0.1	11	16	0.29	0.2	15.7	7.7	24.9	56	11	33	Arcilla
Vertisol Estágnico (Eútrico)	5.5	0.03	1.7	0.09	10	10	0.2	0.86	11.6	19.1	20	53	13	35	Arcilla
Profundidad 30-60cm															
Cambisol Flúvico (Arcillico Eútrico)	6	0.03	1.3	0.07	11	7.5	0.21	0.3	13.5	7.7	23.9	56	11	33	Arcilla
Cambisol Endoglético (Arcillico Eútrico)	5.9	0.03	1	0.05	11	3.5	0.19	0.3	14.6	7.3	20.9	54	12	35	Arcilla
Cambisol Endoglético Estágnico (Eútrico Férrico)	6.0	0.03	1.1	0.06	10	5.4	0.19	0.29	14.1	7.5	20.6	54	10	37	Arcilla
Cambisol Estágnico(Arcillico Eútrico)	6.1	0.03	0.9	0.05	12	4.3	0.21	0.29	16.4	9.1	22.7	53	11	36	Arcilla
Gleysol Háptico (Arcillico Eútrico)	5.6	0.03	1.8	0.1	11	9.2	0.21	0.21	12.4	5.6	19.7	54	12	34	Arcilla
Vertisol Estágnico Glético (Eútrico)	6	0.03	1.2	0.07	10	8.2	0.24	0.23	19	8	22.6	58	11	31	Arcilla
Vertisol Estágnico (Eútrico)	6	0.03	1	0.06	11	6.9	0.17	0.29	12.9	7.3	20.3	54	12	34	Arcilla

8.4 Climograma de Thornthwaite

Durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo (mayo a diciembre), la precipitación acumulada fue de 1693.6 mm y la temperatura superior a 21°C (Figura 19). En contraste, durante los meses de enero a abril, la precipitación fue menor (372.5 mm de lluvia), lo que permite la maduración y cosecha del cultivo. De acuerdo con este análisis, el clima en el área de abastecimiento es adecuado para el cultivo de la caña de azúcar a excepción de la precipitación (Humbert, 1974), ya que el déficit de humedad hace necesario la aplicación de dos a tres riegos de auxilio (Carrillo, 1989) para hacer eficiente el control de malezas y la fertilización del cultivo.

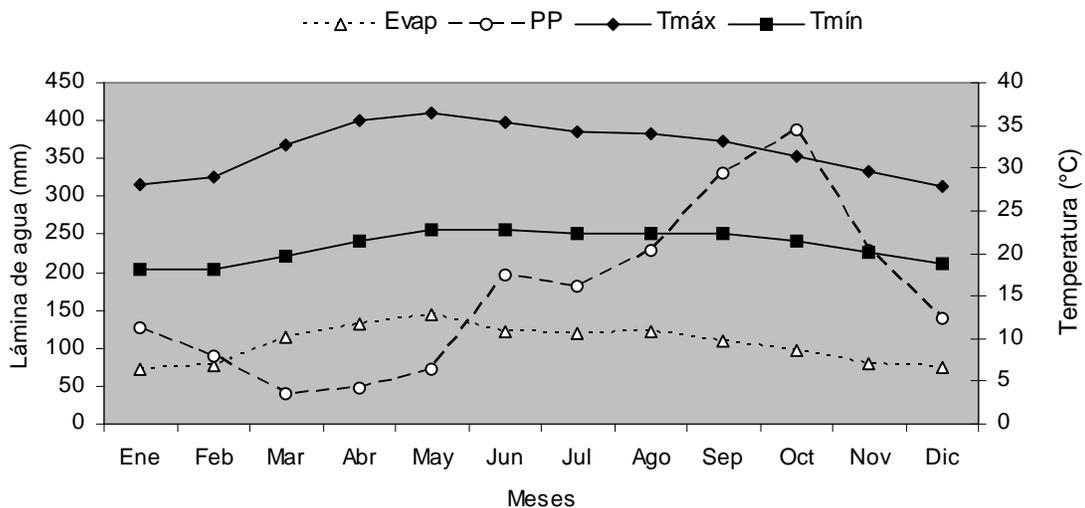


Figura 19. Comportamiento promedio de algunos elementos del clima en el área de abastecimiento del IPBJ de 1971-2000 (PP: precipitación, Evap: evaporación, Tmáx: temperatura máxima, Tmín: temperatura mínima).

En los meses de agosto a octubre, se presentan excesos de humedad, que provoca la elevación del manto freático, llegando a causar mortandad en el surco de caña y una disminución del rendimiento de la misma; el cultivo de caña para producir altos rendimientos necesita de 60 cm de suelo con buena aireación, por lo que es necesario, realizar drenaje superficial. Los drenes superficiales pueden establecerse cada 18 surcos, donde un equipo mecánico permite realizar eficientemente esta labor. En el Plan Chontalpa, existe infraestructura de drenaje superficial (drenes primarios y secundarios), que solo necesita rehabilitarla para asegurar la salida de los

excesos de humedad. Asimismo, si a estos drenes, se les construyera un sistemas de compuertas se podría controlar la humedad del suelo. Las compuertas permitirían retener el agua de los escurrimientos de zonas arriba, levantar el tirante del agua en los drenes y poder utilizarla para el riego en zonas abajo o adyacentes durante la época de sequía o mantenerlas abiertas durante la época de lluvia (Salgado *et al.*, 2009b). Por otra parte, es necesario establecer que se requieren tareas de planeación, inversión y transferencia de tecnología para que se incrementen los rendimientos de campo y una mayor producción de caña de azúcar de acuerdo a la actualidad, puesto que el factor climático está afectado en los rendimientos (Zafranet, 2009). En los problemas de drenaje de las zonas húmedas, la lluvia constituye el factor climático principal que, unido a las condiciones de suelo y topografía, provocan el encharcamiento de los terrenos agrícolas y, en muchos casos, la pérdida de las cosechas (Coras-Merino *et al.*, 2005)

8.5 Análisis estadístico de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos de los agroecosistemas con caña de azúcar.

Se presentan los principales resultados obtenidos del análisis estadístico por cada uno de los factores considerados en el cuestionario. En primer término, se discuten las variables cuantitativas y en segundo las variables categóricas y su relación con el rendimiento de la caña de azúcar en la zona de influencia del IPBJ.

8.5.1 Análisis de variables cuantitativas de los factores socioeconómico, tecnológico y ecológico

Las características socioeconómicas del productor en términos promedios muestran que la edad del productor es de 51 años, con al menos 5 años de estudios, (dos años más que la escolaridad promedio en comunidades rurales) y con una superficie promedio de 6 hectáreas (Cuadro 5).

En la matriz de correlación de las variables cuantitativas de los tres factores, se observa una baja correlación de éstas con el rendimiento, es decir, no existió asociación entre las variables consideradas con respecto al rendimiento. (Cuadro 6). Es probable que no se haya encontrado una respuesta de las variables de estudio debido a que estos aspectos al menos para esta zafra no incidieron en el rendimiento del cultivo de los productores encuestados.

Sin embargo, existieron asociaciones que se correlacionaron significativamente aunque no con el rendimiento, y que dan un panorama de las características socioeconómicas del productor y su vinculación con el cultivo, entre las que destacan la “escolaridad” y la “edad” ($r=-0.5$), donde la línea de tendencia es inversamente proporcional, es decir, entre más joven es el productor, están más escolarizados (Figura 20). Algunos estudios reportan 3 años promedio de escolaridad para regiones cañeras (Lang *et al.*, 2007, Diego, 2005), sin embargo, se observa que para la zona del IPBJ, el promedio de escuela es de cinco años, que está por arriba de la media nacional para la población rural. Esta relación escolaridad-edad considera que el productor siendo más joven, y con mayor grado académico toma mejores decisiones y es más propenso a adoptar tecnologías que contribuyan al mejoramiento productivo del cultivo, esto se explica en este estudio en el hecho de que los productores con edades entre 30 y 50 años utilizan cultivares más resistentes a plagas y enfermedades y con mayor rendimiento en campo, como la Mex 79-431, CP 72-2086 y SP 70-1284.

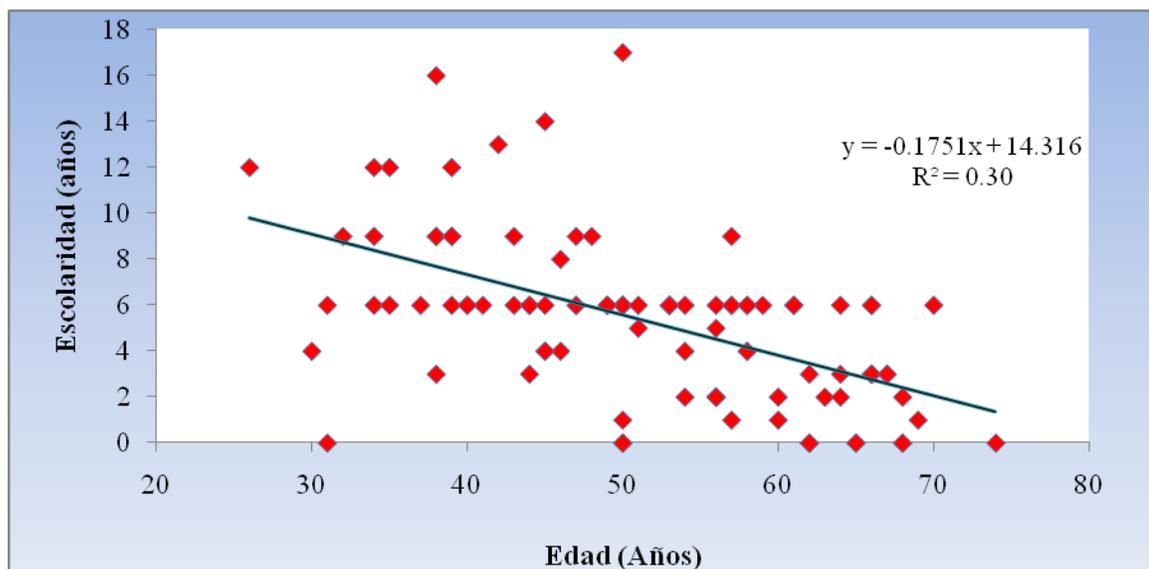


Figura 20. Relación asociación escolaridad/edad del productor de caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ

Otra asociación de variables que resultó con tendencia significativa fue “años de sembrar caña de azúcar” y “escolaridad” (Figura 21). Los suelos con pocos años de cultivarse con caña de azúcar están asociados a los productores con mayor grado escolar. Esto tiende a resaltar que los productores entre 30 y 50 años, tienen mayor grado de estudios y además cuentan con tierras con pocos años de cultivarse caña de azúcar, lo cual, por ser tierras recién abiertas al cultivo, pueden aprovecharse mejor si adoptaran nuevas tecnologías y se realizará un buen manejo agronómico.

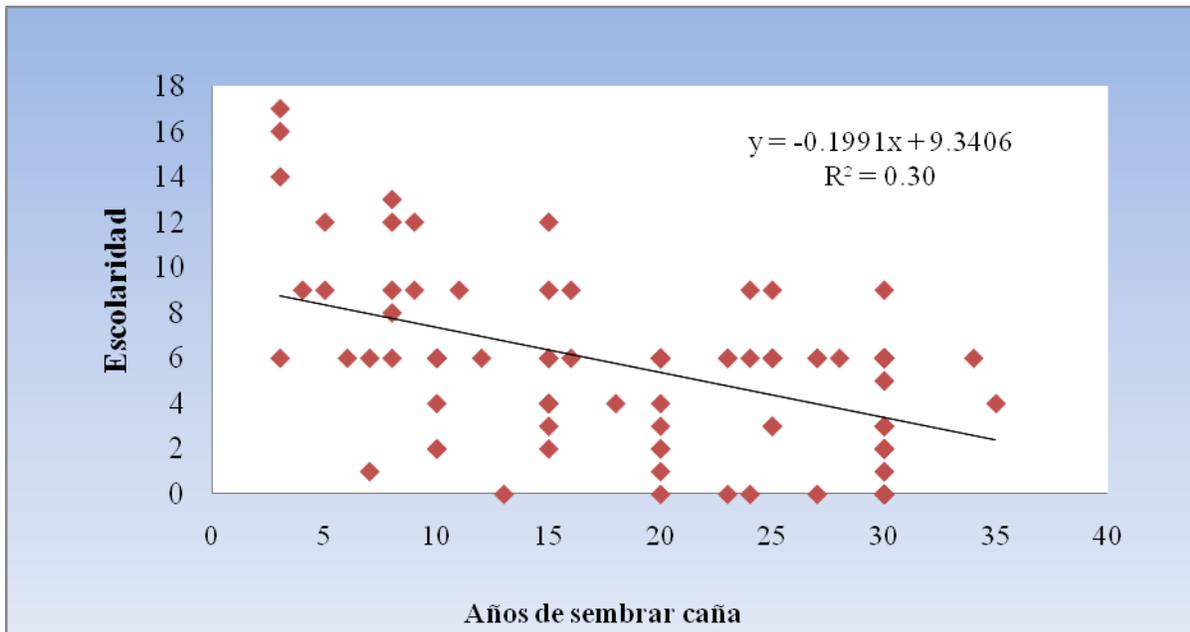


Figura 21. Relación escolaridad/años de sembrar caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ

La asociación entre la variable “miembros de la familia” con respecto a la variable “personas que ayudan” en el cultivo, tiende a aumentar conforme la familia es mayor. Sin embargo, por lo general son pocos los miembros de la familia que se dedican al cultivo de caña, por ejemplo, en un familia de 15 personas sólo seis trabajan en el cañal, o de 10 miembros de la familia dos realizan este tipo de labores. Esto puede atribuirse a que en la actualidad, los jóvenes no quieren dedicarse a la agricultura en general y salen en busca de oportunidades de mejores ingresos a la ciudad, y ven al cultivo sólo como una herencia familiar.

Cuadro 5. Estadísticos básicos descriptivos para las variables cuantitativas de los factores socioeconómico y tecnológico

Variable	Media	DE
Edad	51.32	11.05
Años de Escolaridad	5.33	3.54
Miembros de la Familia	5.55	2.74
Personas que ayudan	1.01	1.57
Superficie	6.31	4.77
años de sembrar caña	20.14	9.03
Distancia de la parcela	13.56	8.27
Semilla por ha (ton)	10.44	1.29
Núm. De aplicaciones de Fertilizantes	1.02	0.14
Cantidad de Fertilizante Aplicado (kg ha ⁻¹)	568.2	68.7
Numero de aplicación herbicidas	1.24	0.49
Has cosechadas	6.0	4.76
Rendimiento	60.24	10.97
Costo por ton	353.73	29.33

DE: Desviación estándar

Cuadro 6. Matriz de Correlaciones de las variables cuantitativas de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos.

Variable	edad	Escolaridad	Num. De Miembros	Personas que ayudan	Superficie	años de sembrar caña	Distancia de la parcela	superficie cacao	superficie ganadería	superficie arroz	superficie maíz	superficie frijol	semilla por ha (ton)	Num. de aplicaciones	Cantidad de Fertilizante Aplicado (kg/cantidad aplicada)	Has cosechadas	Rendimiento	costo por ton
edad	1	-0.55*	0.11	0.21	0.14	0.46	0.09	0.3	0.01	0.03	0.13	0.08	0	-0.06	0.04	0.17	0.1	-0.1
Años de Escolaridad	-0.55*	1	-0.2	-0.18	-0.02	-0.51*	-0.13	-0.21	-0.03	-0.13	-0.07	-0.01	0.06	0.03	0.05	0.01	0.02	0
Miembros de la Familia	0.11	-0.2	1	0.51*	0.15	0.03	0.05	0.09	0.1	-0.06	0.19	-0.01	-0.17	0	-0.05	0.14	-0.02	-0.04
Personas que ayudan	0.21	-0.18	0.51*	1	0.16	0.03	-0.03	0.1	0.06	0.06	0.35	0.07	-0.03	-0.05	0.01	0.19	0.07	0.05
Superficie	0.14	-0.02	0.15	0.16	1	0.12	-0.11	0.11	0.11	-0.14	0.08	0.02	-0.13	-0.08	-0.06	0.87*	0.02	0.02
años de sembrar caña	0.46	-0.51*	0.03	0.03	0.12	1	0.07	0.2	0.1	-0.03	0.09	0.03	-0.06	-0.02	0.12	0.14	0.12	-0.05
Distancia de la parcela	0.09	-0.13	0.05	-0.03	-0.11	0.07	1	0.31	-0.05	0.08	0.13	0.13	-0.1	-0.11	0.13	-0.14	-0.04	-0.04
superficie cacao	0.3	-0.21	0.09	0.1	0.11	0.2	0.31	1	-0.08	-0.12	0.04	0.09	0.04	-0.08	0.11	0.13	0.05	0.02
superficie ganadería	0.01	-0.03	0.1	0.06	0.11	0.1	-0.05	-0.08	1	-0.06	-0.01	0.02	0	-0.04	0.01	0.08	0.05	-0.11
superficie arroz	0.03	-0.13	-0.06	0.06	-0.14	-0.03	0.08	-0.12	-0.06	1	-0.06	-0.05	0.06	-0.03	0.1	-0.13	-0.06	0.03
superficie maíz	0.13	-0.07	0.19	0.35	0.08	0.09	0.13	0.04	-0.01	-0.06	1	0.44	-0.03	-0.06	-0.1	0.1	-0.02	0.05
superficie frijol	0.08	-0.01	-0.01	0.07	0.02	0.03	0.13	0.09	0.02	-0.05	0.44	1	-0.04	-0.03	-0.04	0.04	-0.14	0.12
semilla por ha (ton)	0	0.06	-0.17	-0.03	-0.13	-0.06	-0.1	0.04	0	0.06	-0.03	-0.04	1	0.17	0.05	-0.09	0.05	0.22
Num. de aplicaciones	-0.06	0.03	0	-0.05	-0.08	-0.02	-0.11	-0.08	-0.04	-0.03	-0.06	-0.03	0.17	1	0.07	-0.07	-0.16	-0.16
Dosis de Fertilizante Aplicado	0.04	0.05	-0.05	0.01	-0.06	0.12	0.13	0.11	0.01	0.1	-0.1	-0.04	0.05	0.07	1	-0.06	-0.05	0.04
Has cosechadas	0.17	0.01	0.14	0.19	0.87*	0.14	-0.14	0.13	0.08	-0.13	0.1	0.04	-0.09	-0.07	-0.06	1	0.03	0.01
Rendimiento	0.1	0.02	-0.02	0.07	0.02	0.12	-0.04	0.05	0.05	-0.06	-0.02	-0.14	0.05	-0.16	-0.05	0.03	1	0.04
costo por ton	-0.1	0	-0.04	0.05	0.02	-0.05	-0.04	0.02	-0.11	0.03	0.05	0.12	0.22	-0.16	0.04	0.01	0.04	1

8.5.2 Análisis de variables categóricas de los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos

De acuerdo al análisis de varianza, donde se consideró al rendimiento la variable dependiente y a las variables categóricas independientes, para determinar cuál de éstas están influyendo en los rendimientos, en el Cuadro 7, se presentan las variables que mostraron diferencias estadísticas en al menos una de sus categorías ($P \leq 0.05$).

Cuadro 7. Categorización de las variables de los factores Socioeconómico, Tecnológico y Ecológico

FACTOR	VARIABLE	CATEGORÍA	VALOR DE P
Socioeconómico	sexo	Hombre/Mujer	0.39 NS
	Tenencia de la Tierra	Ejidal/PP/P	0.54 NS
	Ingreso por cultivo	Cañ/Cac/Gan/O	0.90 NS
	Rentabilidad	Si-No	0.10 NS
	Cultivo alternativo a caña	Si-No	0.17 NS
	Tipo de Organización	CNC/CNPR/UCD/	0.002 AS*
	Objetivos Organizativos	Si-No	0.39 NS
	Beneficio de la Organización	Si-No	0.427629 NS
	Mejoramiento de nivel de vida	Si-No	0.87 NS
	Emigración	Si-No	0.047*
	Beneficios del cultivo	Si-No	0.42 NS
	Problemas de la caña	Ineficiencia del Ingenio Cosecha Insumos retardados Plagas y Enfermedades	0.68 NS
	Parcelas complementarias	Si-No	0.53 NS
	Suelo con sólo caña	Si-No	0.10 NS
	Conocimiento de la alta fructuosa	Si-No	0.04*
Tecnológico	tipo de maquinaria	PP/Ren	0.71 NS
	Método de siembra	CS/CD	0.35 NS
	Resiembras	Si-No	0.22 NS
	época de resiembra	Mes del año	0.65 NS
	Tipo de fertilizante	Triple 17 20-10-10 20-20-10 Urea Mezclas	0.61 NS
	Época de fertilización	Mes del año	0.05*

Continuación Cuadro 7...

Tecnológico	Determinación de la dosis de fertilización	Experiencia Propia Ingenio Casa comercial Análisis químico Organización	0.008**
	Método de control de hierbas	Químico Escardas Azadón	0.36 NS
	época de aplicación de herbicidas	Mes del año	0.001**
	Método de aplicación de herbicidas	Químico Manual	0.05*
	Tipo de herbicida	Faena Herbipol Guerrero Velpark Niko Gesapax Cuproquat Hierbamina Mezclas	0.21 NS
	Método de control plagas	Químico Manual aéreo otros	0.37 NS
	Control enfermedades	Si/No	0.06 NS
	Programación del corte	Ingenio Frente de cosecha	0.35 NS
	Función del productor en la cosecha	Coordina Supervisa ninguno	0.811271
	Cosecha eficiente	Si/No	0.99 NS
	Acceso a asesoría técnica	Si/No	0.08 NS
	Cultivar	Mex 69-290 Mex 79-431 CP 72-2086 RD. 75-11 Mex- 68-P-23 SP-70-1284	0.003**
	Calificación de la asesoría	Buena Regular Mala Muy mala	0.008**
Ecológico	Caña beneficia ambiente	Si-No	0.08 NS
	Contaminación por agroquímicos	Si-No	0.06 NS
	Contaminación al aire	Si-No	0.99 NS
	Contaminación por quema	Si-No	0.24 NS
	Tipo de suelos	Cm VR Gl	0.64 NS

NS: No significativo, * Significativo, **Altamente significativo

En el factor socioeconómico las variables que fueron estadísticamente significativas fueron: 1. “tipo de organización”; 2. “emigración” y 3. “Conocimiento de la alta fructuosa”. La prueba de Tukey realizada a estas variables, indicó que las categorías que están impactando en el rendimiento fueron la organización CNC y la categoría afirmativa.

La variable “tipo de organización”, fue altamente significativa ($P \leq 0.01$), donde, la organización UCD fue estadísticamente diferente a la organización CNC y CNPR. La UCD obtuvo un rendimiento promedio de $71.75 \text{ ton ha}^{-1}$ y la CNC obtuvo el menor rendimiento promedio de las tres organizaciones. Analizando las frecuencias de los cultivares por organización se encontró que la CNC siembra mayormente el cultivar Mex-69-290, mientras que la UCD tiene en su superficie el cultivar Mex-79-431, cultivares que son de medio a alto rendimiento en la zona (Figura 22).

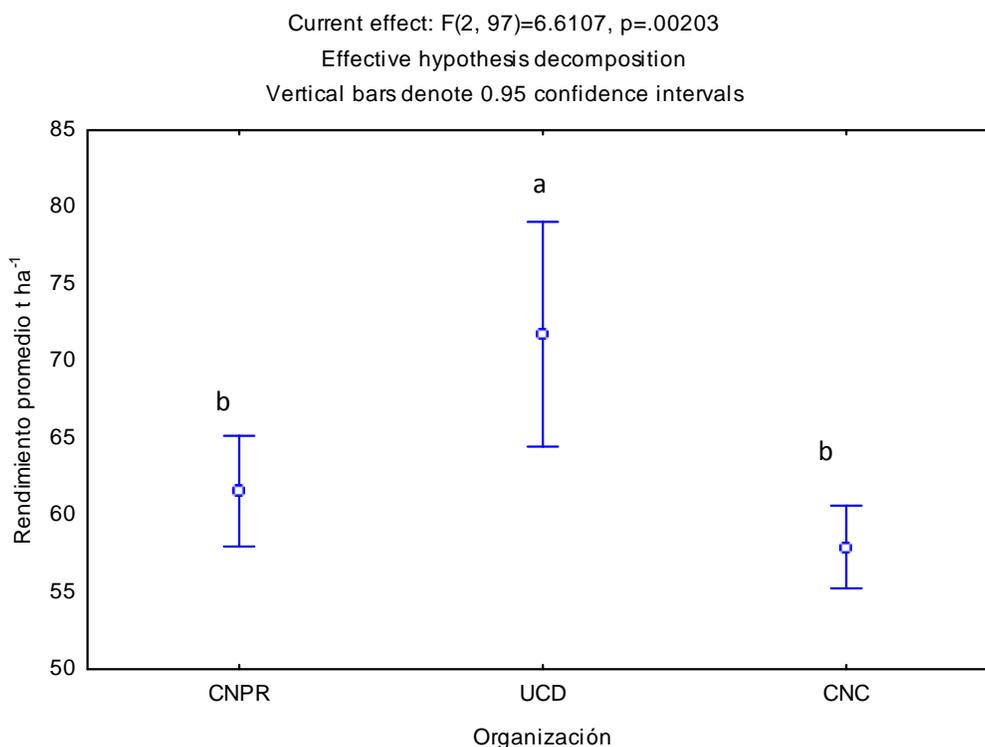


Figura 22. Rendimiento promedio obtenido por tipo de organización en la zona de influencia del IPBJ

Por otra parte, la variable socioeconómica “emigración” fue significativa ($P \leq 0.05$). Donde la categoría Sí, presentó los mayores rendimientos y fue estadísticamente diferente a la categoría No, que presentó los más bajos rendimientos promedios (Figura 23). Sin duda, la estrategia de supervivencia más concurrida es la migración al norte, a la frontera, para laborar en las maquiladoras o a Estados Unidos (Mestries, 2000; Diego, 2005). Esta migración afecta a los asalariados, cortadores de caña, expulsados por los bajos jornales (\$80 a \$100 por día, zafra 2006). Esta diferencia significativa probablemente se deba a que los productores que sí salen a otro lugar a trabajar complementan sus ingresos con el cultivo de la caña, considerando que el tiempo que salen a trabajar es durante el tiempo de reparación de las fábricas y le invierten un poco más de recursos al cultivo, lo cual, repercute satisfactoriamente en sus rendimientos.

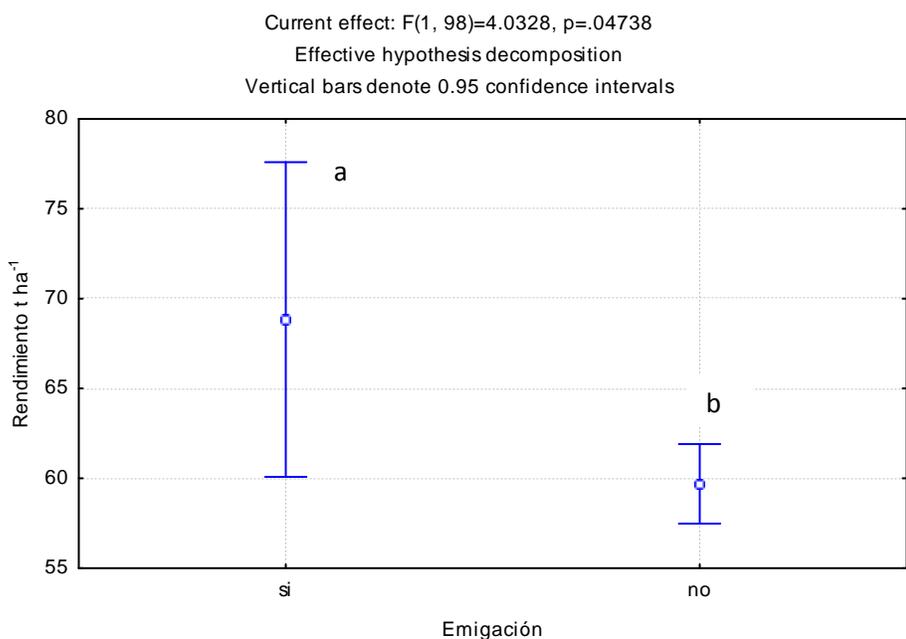


Figura 23. Rendimiento promedio de productores que emigran a otro lugar a trabajar.

La variable “conocimiento de la alta fructuosa” fue significativa ($P \leq 0.05$), en esta variable se observó que el productor escasamente conoce del tema, es decir, al parecer la información no circula entre los productores ya que resultó que los que sí conocen del tema sus rendimientos están por arriba de las 64 ton ha⁻¹ mientras que los que no saben nada tienen un rendimiento promedio de 54 ton ha⁻¹. Por lo tanto ambos rendimientos obtenidos en base a la respuesta fueron estadísticamente diferentes (Figura 24). Los productores que sí dijeron conocer del tema,

mencionaron que lo que más afectaría en su producción sería que su caña sería mal pagada y que estarían en desventaja en cuanto a los costos de producción con respecto a la fructuosa

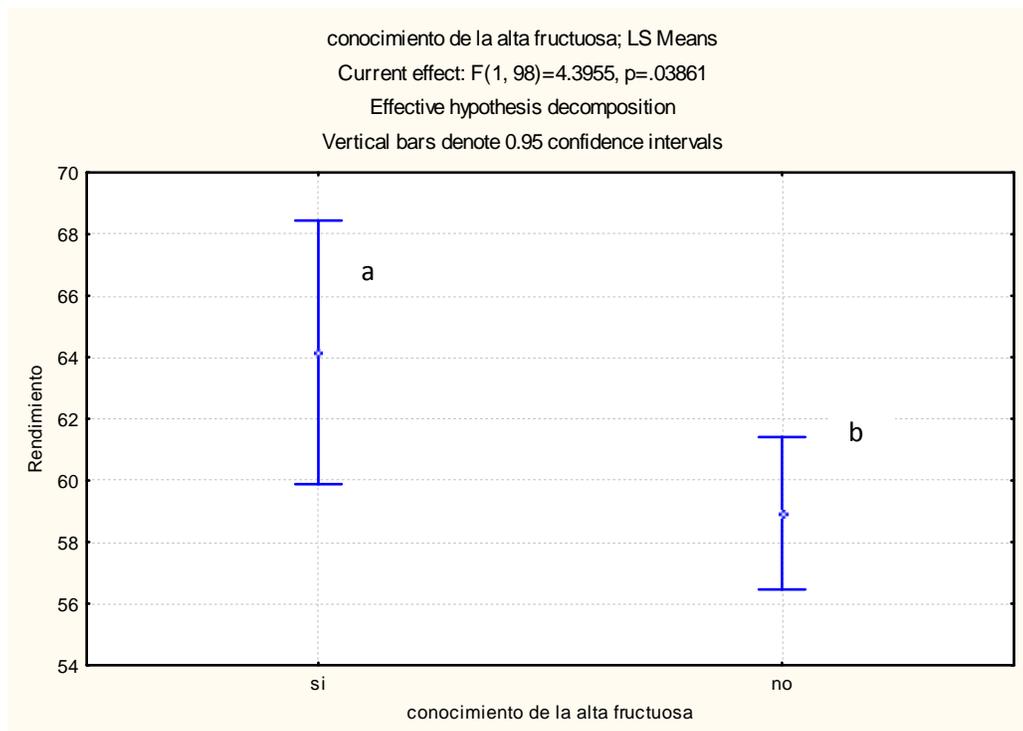


Figura 24. Conocimiento de la alta fructuosa por los productores y su impacto en el rendimiento

Las variables categóricas tecnológicas que tuvieron mayor influencia en el rendimiento fueron: “Determinación de dosis de fertilización”, “época de aplicación de herbicidas”, “calidad de la asesoría” y “tipo de cultivar”.

La variable determinación de dosis de fertilización” fue significativa ($P \leq 0.05$), y fue categorizada en cuatro clases (Cuadro 8) en donde la categoría “La Organización” fue la que tuvo mayor impacto al ser estadísticamente diferente a las otras categorías de acuerdo a la prueba de Tukey, y presentar el mayor rendimiento promedio (95 ton ha^{-1}).

Cuadro 8. Prueba de Medias para las categorías de la variable “Determinación de las Dosis de fertilización”

Categoría	Rendimiento Promedio (ton ha ⁻¹)
La Organización	95.00000 a
Experiencia Propia	63.75000 b
Ingenio	59.60222 b
análisis químico	55.00000 b

Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$). Grupos Homogéneos, alfa = 0.05000 prueba Tukey HSD; variable Rendimiento, Error: Between MS = 109.89, df = 96.000;

La segunda variable “época de aplicación de herbicidas” fue altamente significativa ($P \leq 0.01$) mostrando diferencias estadísticas significativas según el mes de aplicación. Los meses de noviembre y diciembre son los meses donde se observa un incremento del rendimiento (entre 85 a 106 ton ha⁻¹), entre estos meses no se observaron diferencias significativas, sin embargo, noviembre fue significativamente diferente a las demás épocas de aplicación (Figura 25). La aplicación en tiempo y forma de las labores de control de malezas contribuyen a un incremento del rendimiento del cultivo, este aumento se debe a que la caña de azúcar no tiene con que competir por nutrimentos y humedad, (Salgado *et al.*, 2009b).

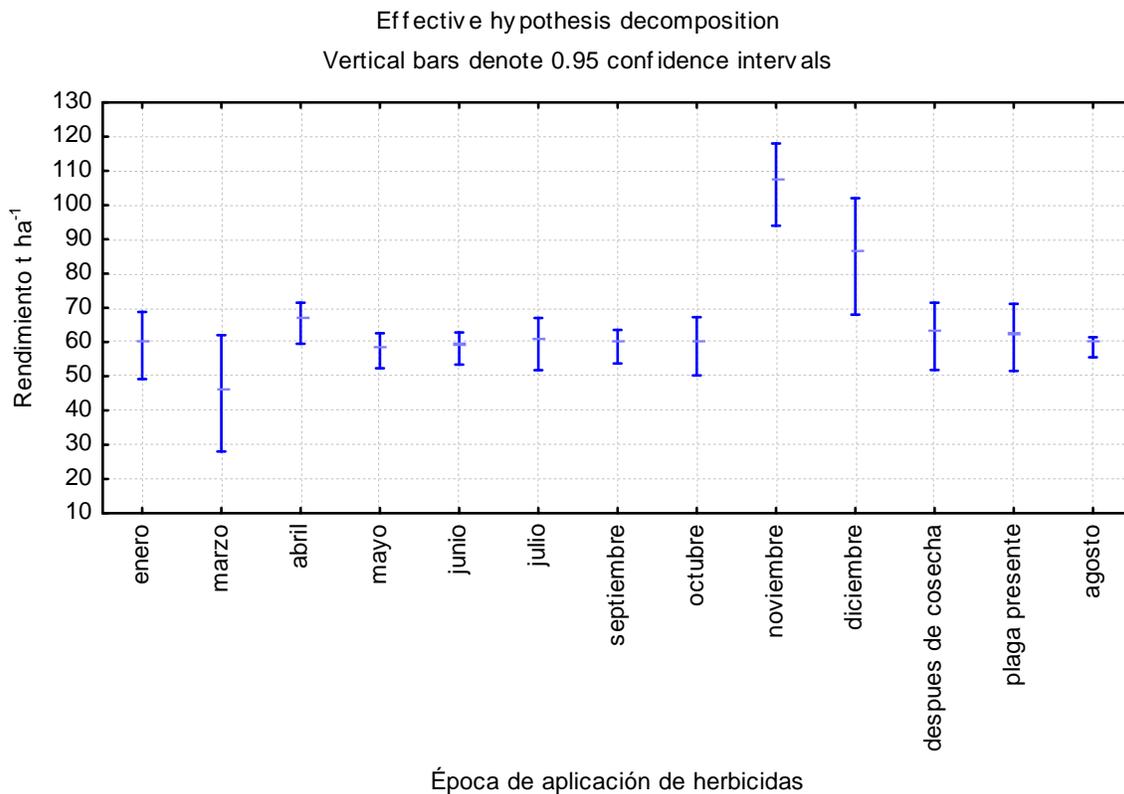


Figura 25 Rendimiento obtenido por productores según la época de aplicación de herbicidas

La variable “Calidad de la asesoría” fue altamente significativa ($P \leq 0.01$) tuvo un impacto sobre el rendimiento. Esta variable se clasificó en cuatro categorías: buena, regular, mala y muy mala. Los resultados demostraron que cuando se tiene una calidad muy mala los rendimientos son bajos y cuando se califica regular los rendimientos son altos, en esta categoría se clasifican los rendimientos altos, porque las variedades que tienen los productores que contestaron con calificación regular, son de rendimiento medio y alto, las cuales ya se han mencionado anteriormente. Esta relación resulta lógica si consideramos que el trabajo de la asesoría técnica tiene como objetivo principal asesorar, capacitar e inspeccionar los campos cañeros del Ingenio Presidente Benito Juárez.

Por último, la variable “tipo de cultivar” fue significativa ($P \leq 0.05$) y por ello fue considerada una de las variables con mayor impacto en los rendimientos del cultivo. Esta variable se categorizó en seis clases de cultivares (Figura 26). La variedad que presentó el mayor rendimiento fue el cultivar Mex 79-431 (71.7 ton ha⁻¹), que fue estadísticamente diferente a los que obtuvieron menores rendimientos: Mex- 68-P-23, CP 72-2086 y Mex 79-431.

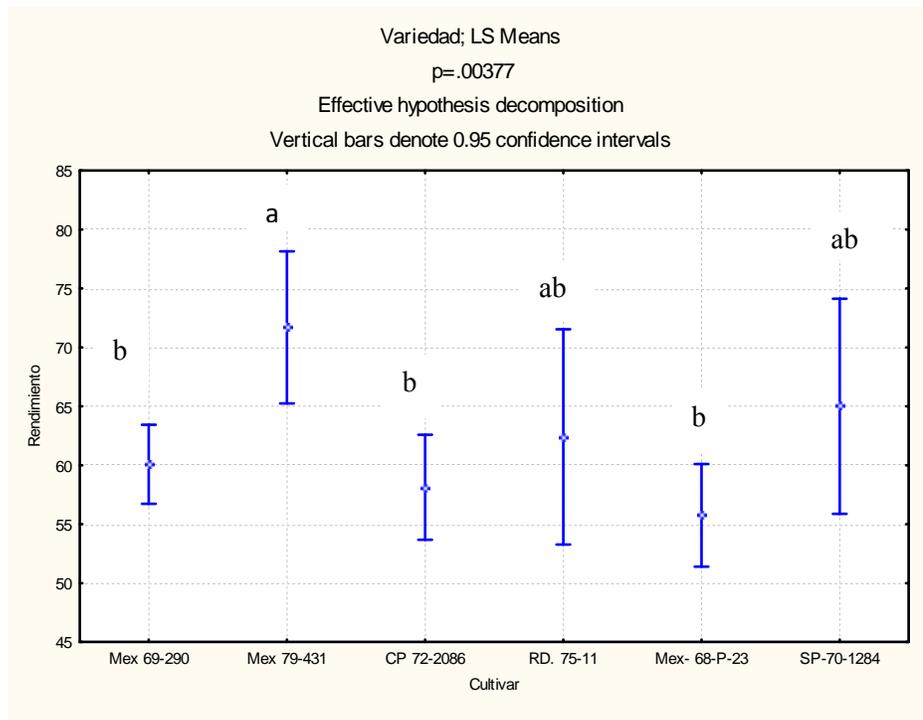


Figura 26. Rendimiento por cultivares sembrados en el área de influencia del IPBJ.

IX. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se plantean las siguientes conclusiones:

Los factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos que están influyendo en los bajos rendimientos de los agroecosistemas cañeros del área de influencia del IPBJ son:

En el factor socioeconómico, “La organización” en Confederación Nacional Campesina (CNC) tuvo un impacto negativo en los rendimientos ya que fue la organización que menores rendimientos presentó (58 t ha^{-1}), al sembrar la variedad Mex 69-290 en su superficie. La variable “emigración” tuvo un impacto significativo cuando los productores que no salen fuera de su localidad tienden a disminuir sus rendimientos (59 t ha^{-1}). De igual manera, la variable “Conocimiento del alta fructuosa” se vio significativamente influenciada por los productores que si conocen el impacto que el edulcorante tiene sobre la caña de azúcar y quienes presentan mejores rendimientos (64 t ha^{-1}) que el productor que ignora el tema (58 t ha^{-1}).

Por lo tanto, la hipótesis H1. La organización de productores es la variable de los factores sociales que impactan en mayor grado la producción de caña de azúcar, no se rechaza, ya que la afiliación a alguna de las organizaciones tiene una influencia significativa sobre el rendimiento de los agroecosistemas con caña de azúcar.

El componente tecnológico presenta la mayor cantidad de variables categóricas que influyen en los rendimientos del área de abastecimiento del IPBJ, están: “tipo de cultivar” donde los cultivares: RD 79-431 presenta los mejores rendimientos (71.7 t ha^{-1}) y Mex- 68-P-23 los menores rendimientos (55.7 t ha^{-1}). La variable “Determinación de la dosis de fertilización” en su categoría “La organización” es la que mejores rendimientos obtiene en comparación con la categoría “análisis de suelos”.

Por lo tanto, la hipótesis H2. La “dosis de fertilización” y el “tipo de fertilizante”, es el indicador del componente tecnológico que más limita los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ en la Chontalpa, Tabasco. Se rechaza, debido a que las dos variables no tuvieron impacto significativo con respecto al rendimiento.

En el componente ecológico, los tipos de suelos clasificados en el área de abastecimiento del IPBJ son: Cambisol Endogléyico Stágnico (Eútrico, Férrico), Cambisol Endogléyico (Arcillico, Eútrico), Cambisol Stágnico (Arcillico, Eútrico), Vertisol Stágnico Gléyico (Eútrico), Vertisol Stágnico (Eútrico), Cambisol Flúvico (Arcillico, Eútrico) y Gleysol Háplico, en una superficie de 92,973.32 hectáreas.

Aunque estadísticamente, no existió una correlación significativa entre los suelos clasificados con los rendimientos obtenidos, es imprescindible denotar que las propiedades físicas, químicas de los suelos son de los aspectos más importantes para la producción de la caña de azúcar en el campo.

Los suelos del IPBJ son de mediana a baja fertilidad, las características limitantes para esta zona de abasto es la textura arcillosa, los bajos contenidos de materia orgánica (<2%), nitrógeno total, fosforo y potasio, nutrimentos esenciales para el desarrollo óptimo del cultivo.

De acuerdo al climograma de Thornthwaite la precipitación es una de las limitantes en el área de abastecimiento del IPBJ, ya que se produce déficit de humedad en la época de seca y excesos de humedad en la época de lluvias, debido principalmente a las texturas arcillosas que presentan los suelos del área, al presentarse rangos de precipitación de 1,693 a 2,227 mm. La implantación de labores de riego y drenaje como parte de las labores al cultivo, son indispensables en la zona.

Por lo tanto la hipótesis H3. La fertilidad de los suelos es el factor ecológico que limita en mayor grado el rendimiento de caña de azúcar en el área de influencia del IPBJ en la Chontalpa Tabasco. No se rechaza al presentar la fertilidad del suelo limitantes para la producción de caña de azúcar en el área de abasto del IPBJ.

X. LITERATURA CITADA

- Álvarez, R. J. C., E. S. López H., F. Gallardo L. J. Fco. López O., R. Gómez Á. 2003. Análisis y evaluación de un programa de desarrollo En la Chontalpa, Tabasco, México. [Http://www.revistafuturos.info/futuros_4/tabasco_1.htm](http://www.revistafuturos.info/futuros_4/tabasco_1.htm). -28 de julio 2009
- Armida-Alcudia, L., D. Espinosa-Victoria, D.J. Palma-López, A. Galvis-Spinola y S. Salgado-García.2005. Carbono en biomasa microbiana y carbono soluble como indicadores de calidad de Vertisoles cultivados con caña azucarera. TERRA Latinoamericana. 23:545-551.
- Arreola-Enríquez, J., D. J. Palma-López, S. Salgado-García, W. Camacho-Chiu, J. J Obrador-Olán, J. F. Juárez-López y L Pastrana-Aponte. 2004. Evaluación de abono organomineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. Latinoamericana. 22(3):351-358.
- Arrieta, F. P. 1997. “Evaluación de un Plan de Desarrollo: El cambio social en la Chontalpa Tabasco”. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. Departamento de Antropología. México, D. F. 109 p.
- Bolio-López G. I., S. Salgado-García, D. J. Palma-López, L. del C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada y J. D. Etchevers-Barra. 2008. Dinámica del potasio en Vertisoles y Fluvisoles cultivados con caña de azúcar. Terra Latinoamericana 26(3):253-263.
- Cañeros. 2008. Unión nacional de cañeros A.C.- CNPR.: www.cañeros.org.mx. Consultado el 30 de julio de 2008.
- Cañeros.2009. Unión nacional de cañeros A.C.- CNPR.: www.cañeros.org.mx. Consultado el 19 de julio de 2009
- Cárdenas, R. J. 1980. “Las políticas del Desarrollo Regional en México: el caso del Plan Chontalpa”. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Escuela de Agricultura. Guadalajara, Jalisco, México.
- Carrillo, A. E. 1989. Determinación de los requerimientos óptimos de humedad, fertilización nitrogenada, potásica para la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la Chontalpa, Tabasco. Tesis profesional. Departamento de Irrigación. UACH. Chapingo, México. 125 p.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle B., A. Aguilar S.2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da edición. Colección INCAPA.226p.
- Chessani, M. A., L. Armida A., O. Ruíz R. 2007.El agroecosistema como integrador de la investigación cuali-cuantitativa. En: Ruiz-Rosado (Comp). II Coloquio sobre Agroecosistemas y Sustentabilidad. Boca del Rio, Veracruz. Nov. 20. Pag. 11 -23.
- CONAGUA, 2008. Servicio Meteorológico Nacional. Normales. [Http://smn.cna.gob.mx](http://smn.cna.gob.mx) consultado el 20 de agosto de 2008.

- Coras-Merino, P., M. Arteaga-Ramírez, R. Vázquez-Peña M. 2005. Análisis de frecuencias de lluvias máximas con fines de drenaje superficial local, Tabasco, México. *TERRA Latinoamericana* 23(1):113-121.
- CSTPA. 1980. Handboock on reference methods for soil testing. Council on Soil Testing and Plant Analysis. Athens, Georgia.
- Cuanalo de la C., H. 1981. Manual de descripción de perfiles de suelo en el campo. 2da Ed. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. 40 p.
- Dávalos Á., E. 2007. La caña de azúcar: una amarga externalidad?. *Desarrollo y Sociedad*. 59:117-164.
- Díaz, Q., y C. Morales. 1988. "Estudio del estado actual del desarrollo agropecuario y social de los ejidos del Plan Chontalpa". Colegio de Postgraduados. Centro de Estudios del Desarrollo Rural y Centro de Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agropecuario, Forestal y Acuícola del Sureste. Montecillos, México.
- Diego, L., G. 2005. Factores socio-económicos en los agroecosistemas con caña de azúcar en el Distrito de Riego No. 035 La Antigua Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. 100 p.
- Domínguez T., A. V.H. Volke H., C. Landeros S., J.A. Villanueva J., M. E. Nava T. 2004. Caracterización del Agroecosistema cañero con fines de incrementar su productividad en el Ingenio La Gloria, Veracruz. In: 1er. Coloquio sobre Agroecosistemas y Sustentabilidad. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. 25-29 octubre. Pág. 1-13.
- Domínguez, D., E. 2001. La quema de la caña de azúcar y sus implicaciones ambientales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. 93p.
- Echavarria, M. 1996. El quemar o no quemar: Consideraciones Ambientales, Tecnológicas y Económicas. En: James H. Cock y Trudy Brekelbaum (Ed). *International Society of Sugarcane Technologists, Proceedings XXII Congress*. 11 al 15 de Septiembre de 1995, Cartagena, Colombia. Tomo I. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Estrada B., M.A., J.D. Mendoza P., I. Nikolski G., D.J. Palma L., H. Brito V., E. de la Cruz L. y A. Gómez J. 2004. Contaminación atmosférica por el uso de fertilizantes nitrogenados en caña de azúcar. In: *Memorias de la XVII Reunión Científica-Tecnológica, Agropecuaria y Forestal, Tabasco 2004*. Villahermosa, Tabasco. ISSN 1405-1591. Pp.171-176.
- Etchevers, B.J.D., W. Esponzoza G., y e. Riquelme. 1971. Manual de fertilidad y fertilizantes. 2da edición Corregida. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillan, Chile.
- FAO. 1997. "Zonificación agroecológica. Guía general", *Boletín de suelos*, núm. 73. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Roma, Italia.
- FAO. 2008. El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades. Roma. 146 pag.

- Figuroa, S. B. 1998. Principales conceptos en sistemas agrícolas. Secretaria de Agricultura, Ganadería y desarrollo rural. Alianza para el campo. Pp: 3-49.
- França, R. 2008. 70 questões para entender o etanol. Guia para tirar todas, ou quase todas, suas dúvidas sobre o combustível da moda. [Revista Veja. http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo_273729.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo_273729.shtml)
- Gallardo-López, F. 2002. Los agroecosistemas de la subprovincia llanura costera veracruzana: una propuesta para la caracterización y el análisis tipológico de la agricultura regional. Tesis de Doctorado en Agroecosistemas Tropicales, Campus Veracruz – Colegio de Postgraduados.
- Hernández X. E. 1985. Reflexiones sobre el concepto de Agroecosistemas. Xolocotzia. In: Xolocotzia. Revista de Geografía Agrícola. México.
- Hernández, R., R.A., F. Ramos G., S. Vásquez R. Y G. O. Díaz Zorrilla. 2003. Recursos naturales y Agroecosistemas en Oaxaca. Editorial ACD. 114 pag.
- HUMBERT, R. P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Edit. Continental. México, D.F. 719 p.
- INEGI. 1995. Fotografías aéreas blanco y negro región Central y del Estado de Chiapas. México. Escala 1:75000
- INEGI.1986. Cartas Topográficas, región Central y del Estado de Chiapas. México. Escala 1:50 000.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base referencial del mundo para el recurso suelo. 2da edición. Reporte mundial del Recurso suelo. No. 103. FAO, Roma.
- Jiménez C., A., V. Vargas T., W. Enrique S. C., M. De J. A. B., D. R. C. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México.
- Lang-Ovalle, F.P.; A. Pérez-Vázquez; J.P. Martínez-Dávila; D.E. Platas-Rosado; L.A. Ojeda-Enciso; D.A. Ortega-Zaleta.2007. Actitud hacia el cambio de uso del suelo en la región golfo centro de Veracruz, México. Universidad y Ciencia 23(1):47-56.
- León S. T. 2003. Agroecosistema y Cultura: Una Forma de Entender la Dimensión Ambiental del Desarrollo Agrario. Desarrollo basado en el artículo: “Las relaciones ecosistema/cultura: una forma de entender la dimensión ambiental” (León, ST. 1996), a partir de una revisión de agosto de 2000. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) www.virtual.unal.edu.co
- LEY DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZUCAR, 2005. [Http://www.cddhcu.gob.mx/comisiones/comagr/pa9.htm](http://www.cddhcu.gob.mx/comisiones/comagr/pa9.htm). Consultado el 13 de marzo de 2005.
- Martínez D.J. 2001. El Colegio de Postgraduados en Veracruz: Veinte años de interacción académica con la Agricultura Tropical (1979-1999). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz.

- Martínez-Castillo, R. Atributos agroecológicos de sustentabilidad: manejo comparativo indígena y convencional. www.yorku.ca/hdrnet/images/.../Martinez_Castillo_Roger.pdf. Consultado el 10 de febrero de 2010.
- Mestries-Benquet, F. 2000. Globalización, crisis azucarera y luchas cañeras en los años noventa. *Sociológica*. 44:41-68.
- Molina, C, H., Molina, C, H., Molina, E, J.,Molina, J,P. 2001.Experiencias en el Manejo Agroecológico del Cultivo de la Caña de azúcar, en la Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca. Colombia. WWW. [Cipav.org.co./cipav/new/ejmolina/ejmolina.htm](http://cipav.org.co/cipav/new/ejmolina/ejmolina.htm).
- Naranjo de la F. J., S. Salgado G., L.C. Lagunes-Espinosa., E. Carrillo-Aviña, and D.J. Palma-López.2006. Changes in the soil fertility of fluvisoles cultivated with sugarcane through the years. *Soil & Tillage Research*. 88(1-2)160-167
- NOM-021-RECNAT.2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. MEXICO. 88 p.
- Ochoa L. A. 1976. “Estudio de Gran Visión para el Programa de Desarrollo Agroindustrial de la Chontalpa, Tabasco, antecedentes y estudio técnico y Económico”. Asociados, S. C. Consultores. México, D. F.
- OEIDRUS.2007. Lotificación del campo cañero del ingenio Presidente Benito Juárez. Oficina estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable en el Estado de Tabasco. SEDAFOP.
- Ortega R., C., y R. Ochoa B. 2004. La caña de azúcar : el dulce que cautivo al mundo. *Rev. Claridades Agropecuarias*. No. 127: 3-27.
- Ortiz, R. R.H.2005. Clasificación de los factores limitantes para la producción de caña de azúcar: zona de abastecimiento del Ingenio Benito Juárez. H. Cárdenas, Tabasco. Informe Técnico. 40p.+ anexos.
- Palma-López D.J, J.D. Cisneros. (2000) Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 2ª ed. Fundación Produce Tabasco, A.C. Villahermosa, Tabasco Vol 1. 115 pp.
- Palma-López D.J., J. Cisneros D., E. Moreno C. Y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados- ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 pag.
- Pérez-Cerón, J.R. y Mata-García, B.2003. Conceptos y principios para el empoderamiento tecnológico comunitario. In: *Desarrollo Tecnológico Participativo para una Agricultura Sustentable*. Bernardino Mata G. (Editor). Chapingo, México. Pp21-64.
- Pohlan, J.; Borgman, J. 2002. Agroecosistemas Orgánicos en la Caña de azúcar (*Saccharum spp.*). En: Zúñiga, O. y Pohlan, J. (eds): *Agricultura Orgánica En Colombia – un enfoque analítico y sintético*. Universidad Cali. 392 pág.
- Pohlan H. A. J., E. Toledo, A.Leyva-Galán, F.Marroquín-Agreda. 2005. Manejo agroecológico de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Soconusco, Chiapas, México. III Congreso

- Brasileiro de Agroecologia, 17 a 20 de Outubro de 2005 –Florianópolis/SC, CD memorias orais, pdf 072.
- Poy, M. E.. 2005. Caña de Azúcar en México. Producción de etanol anhidro en ingenios. Azucareros. www.SugarJournal.com
- Poy, E. M. 2009. Caña de azúcar en México ancestral cultivo del futuro. Mayo. www.SugarJournal.com
- Rodríguez, C. I. 1992. “Tabasco una visión del futuro”. Compañía Editorial Impresora y Distribuidora, S.A. México, D. F.
- Ruiz-Rosado, O.2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia Vol. 31 Num 002. Pp140-145.
- SAGARPA 2005. Ley de desarrollo rural sustentable. Diario oficial de la nación. Diciembre 07 de 2001. México
- SAGARPA. 2007. Programa Nacional De La Agroindustria De La Caña De Azúcar. 2007-2012.
- Salgado G. S., L. Bucio A., D. Riestra D., y L.C. Lagunes-Espinoza. 2001. Caña de Azúcar: hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados- Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 394p.
- Salgado G.S., D.J. Palma L., y L. Bucio A.2003. Determinación de la dosis optima económica de fertilización en caña de azúcar. Terra.21 (2):267-272.
- Salgado-García S., D.J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L.C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada, C.F. Ortiz-García, J.F. Juárez –López, O. Ruiz-Rosado., L. Armida-Alcudia., y J.A. Rincón-Ramírez. 2009a. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIDRF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 84 p.
- Salgado-García S. 2009. Energía y/o Alimentos: El paradigma del siglo21.Rev.Diálogos. 29: <http://www.ccytet.gob.mx/Dialogos/Dialogos/PDF/dialogos29.pdf>
- Salgado-García S., D.J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L.C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada, C.F. Ortiz-García, A. Guerrero P., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramírez. 2008. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIDRF): Ingenio Azsuremex,. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 102 p.
- Salgado-García S., D.J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L.C. Lagunes-Espinoza, C.F. Ortiz-García, J.M. Ascencio-Rivera. 2004. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar: Ingenio Santa Rosalia. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 66 p.
- Sánchez, F., M. 1997. Desarrollo de la producción de caña de azúcar en la republica –mexicana. Colegio de Postgraduados. 143pag.

- Sánchez Vera, G., José J. Obrador Olán., S.Salgado G. y David J Palma-López,. 2003. Densidad aparente en un vertisol con diferentes agrosistemas. Interciencia [en línea] 28 (junio) : [fecha de consulta: 22 de enero 2010] Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio>
- SIAP, 2008. Sistema de información Agrícola y pecuaria. Caña de azúcar. SAGARPA.
- SIAP, 2009. Sistema de información Agrícola y pecuaria. Caña de azúcar. SAGARPA
- Soil Survey Staff. 1994. Keys to soil taxonomy. 6th ed. US Department of Agricultura-Soil Conservation Service. Washington, DC.
- Statistica.1995. User Guides Stat-Soft Inc. Tulsa. USA. OK.StatSoft, Inc., 2300. East 14th Street, Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com>
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. 38 (1): 55-94.
- Toledo, V. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina Editorial LaPiqueta, pp:199.
- Toledo T., E.; J. Pohlan; M.Gehrke V.; A. Leyva G. 2005.Green Sugarcane Versus Burned Sugarcane: Results of six years in the Soconusco Region of Chiapas, Mexico. Sugar Cane International, January/February 2005, vol.23, No.1, pag. 20-27
- Vieira, B.F.C., C. Bayer., J. Mielniczuc and Bissani.2008. Long-Term acidification of a Brazilian Acrisol as affected by no till cropping systems and nitrogen fertilizer. Australian Journal of Soil Research. 46:17-26.
- Viniegra, G. G. 2001. Alternativas para el uso de la caña de azúcar. Rev. Entorno. Vol. 2 pag.20-26.
- WRI (World Resources Institute) . 2000. Cómo restaurar el tejido de la vida: Un llamado a la acción del PNUD.
- Zafranet. 2009. www.zafranet.org.mx consultado el 12 de enero de 2010.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario aplicado a 150 productores de caña de azúcar en el Área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Cuestionario para Productores de caña de azúcar

El presente cuestionario es parte de una investigación que realiza el Colegio de Postgraduados con la aprobación del Comité de Producción de Caña de azúcar del Ingenio Presidente Benito Juárez, y tiene el propósito de conocer algunos datos sobre la forma en que se produce la caña de azúcar en la región.

Num. de cuestionario _____

Nombre del encuestador _____

Datos Generales

1. Nombre del productor _____
2. Edad _____
3. Sexo _____
4. Años de escolaridad _____
5. Miembros de la familia _____
6. Cuantas personas de su familia le ayudan en las actividades del cultivo de caña de azúcar?
7. Tenencia de la tierra: ejidal () Pequeña propiedad () Otra _____
8. Superficie de la parcela con caña de azúcar _____ ha
9. ¿Cuántos años tiene sembrando caña de azúcar? _____
10. Qué distancia hay de la parcela al ingenio _____ km
11. Tiene otras parcelas? Si () No ()

12. Mencione en orden de importancia que cultiva y en que superficie?

Cultivo	Superficie en Has.
total	

13. En orden importancia cuáles actividades agropecuarias le dan más dinero?

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

14. Existió antes de la caña de azúcar otro cultivo en el terreno? Si () No () Cuál?

15. Motivo por el cual cambió a caña de Azúcar _____

16. ¿Utiliza maquinaria en la preparación del terreno? Si () no () Cuál?

17. La maquinaria que utiliza es: propia () rentada () prestada ()

18. ¿Qué variedad de caña de azúcar tiene establecida? _____
19. ¿Qué ciclo de cultivo cosecho? _____ ¿Qué cantidad de semilla por ha sembró? _____ ton
20. ¿Qué método de siembra utiliza? Cordón doble () Cordón sencillo () Mateado () Trasplante () Otro _____
21. ¿Qué ancho tienen los surcos? 0.90 m () 1.0 m () 1.10 m () 1.20 m () 1.30 m ()
22. ¿Realiza resiembras? Si () No ()
23. ¿Qué cantidad de plantas resiembra por ha? _____
24. ¿En qué época resiembra? _____
25. ¿Utiliza Riego? Si () No () porqué? _____
26. Aplica fertilizantes? Si () No ()
27. ¿Dónde adquiere el fertilizante? _____
28. ¿Qué fertilizantes aplica y en que época?

Producto	Época de aplicación	Número de aplicaciones	Cantidad aplicada (kg o L/ha) o Bultos

29. ¿Cómo aplica el fertilizante? Maquinaria () Manual ()
30. ¿Cómo determina qué y cuánto fertilizante aplicar? Experiencia propia () Lo indica el ingenio () Lo indica la casa comercial () Análisis químico de suelos () Análisis foliar ()
31. Realiza deshierbes? Si () No ()
32. ¿Qué método de control de malezas utiliza?

Método de control	Época de aplicación	Número de aplicaciones	Método de aplicación	
			manual	maquinaria
Químico				
Escardas				
Azadón				

33. ¿Si utiliza productos químicos para el deshierbe, qué productos y qué dosis aplica?

Producto químico	Cantidad/ha

34. Realiza control de plagas? si () No ()

35. ¿Cómo controla a las plagas?

Tipo de plaga	Método de control	Productos utilizados	Cantidad/ha	Momento del control

36. ¿Qué y cómo controla las enfermedades?

Tipo de enfermedad	Método de control	Productos utilizados	Cantidad/ha

37. ¿Quién le programa el corte de su caña? El ingenio () El frente de corte ()
Decisión propia ()

38. ¿Qué función desempeña usted durante la cosecha? Coordina () supervisa ()
ninguno ()

39. ¿La cosecha se realizó en el momento y con la eficiencia adecuada? Si () No ()

40. ¿Cuántas has. cosechó? _____

41. ¿Que rendimiento obtuvo? _____ ton/ha

42. A cuanto le pagaron la tonelada? _____

43. ¿Quién le proporciona asesoría técnica? Técnicos del ingenio () Instituciones de
educación superior () Casas comerciales () Técnicos independientes () Nadie ()
Otro _____

44. ¿Cómo califica la asesoría? Muy buena () Buena () Regular () Mala ()
Muy mala ()

45. ¿Una vez entregada la caña, en qué tiempo recibe la pre-liquidación? _____ meses
_____ días

46. ¿Después del corte en que tiempo recibe la liquidación total? _____ meses _____
Días

47. ¿Queda conforme con la cantidad recibida? Sí () No ()

¿Por

qué? _____

48. ¿Conoce la razón por la cual recibe el pago en esas condiciones? Si () No ()

49. ¿Considera que la caña de azúcar es un cultivo redituable? Si () No ()

50. Si no es redituable ¿porqué la cultiva?

51. ¿Conoce algún otro cultivo que usted sembraría y que pudiera darle más ingreso?

Si () No () ¿Cuál? _____

52. ¿Porqué no lo siembra actualmente? Es un cultivo caro () Requiere mucha mano de
obra () Otro _____

Actividades	Costo de insumos	Jornales/ha	
		Familiar	Contratada
Semilla			
Flete-semilla			

Siembra				
Preparación del terreno				
Fertilización				
Flete-fertilizantes				
Riegos				
Deshierbes	químico			
	escardas			
	azadón			
Control de plagas				
Control de				
Enfermedades				
Cosecha				
Quema				
Trasplante				

Si no puede desglosar el cuadro mencionar un aproximado total en costos de producción:_____

53. ¿Pertenece usted a alguna organización? Si () No () Cuál?_____

54. ¿Conoce los objetivos de su organización? Si () No ()

55. ¿Ha obtenido beneficios como miembro de la organización? Si () No ()
Cuáles?_____

56. Ha mejorado su nivel de vida con el cultivo de la caña? Si () no () ¿por qué?

57. ¿Usted ha emigrado a otra ciudad o país a trabajar? Si () No ()

58. ¿Si esto es cierto quien queda a cargo del cultivo?

59. ¿Qué beneficios para la comunidad cree que se deben a que la gente siembra caña de azúcar? (Carreteras, energía eléctrica, agua potable, seguro social etc)

60. ¿Cuáles son los principales problemas que usted ve en el cultivo de la caña?

61. ¿Considera usted que la caña de azúcar favorece al ambiente? Si () No ()

porqué?_____

62. ¿Considera usted que los agroquímicos que aplica al cultivo de la caña contamina al suelo?
Si () No () ¿por qué? _____

63. ¿Considera usted que los agroquímicos que aplica al cultivo de la caña contamina al aire?
Si () No () ¿por qué? _____

64. ¿Considera usted que la quema contamina al aire?

Si () No () ¿por qué?_____

65. ¿Tiene conocimiento de la entrada de la alta fructuosa para el año 2008?

Si () No ()

66. ¿Como cree usted que afectaría la entrada de la fructuosa su actividad cañera?

¿Algún comentario adicional?_____

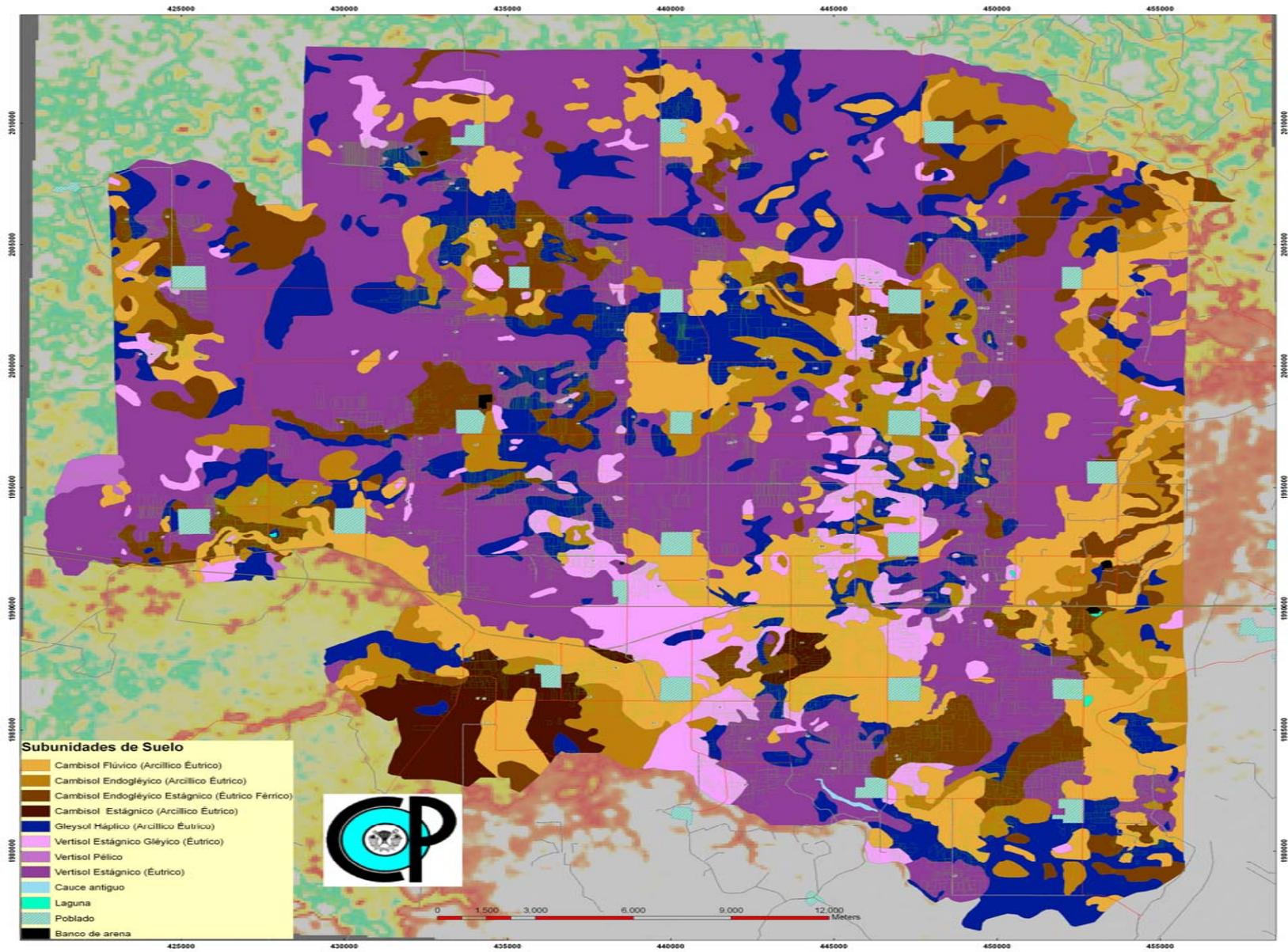


Figura A1. Parcelas de los productores encuestados

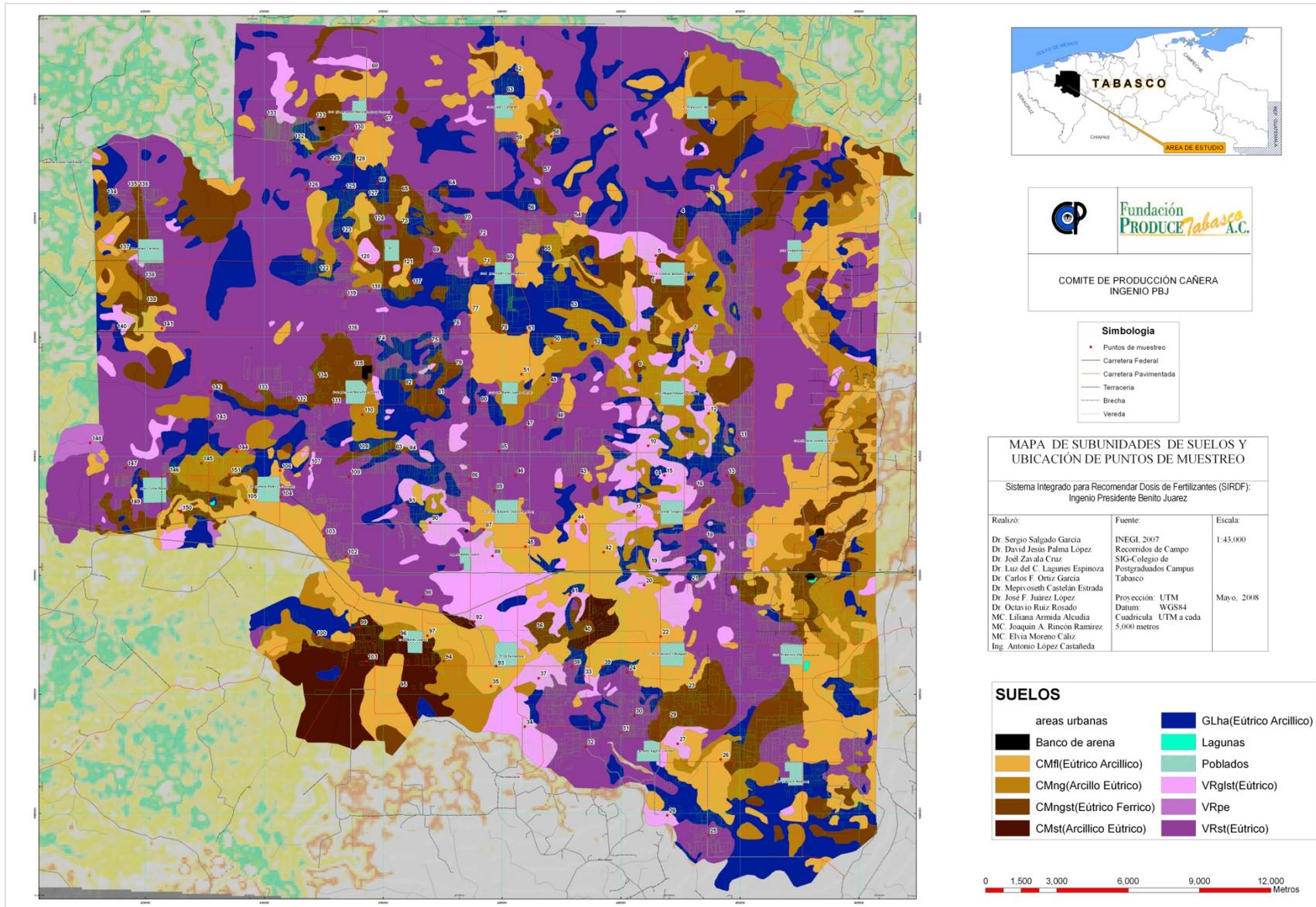


Figura A2. Mapa final de subunidades de suelos del área de influencia del IPBJ