



FONDO SECTORIAL DE INVESTIGACION EN MATERIA AGRICOLA, PECUARIA, ACUACULTURA, AGROBIOTECNOLOGIA Y RECURSOS FITOGENETICOS SAGARPA – CONACYT



DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN ZONAS CAÑERAS PARA UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL AGUA DE LLUVIA

Proyecto contratado entre CONACYT/SAGARPA- IMTA
Clave de Registro SAGARPA-CONACYT S0007-2005-CO1-12646

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Coordinación de Riego y Drenaje
Subcoordinación de Conservación de Cuencas y Tecnología Forestal



DIRECTORIOS

IMTA

Dr. Polioptro Martínez Austria
Director General

Dr. Benjamín De León Mojarro
Coordinador de Riego y Drenaje

M.Sc. Raúl Medina Mendoza
Subcoordinador de Conservación de Cuencas y
Tecnología Forestal

M.P.D. Alfredo Gómez Garzón
Jefe de Proyecto

SAGARPA

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez
Secretario

Ing. Francisco López Tostado
Subsecretario de Agricultura y
Secretario Administrativo del Fondo

Ing. Raúl Romo Trujillo
Secretario Ejecutivo COFUPRO

CONACYT

Mtro. Juan Carlos Romero Hicks
Director General

Lic. Rafael Pando Cerón
Secretario Técnico del
Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT

Ing. Eduardo Benítez Paulín
Operador Administrativo Sectorial SAGARPA-CONACYT

CRÉDITOS

AUTORES: [M.P.D. Alfredo Gómez Garzón](#)

[M.Sc. Raúl Medina Mendoza](#)

COLABORACIONES [M.I. Werner K. Wruck Spillecke](#)

TÉCNICAS: Determinación de aptitud y potencial de suelos – Sistemas productivos

[Lic. Soc. Germán Palma Moreno](#)

Caracterización socioeconómica regional

[M. en A. María Dolores Olvera Salgado](#)

Análisis de rentabilidad y propuesta de diversificación productiva

[M.C. Héctor G. Cortés Torres](#)

Balance hídrico de la zona de estudio

[Biól. Alejandro Ortiz](#)

Balance hídrico de la zona de estudio y
Requerimientos agroecológicos de cultivos potenciales

[M.C. Pedro Rivera Ruíz](#)

Diagnóstico de la erosión hídrica y eólica en la región

DISEÑO Y ESTILO [Mario Alberto Uribe Gaspar](#)

Captura, diseño de estilo y formato de edición

www.imta.mx
(777) 329-36-00 Ext. 154, 460 y 462
(777) 329-36-60

agomez@tlaloc.imta.mx
rmedina@tlaloc.imta.mx

INSTITUTO MEXICANO DE
TÉCNICAS DEL AGUA

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo General	4
2.2	Objetivos específicos	4
3	METODOLOGÍA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN ZONAS CAÑERAS PARA UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL AGUA DE LLUVIA	5
3.1	Selección de la zona de estudio (1).....	5
3.2	Diagnóstico del medio físico y socioeconómico (2)	6
3.2.1	Integración de una base de datos cartográfica y documental.....	7
3.2.2	Análisis y procesamiento de la información.....	8
3.2.3	Obtención de resultados del Diagnóstico	11
3.3	Descripción de los sistemas productivos establecidos y potenciales (3).....	11
3.4	Descripción del sistema de producción caña de azúcar en los niveles de rendimiento alto, medio y bajo (4).....	13
3.5	Obtención de variables Agroecológicas a emplearse en la Diversificación productiva (5).....	14
3.5.1	Análisis de la información climática y de la disponibilidad de agua para la producción de cultivos (5.1)	14
3.5.2	Obtención de potencialidad del suelo	21
3.5.3	Requerimientos agroecológicos de los cultivos (6).....	25
3.6	Análisis de rentabilidad de los sistemas productivos (7)	26
3.7	Procesamiento en SIG para la definición de cultivos potenciales para la diversificación productiva (8).....	30
4	CASO DE ESTUDIO: INGENIO EL POTRERO, VERACRUZ	37
4.1	Definición o selección de la zona de estudio (1).....	38
4.2	Diagnóstico del medio físico y socioeconómico (2)	42
4.2.1	Ubicación geográfica de la zona de abasto del Ingenio El Potrero y de la zona de estudio seleccionada	48
4.2.2	Descripción y análisis de las características del medio físico y socioeconómico	56
4.2.2.1	Aspectos climáticos	56
4.2.2.2	Aspectos de relieve o topográficos	60
4.2.2.3	Aspectos edáficos.....	65

4.2.2.4	Aspectos hidrológicos.....	75
4.2.2.5	Aspectos técnico productivos	80
4.2.2.5.1	Usos del suelo.....	80
4.2.2.5.2	Sistemas de producción de la zona de estudio.....	80
4.2.2.5.3	Aspectos socioeconómicos.....	84
4.2.2.5.4	Obtención de resultados del diagnóstico	90
4.3	Descripción de los sistemas de producción establecidos y potenciales (3)	100
4.4	Descripción del sistema de producción caña de azúcar en los niveles de rendimiento alto, medio y bajo (4).....	107
4.5	Obtención de variables Agroecológicas a emplearse en la Diversificación productiva (5).....	108
4.5.1	Conocimiento de la información climática, disponibilidad de agua para los cultivos potenciales ..	108
4.5.2	Obtención de potencialidad del suelo	118
4.6	Requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales (6)	129
4.7	Análisis de rentabilidad de los sistemas productivos (7)	136
4.8	Procesamiento en SIG para la definición de cultivos potenciales para la diversificación productiva (8).....	141
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1	Conclusiones	154
5.2	Recomendaciones	157
ANEXO 1.	Convenio de colaboración	
ANEXO 2.	Cédula para productores cañeros El Potrero, Ver., 2006	
ANEXO 3.	Indicadores socioeconómicos del área de abastecimiento del ingenio El Potrero	
ANEXO 4.	Formato para obtener características de suelos	
ANEXO 5.	Descripción y costos de los sistemas de producción	
ANEXO 6.	Requerimientos agroecológicos de los cultivos	
ANEXO 7.	Cartografía	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3-1. Precipitación media anual considerada.....	16
Cuadro 3-2. Cálculo de la probabilidad de lluvia al 50%	16
Cuadro 3-3. Valor de Kc para diferentes cultivos	17
Cuadro 3-4. Valores de (P) y (Kt) para el cálculo de usos consuntivos	18
Cuadro 3-5. Uso consuntivo. Cultivo: Caña de azúcar.....	18
Cuadro 3-6. Uso consuntivo. Cultivo: Mango.....	19
Cuadro 3-7. Uso consuntivo. Cultivo: Pasto.....	19
Cuadro 3-8. Uso consuntivo. Cultivo: Café	19
Cuadro 3-9. Clasificación de suelos de acuerdo a su potencial	22
Cuadro 3-10. Relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra	23
Cuadro 3-11. Formato para levantamiento de características de suelos.....	24
Cuadro 3-12. Formato de captura de requerimientos agroecológicos de los cultivos	25
Cuadro 3-13. Obtención del indicador económico Relación Beneficio Costo a 16 productores	29
Cuadro 3-14. Determinación de la R.B.C. para los tres niveles de rendimiento de la caña de azúcar	29
Cuadro 3-15. Interpretación de la R.B.C. para cultivos actuales y potenciales	30
Cuadro 3-16. Interpretación de la utilidad o pérdida del sistema de producción	30
Cuadro 3-17. Clasificación de los suelos de acuerdo a su potencial.....	34
Cuadro 3-18. Relación entre las clases de capacidad y el uso racional de la tierra	34
Cuadro 3-19. Correlación de variables requerimientos agroecológicos con características de suelos.....	35
Cuadro 3-20. Escenarios potenciales de sistemas de producción a establecerse en áreas con bajos rendimientos con caña de azúcar actualmente	36
Cuadro 4-1. Ingenios azucareros de México.....	39
Cuadro 4-2. Ingenios expropiados por el Gobierno Federal.....	40
Cuadro 4-3. Ingenios expropiados que se ubican en el estado de Veracruz.....	41
Cuadro 4-4. Organización de los campos del Ingenio en divisiones y zonas	48
Cuadro 4-5. Informe de caña cosechada al 22/05/2006 de Régimen de Temporal por tipo de rendimiento	50
Cuadro 4-6. Superficies por municipio en la zona de estudio.....	52
Cuadro 4-7. Divisiones de campo de la caña de azúcar de las parcelas con rendimientos bajos	54
Cuadro 4-8. Características de las unidades de producción de caña de azúcar con rendimientos bajos en forma general.....	55
Cuadro 4-9. Características de las unidades de producción de bajos rendimientos en nivel bajo-rangos 0-10.12; 11.17-19.65; y 20.01-34.98	56
Cuadro 4-10. Climas de la zona de estudio	57
Cuadro 4-11. Climas agrupados de la zona de estudio.....	58
Cuadro 4-12. Características de las estaciones climatológicas.....	59
Cuadro 4-13. Distribución por relieve de las superficies cañeras	64
Cuadro 4-14. Pendientes presentes en la zona de estudio.....	64
Cuadro 4-15. Sitios de muestreo de suelo (sitio Núm. 1-39 de 118)	69
Cuadro 4-16. Sitios de muestreo de suelo (Sitio Núm. 44-84 de 118) (oriente, centro-oriente y sureste)	70
Cuadro 4-17. Sitios de muestreo de suelo (Sitio Núm. 40-43 y 85-118, de 118) (Norte y zona Santa Rita-San Alejo) ...	71
Cuadro 4-18. Clave de descripción de perfiles.....	72
Cuadro 4-19. Unidades de paisaje en la zona de estudio	73
Cuadro 4-20. Caña de azúcar por unidades de paisaje en la zona de estudio.....	74
Cuadro 4-21. División hidrológica en la zona de estudio.....	75
Cuadro 4-22. Caña de azúcar por subcuencas.....	76
Cuadro 4-23. Usos del suelo y vegetación.....	80
Cuadro 4-24. Resultados del diagnóstico – Aspectos socioeconómicos.....	90
Cuadro 4-25. Resultados del diagnóstico – Productividad del suelo y tecnología.....	91
Cuadro 4-26. Resultados del diagnóstico – Resumen de la problemática agropecuaria.....	95
Cuadro 4-27. Resultados del diagnóstico – Aspectos climáticos	96

Cuadro 4-28. Resultados del diagnóstico – Aspectos de relieve o topográficos	98
Cuadro 4-29. Resultados del diagnóstico – Aspectos de suelos.....	99
Cuadro 4-30. Sistemas productivos de la zona de estudio	102
Cuadro 4-31. Indicadores económico-financieros por nivel de rendimiento	108
Cuadro 4-32. Precipitación media anual considerada	110
Cuadro 4-33. Cálculo de la probabilidad de lluvia al 50%	111
Cuadro 4-34. Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos	112
Cuadro 4-35. Valores de (P) y (Kt) para el cálculo de usos consuntivos	113
Cuadro 4-36. Uso consuntivo, cultivo: Maíz	114
Cuadro 4-37. Uso consuntivo, cultivo: Caña de azúcar.....	114
Cuadro 4-38. Uso consuntivo, cultivo: Calabaza.....	114
Cuadro 4-39. Uso consuntivo, cultivo: Frijol.....	115
Cuadro 4-40. Uso consuntivo, cultivo: Lima persa	115
Cuadro 4-41. Uso consuntivo, cultivo: Mango.....	115
Cuadro 4-42. Uso consuntivo, cultivo: Pasto.....	116
Cuadro 4-43. Uso consuntivo, cultivo: Café	116
Cuadro 4-44. Uso consuntivo, cultivo: Ciruela	116
Cuadro 4-45. Análisis realizado del balance hídrico para los cultivos actuales y potenciales de la zona de estudio.....	117
Cuadro 4-46. Formato para obtener características de suelos.....	121
Cuadro 4-47. Unidades de paisaje en la zona de estudio	124
Cuadro 4-48. Clasificación de suelos de acuerdo a su potencial	126
Cuadro 4-49. Relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra	127
Cuadro 4-50. Clases de suelos de la zona de estudio	127
Cuadro 4-51. Requerimientos agroecológicos de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).....	130
Cuadro 4-52. Requerimientos agroecológicos del Café (<i>Coffea arabica linn</i>)	130
Cuadro 4-53. Requerimientos agroecológicos del Maíz: (<i>Zea Mays</i>).....	131
Cuadro 4-54. Requerimientos agroecológicos del Frijol: (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	131
Cuadro 4-55. Requerimientos agroecológicos de la Calabaza.....	131
Cuadro 4-56. Requerimientos agroecológicos de los Cítricos: (<i>Citrus sp.</i>) Limón Persa.....	132
Cuadro 4-57. Requerimientos agroecológicos del Mango: (<i>Mangifera indica</i>)	132
Cuadro 4-58. Requerimientos agroecológicos de la Ciruela (<i>prunus doméstica</i>)	132
Cuadro 4-59. Requerimientos agroecológicos de Estrella de África o grama estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	133
Cuadro 4-60. Requerimientos agroecológicos del Pasto Guinea, privilegio o zacatón: (<i>Panicum maximum</i>)	133
Cuadro 4-61. Requerimientos agroecológicos del Cedro: (<i>Cedrella mexicana, C. Odorata</i>).....	133
Cuadro 4-62. Requerimientos agroecológicos de Primavera, Rosamorada, Roble: (<i>Tabebuia rosae</i>).....	134
Cuadro 4-63. Correlación variables requerimientos agroecológicos cultivos actuales y potenciales con características de suelos	135
Cuadro 4-64. Análisis económico de 16 productores cañeros	139
Cuadro 4-65. Relación Beneficio Costo de los tres niveles productivos de la caña de azúcar	139
Cuadro 4-66. Interpretación del indicador económico RBC	140
Cuadro 4-67. Utilidad de los sistemas productivos y su interpretación.....	140
Cuadro 4-68. Clasificación de los suelos de acuerdo a su potencial.....	144
Cuadro 4-69. Relación entre las clases de capacidad y el uso racional de la tierra	145
Cuadro 4-70. Correlación variables requerimientos agroecológicos de cultivos actuales y potenciales con características de suelos.....	146
Cuadro 4-71. Escenarios potenciales de sistemas de producción a establecer en áreas de bajo rendimiento de la caña de azúcar	148
Cuadro 4-72. Análisis de los resultados de cultivos potenciales para la diversificación productiva.....	152

INDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Metodología de diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia	5
Figura 3-2. Información a emplear en el diagnóstico del medio físico y socioeconómico	7
Figura 3-3. Climograma de Gaussen para la zona de estudio	15
Figura 3-4. Proceso del modelo de comparación	27
Figura 3-5. Procedimientos en el SIG	32
Figura 4-1. Metodología de diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia	37
Figura 4-2. Información a emplear en el Diagnóstico del medio físico y socioeconómico	43
Figura 4-3. Oficinas del Ingenio “El Potrero”	46
Figura 4-4. Localización del ingenio “El Potrero”	49
Figura 4-5. Zona de abasto del ingenio “El Potrero”	50
Figura 4-6. Zona de estudio	53
Figura 4-7. Divisiones de campo de la zona de estudio	53
Figura 4-8. Superficies de caña con rendimientos bajos	54
Figura 4-9. Mapa de climas	57
Figura 4-10. Climas según disponibilidad de agua y estaciones climatológicas	59
Figura 4-11. Isotermas medias anuales	60
Figura 4-12. Isoyetas medias anuales	60
Figura 4-13. Topografía de la zona de estudio	61
Figura 4-14. Relieve - llanura	63
Figura 4-15. Relieve - lomerío	64
Figura 4-16. Mapa de pendientes	65
Figura 4-17. Suelos rojos	68
Figura 4-18. Suelos negros	68
Figura 4-19. Mapa de unidades de paisaje	72
Figura 4-20. División hidrológica en la zona de estudio	76
Figura 4-21. Parteaguas de la cuenca del Río Blanco en la zona de estudio	77
Figura 4-22. Usos del suelo y vegetación	80
Figura 4-23. Sistemas de producción de la zona de estudio	81
Figura 4-24. Vegetación de la zona de estudio	83
Figura 4-25. Superficies abiertas a la agricultura con presencia de erosión debido a que el suelo queda descubierto de vegetación (cárcavas en formación)	96
Figura 4-26. Plantación de cítricos con evidencias de deficiencias hídricas	97
Figura 4-27. Caña de azúcar en lomeríos con pendientes altas	99
Figura 4-28. Sistemas de producción predominantes, caña de azúcar y cítricos	107
Figura 4-29. Climograma de Gaussen	109
Figura 4-30. Mapa de climas según la disponibilidad del agua	109
Figura 4-31. Muestreo de suelo mediante barrenación	122
Figura 4-32. Unidades de paisaje	123
Figura 4-33. Pedregosidad abundante en lomeríos de la Sierra La Esperanza	126
Figura 4-34. Clases de suelo de la zona de estudio	128
Figura 4-35. Proceso del modelaje de comparación	137
Figura 4-36. Procedimiento en el SIG	142
Figura 4-37. Cultivos propuestos para la diversificación productiva	150

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación fue contratado por el Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos de la SAGARPA - CONACYT donde participan la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; Se ubica en el marco de desarrollo de tecnología y se refiere al desarrollo de la metodología denominada **“Diversificación productiva en zonas cañeras para la utilización eficiente del agua de lluvia” con clave S0007-2005-1 12646**, esta metodología tiene como objetivo impulsar la diversificación productiva en aquellas superficies que ya no poseen aptitud para la caña y no serán objeto de tecnificación del cultivo, así como encontrar un uso más eficiente del agua de lluvia en zonas con el cultivo de caña de azúcar en condiciones de temporal, fomentando cultivos con mayor adaptabilidad agroecológica a las condiciones particulares donde se asientan los ingenios azucareros. Esta metodología esta dirigida a técnicos, productores agropecuarios y sus organizaciones de las zonas de abasto de los ingenios azucareros de México.

El proceso de desarrollo y validación de la metodología Diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia se describe a continuación, y se acompaña de un caso de estudio el cual se realizó en una zona delimitada dentro del área de abasto del Ingenio El Potrero, municipio de Atoyac, ubicado en el estado de Veracruz, México.

Como un primer paso de la metodología se realizó la Definición o selección de la zona de estudio (1) el cual se considera como de definición o selección de la zona donde aplicar la metodología, se realiza mediante un primer acopio de información general de los 58 ingenios azucareros del país para su análisis y de ahí realizar la selección del ingenio, los requisitos para esto se consideran de la siguiente manera:

- a) Que sea un ingenio que se encuentre dentro de los 27 expropiados por el Gobierno Federal,
- b) Que la mayor superficie del área de abasto se ubique en el régimen de temporal,
- c) Que sea representativo de los ingenios de la región donde se ubique,
- d) Que los rendimientos promedio, permitan la aplicación de la metodología (60 – 70 ton/ha/año promedio en este caso),
- e) Que se tenga disponibilidad de estudios agrológicos detallados o semidetallados, o en su caso de suelos,
- f) Conocimiento por parte de los técnicos de campo de los rendimientos del cultivo de la caña, clasificados en altos, medios y bajos; las características mencionadas permitirán la selección del ingenio, y después se establecerán reuniones con el personal del ingenio para la delimitación de la zona de estudio y establecer un convenio de colaboración.

Una vez realizada la selección del ingenio se procede a elaborar el Diagnóstico del medio físico y socioeconómico (2), en este segundo paso se realizará trabajo de campo en forma intensiva el cual permita continuar con el acopio y análisis de información documental y cartográfica de la zona de

estudio seleccionada, en esta actividad debe participar un equipo multidisciplinario (en caso de contar con el mismo) formado por un hidrólogo, un edafólogo, un economista, un sociólogo, un especialista en aspectos agropecuarios y un especialista en Sistemas de Información geográfica (SIG), ya que se considera la aplicación de esta herramienta informática como apoyo para la elaboración del diagnóstico. La obtención del diagnóstico permitirá obtener el conocimiento de las condiciones actuales de los recursos naturales agua, suelo, plantas, y socioeconómicos, además de conocer la forma en que trabajan los sistemas de producción tanto de la caña como de otros cultivos y de identificar la problemática presente y las propuestas preliminares que permitirán contar con una cartera de cultivos potenciales para la zona

Como parte del diagnóstico se identificará el uso del suelo en la zona de estudio definida dentro del área de abasto del ingenio seleccionado, diferenciando cuantitativamente las superficies dedicadas tanto a la caña de azúcar como a otros cultivos, (el mapa de uso del suelo tomará como base el registro de la superficie de caña de azúcar y así diferenciarlo de los demás usos). Esta actividad tendrá una retroalimentación intensiva mediante recorridos y trabajo de campo. La generación del diagnóstico integral de la zona de influencia del ingenio permitirá responder los cuestionamientos básicos de un diagnóstico: ¿Qué hay?, ¿Cuánto hay?, ¿Dónde está?, ¿Cómo está?, y ¿Qué hacer?.

Descripción de los sistemas productivos establecidos y potenciales (3), para caracterizar los sistemas de producción preexistentes en el sitio de estudio y los potenciales que se mencionan en el diagnóstico, se parte del conocimiento y comprensión de los componentes de los sistemas y sus relaciones, también se busca clasificar la función objetivo que persiguen los productores con relación al todo y poseer una base para considerar y medir las nuevas alternativas tecnológicas o modificaciones a los componentes de los sistemas en estudio. La información se obtiene por medio de encuestas de tipo informal así como recorridos de campo, y permite la aplicación de técnicas multivariadas de componentes principales y conglomerados para clasificar y tipificar a los sistemas y productores de cada área en particular.

Para la definición de los sistemas de producción predominantes en el sitio de estudio, se parte de la revisión bibliográfica y cartográfica de documentos, información estadística y reportes de trabajo elaborados en este sitio, tanto por parte de instituciones oficiales, como agroindustriales, y de investigación (INEGI, SAGARPA, INGENIO EL POTRERO, INIFAP, C.P.), posteriormente se formulan guías para levantamiento de información, se realiza la investigación y el trabajo de campo, el análisis de los datos, tratamiento estadístico y redacción de resultados.

Para poder comprender mejor el sistema de producción principal y centro de esta metodología se requiere la Descripción del sistema de producción caña de azúcar en los niveles de rendimiento alto, medio y bajo (4). En este paso se hace la descripción del sistema de producción caña en los niveles de rendimiento que se definen mediante el trabajo conjunto con la superintendencia de campo del ingenio, con lo que se dispondrá de un mapa donde se identifiquen las superficies del cultivo de caña diferenciadas por niveles de rendimiento. Este mapa de campo se procesará para su inserción y manejo en el SIG. Para poder conocer cuales fueron los elementos considerados en la definición de los diversos niveles, se deben describir de acuerdo a sus características; Como ejemplo, si se definieran los niveles de rendimiento bajo, medio y alto, se debe enunciar las premisas consideradas para cada nivel, en el caso del nivel más Bajo, es considerado así ya que se encuentra debajo del punto de equilibrio, es decir que no alcanza a aportar al ingenio el tonelaje considerado por hectárea para cumplir con la cantidad de caña a moler de acuerdo a la capacidad del ingenio, y a que sus rendimientos son menores de 35 ton/ha/año, ya que abajo de esta producción no alcanza a cubrir los

costos de producción y su relación beneficio costo es negativa. El nivel que se pudiera considerar como Medio comienza a partir de las 35.1 ton/ha/año y se puede definir su tope considerando el rendimiento promedio que oscila entre 70 ton/ha/año. El nivel Alto se considera arriba del promedio donde se pueden considerar producciones muy óptimas

Como insumos básicos para poder contar con elementos técnicos suficientes en la elaboración de la propuesta de diversificación productiva se requiere la Obtención de variables Agroecológicas a emplearse en la Diversificación productiva (5)

Una de las variables es el Conocimiento de la información climática y disponibilidad de agua para los cultivos potenciales esta se refiere al análisis de la información de tipo climática e hidrológica para conocer el comportamiento climático, así como la disponibilidad de agua en la zona de influencia del ingenio para los cultivos establecidos y potenciales mediante el balance hídrico de los mismos. Para poder realizar este tipo de análisis se parte de la información que se obtiene de las estaciones experimentales ubicadas en la zona de estudio, y en caso de ser necesario, las aledañas a esta zona, con lo que se elabora el climograma de Gausson para la zona de estudio.

Para conocer, de una manera rápida y sencilla, si los niveles de precipitación, temperatura y evapotranspiración encontrados en el sitio de estudio representan un freno físico a la producción agropecuaria, se utiliza el método de comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual, para cada uno de los cultivos de importancia económica y social que se explotan en la zona de trabajo.

Como siguiente paso, se determinan las necesidades mínimas de agua que requieren los cultivos de importancia económica y social, dentro del sitio de estudio y definir si la cantidad de agua que llueve es suficiente para el cultivo, mediante la comparación del consumo de agua por cada uno de ellos (uso consuntivo), durante cada mes de su desarrollo y el aporte de agua por la precipitación pluvial en ese mismo periodo.

El uso consuntivo o la cantidad de agua que requieren las plantas para transpirar y formar tejido celular, más el agua que se evapora del suelo donde crece, se determina mediante el método de Blaney y Criddle.

Al contar con los resultados del análisis de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia al 50% y del consumo de agua para cada cultivo, el siguiente paso es el de determinar si el agua precipitada es suficiente o en que cantidad es deficitario el cultivo y los meses durante los que ocurre este evento. Con este fin se hace una comparación entre los valores del uso consuntivo mensual y de la lluvia media, mes a mes. El resultado será el valor de excedencia o de déficit durante el ciclo de desarrollo del cultivo.

De cualquier modo, se considera que el método seguido para hacer esta evaluación del déficit y excedencias de agua mediante la comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual para la zona de influencia del ingenio El Potrero, es un método gráfico sencillo que permite visualizar de una manera objetiva y rápida la necesidad de agua para los cultivos establecidos e interpretar más claramente los frenos físicos en el sitio de estudio.

La variable Obtención de potencialidad del suelo requiere el análisis de los estudios de suelos o agrológicos que comprendan la zona de estudio, en los cuales se describen las principales

características de las unidades de suelo, sus series y fases, y de los que se obtiene mediante la evaluación de los factores de demérito las clases potenciales de suelos para la producción de cultivos (textura, pH, estructura, profundidad del suelo, pedregosidad, susceptibilidad a la erosión, presencia de inundaciones, salinidad, drenaje superficial e interno, permeabilidad, retención de humedad) Esta actividad se complementa con trabajo de campo a través de levantamiento de suelos, empleando perfiles naturales, artificiales o mediante barrenaciones, además de estudios realizados considerando análisis de suelos, así como la búsqueda bibliográfica en centros de investigación e instituciones normativas, operativas, educativas y de investigación de la zona como CNA, SAGARPA; CONAFOR, INIFAP; Colegio de Postgraduados, Universidades, Tecnológicos, y otros.

En el caso de no contar con estudios agrológicos se debe realizar una caracterización de los suelos existentes en la zona de estudio, los cuales deben ser evaluados empleando la matriz para clasificación de suelos de acuerdo a su potencial, y a continuación definir la capacidad de uso empleando la matriz de relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra (Tomadas de IMTA "Guía Técnica para producción y conservación en el trópico").

Se hace énfasis en considerar las características que se relacionan con las propiedades de retención o disponibilidad de humedad en los suelos como son la permeabilidad, el drenaje superficial e interno y la retención de la humedad del suelo.

La obtención de estas variables agroecológicas y su evaluación nos da un escenario sobre las clases potenciales del suelo de acuerdo a sus características lo que permitirá realizar una correlación con los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y potenciales y ubicar las superficies que correspondan a cada uno de ellos en la zona de estudio.

Requerimientos agroecológicos de los cultivos (6) en este paso se realiza la búsqueda de los requerimientos agroecológicos de los cultivos encontrados en la zona de estudio y de la cartera de cultivos potenciales que en condiciones de temporal se adapten bien y que sean recomendados por instancias de investigación y existan antecedentes en la zona. Se desarrolló una ficha técnica para capturar los requerimientos agroecológicos de los cultivos (agrícolas, pecuarios y forestales) más prometedores para la zona.

Análisis de rentabilidad de los sistemas productivos (7) este paso permite realizar el análisis de la rentabilidad del cultivo de caña de azúcar y hacer una comparación con la rentabilidad de los cultivos potenciales propuestos para poder conocer cuales cultivos se pueden utilizar como referencia al momento de proponer la diversificación productiva en base a indicadores económicos como la Relación Beneficio Costo (R.B.C.) que permitan conocer si existen ganancias o pérdidas en cada cultivo propuesto.

Procesamiento en SIG para la Definición de cultivos potenciales para la diversificación productiva (8), se analizó la información obtenida de los insumos mencionados y que son requeridos para realizar el proceso en el Sistema de Información Geográfica (SIG) y así obtener los cultivos potenciales a emplearse en la diversificación productiva. En el SIG se sistematizó la información del uso del suelo identificando primero las áreas sembradas con caña de azúcar que presentan productividad de baja a muy baja y que son las áreas donde se enfatizó el análisis hacia la búsqueda de cultivos alternativos. Otros insumos empleados para la sistematización fueron la capa de características de los suelos para conocer la potencialidad de los mismos considerando los factores de demérito, la información climática como tipo de climas, temperatura y precipitación, la disponibilidad de agua y uso consuntivo

de los cultivos, los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y los considerados con mayor potencial, Estos mapas se interceptan, y el mapa resultante se correlaciona con las fichas de requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales y actuales, este proceso permitió tener conocimiento de las superficies en donde es posible el establecimiento de cultivos con alto potencial productivo precisamente en aquellas áreas en que el cultivo de la caña tiene limitantes (áreas identificadas como de baja y muy baja productividad).

A continuación se realiza una correlación con los resultados del análisis de rentabilidad económica realizado, lo que permite la correlación con los cultivos que presentan rentabilidades mayores y que son utilizados como cultivos de referencia para sustituir a la caña de bajos rendimientos, con esto se tuvieron las condiciones para generar la propuesta de diversificación productiva en zonas cañeras de temporal realizando un uso eficiente del agua de lluvia disponible.

Una vez concluido el ejercicio y en el caso se de que se presentaran unidades de producción donde se cuenta con las condiciones para obtener buenos rendimientos y que presenten disminución en los mismos, de acuerdo a los resultados que se obtengan, se debe recurrir a considerar los aspectos socioeconómicos que darán respuestas supuestas a estas situaciones del porqué se ubican estas unidades de producción en rendimiento considerados bajos.

Se pueden considerar elementos como la magnitud del minifundismo y la carencia de recursos económicos de los productores y sus familias como los factores determinantes para que se produzca un cultivo técnicamente deficiente de la caña y una productividad disminuida que retroalimenta a la vez los niveles de consumo productivo y doméstico.

Sin embargo, entre los productores de alto, mediano y bajo rendimiento hay diversidad de características en torno a:

- la dependencia económica y laboral respecto de la caña
- las características técnico-productivas de la tierra
- el conocimiento de los paquetes tecnológicos
- el proceso de cultivo realizado
- la dependencia respecto al crédito
- la superficie cultivada
- la magnitud del descuento al pago de la caña

La posibilidad de transformar una o varias características posibilita la opción de que una parte de los productores de cada sector pueda incrementar los rendimientos en la producción de caña de azúcar.

Para una mejor comprensión de la metodología, en el capítulo IV de esta memoria técnica se presenta el Caso de Estudio aplicado en una zona d estudio delimitada dentro de la zona de abasto del Ingenio “El Potrero”, ubicado en el municipio de Atoyac, Veracruz.

- INTRODUCCIÓN -

1

1 INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera mexicana está conformada por 58 ingenios en una superficie aproximada de 600,000 ha. De esta industria dependen 160 mil productores de caña, 45 mil entre jornaleros y transportistas y más de 2 millones y medio de familias en 227 municipios de 15 estados del país en los cuales la caña es uno de los principales cultivos. Los principales estados productores son Veracruz, Jalisco, Oaxaca, San Luís Potosí y Tamaulipas pues en ellos se concentra más del 60% de la producción nacional.

A escala internacional, el país ocupa el quinto lugar como productor de caña y el séptimo en cuanto a producción de azúcar. No obstante lo anterior, lejos de que esta situación pudiera interpretarse como un escenario de prosperidad y condiciones favorables para el sector, la realidad es que debido a factores externos e internos la viabilidad de la industria y el sector cañero en general se encuentran amenazados al grado de que de continuar la desatención hacia este sector productivo se corre el riesgo de que en un futuro México se convierta en un país importador del producto.

Las principales causas de que la industria azucarera se encuentre en una situación crítica se pueden resumir en los siguientes párrafos:

1) **Sustitutos del azúcar.** La conjunción de una alta producción ante un mercado restringido y una mayor utilización de los productos sustitutos del azúcar (jarabes de maíz de alta fructosa y edulcorantes sintéticos como aspartame, entre otros) han reducido el consumo industrial nacional y esto se ha reflejado en una caída de los precios del producto. El menor costo y el poder endulzante de estos productos, resultan muy atractivos para algunas industrias razón por la cual mucha del azúcar producida en las últimas zafras se encuentra almacenada en las bodegas de los ingenios, en espera de un mejor precio para su comercialización.

2) **Productividad de la caña de azúcar.** El sistema producto de la caña de azúcar en muchas de las zonas del trópico húmedo mexicano se produce en condiciones de temporal. En consecuencia, los rendimientos en estas regiones están por debajo de los rendimientos potenciales que pueden lograrse en aquellas zonas productoras con sistemas tecnificados de riego y drenaje. Esta situación induce a que los precios de la caña tengan que mantenerse altos para ser atractivos para los productores, por lo que se provoca una baja competitividad en el mercado nacional e internacional el cual está cada vez más globalizado y competitivo. Mientras que el promedio nacional de rendimiento anual de caña de azúcar es de 70 toneladas por hectárea y aunque algunos ingenios tienen rendimientos superiores a las 100 toneladas por hectárea (Ingenios de Emiliano Zapata y Casasano en Morelos y de Atencingo en Puebla, por citar tres casos, mencionando también que se tienen registros de algunos ingenios con rendimientos superiores a las 200 toneladas por hectárea), existen también aquellos cuyos rendimientos son inferiores a las 60 toneladas por hectárea (Ingenios de

Cuatotolapam y el Higo en Veracruz por ejemplo). Los bajos rendimientos provocan poco estímulo y no permiten invertir en insumos y el mejoramiento de los campos.

3) **Productividad del ingenio.** La obsolescencia de la infraestructura y de la tecnología de algunos de los ingenios del país aunados a la baja productividad del campo han sido las causas de la baja productividad de los ingenios, de tal forma que resulta ineficiente en la extracción de azúcar, con altos costos de producción. Esto conlleva a su vez a una baja competitividad y con fuertes necesidades de inversión a corto plazo tan sólo para mantenerlos en funcionamiento, cosa que también es difícil, dado el fuerte endeudamiento en que se encuentran los ingenios, además de las elevadas tasas de interés, escasez de crédito, saturación del mercado y elevadas obligaciones contractuales. De esta forma, los bajos índices de producción y productividad hacen de su operación una actividad poco redituable y hasta de cierto riesgo económico, tanto para el ingenio como para los agricultores. Desafortunadamente la modernización de la infraestructura de la industria cañera requiere de cuantiosas inversiones, muy superiores a los recursos disponibles con las fuentes tradicionales de financiamiento. Debe también decirse que muchos de los ingenios están trabajando a una capacidad mucho menor de su capacidad instalada. Los bajos rendimientos del cultivo redundan en un desequilibrio entre la capacidad de la planta industrial y el volumen de materia prima que se tiene para procesar.

4) **Condiciones climatológicas poco favorables.** el trópico húmedo mexicano, que puede considerarse en general con precipitaciones superiores a los 1,200 mm anuales, concentra sin embargo su distribución de una manera poco favorable para el desarrollo de la caña de azúcar: Alrededor del 90% de la precipitación ocurre en seis meses del año; así, los campos de caña se encuentran con abundante humedad especialmente durante los meses de junio a agosto pues el ciclo de lluvias ocurre en verano, provocando incluso inundaciones casi de recurrencia anual en las zonas bajas, afectando negativamente el rendimiento de la caña, tanto en calidad como en cantidad. Por otra parte, las precipitaciones de enero a mayo son menores a los requerimientos de agua de la caña de azúcar, provocando situaciones de estrés hídrico que afectan significativamente su rendimiento. Así la solución aparente a esta situación es la aplicación de riego durante los meses de escasez de lluvia y realizar obras de drenaje para eliminar los excedentes durante los meses más húmedos. En muchos casos sin embargo, por lo ya mencionado en párrafos anteriores, no están en posibilidades de realizar este tipo de inversiones.

5) **Acidez de los suelos.** La acidez de los suelos constituye un factor de importancia en la producción agrícola de las regiones tropicales del país. Los suelos del trópico tienen niveles de acidez que se van acentuando con el tiempo como consecuencia de diversos factores como son: naturaleza y propiedades de la fracción arcilla, lixiviación de sales y minerales solubles, deficiencia en el drenaje interno del suelo, aplicación excesiva de fertilizantes formadores de ácidos, así como la oxidación de compuestos de azufre y hierro en zonas pantanosas y áreas donde la roca madre presenta altos contenidos de sulfuros. Este fenómeno en una forma muy particular determina algunas de las características químicas y biológicas del suelo, reduciendo el crecimiento de las plantas y ocasionando la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes.

6) **Apertura del TLC.** El próximo ingreso de productos derivados de la caña de azúcar a precios más bajos, debido a la apertura del Tratado de Libre Comercio a finales del 2007 y principios del 2008, ha provocado inquietud e incertidumbre a los productores cañeros en la continuidad del sistema de producción caña de azúcar con lo que se presenta un ambiente de inestabilidad por el futuro de este sistema productivo.

7) **Diversificación de subproductos derivados de la caña.** Debido a que el cultivo principal de este cultivo es el azúcar, la cual se verá afectada con el ingreso de este producto a precios más bajos de otros países, se considera como opción la diversificación de los subproductos que se pueden obtener de la caña, tal es el caso del etanol o gas etanol, que se puede emplear como combustible para vehículos motorizados, como se realiza en otros países, tal es el caso de Brasil, pero que como solución en México apenas se vislumbra con el establecimiento de plantas para obtener este subproducto, sin la capacidad para captar la superficie cultivada con caña, por lo que no se considera una opción viable a corto plazo, probablemente a mediano o largo plazo. Así como el caso del etanol se encuentra la producción de alcohol de caña y de la vinaza empleado como mejorador del suelo con sus retenciones técnicas sobre los efectos residuales al suelo.

Por lo anteriormente mencionado, es evidente que el sector azucarero enfrenta una situación crítica y de importantes repercusiones toda vez que de esta actividad depende el sustento diario de miles de familias, así como la economía de diversas regiones del país. En consecuencia, elevar la eficiencia de la industria y la productividad en el campo es una tarea que no debe postergarse beneficiando así a los involucrados en el sistema producto caña de azúcar.

Es bien conocido que dentro de las superficies productoras de caña que abastecen a los ingenios, se encuentran áreas que por sus características particulares tienen rendimientos muy por debajo de la media de de la zona o región, considerándose a éstas áreas como marginales para el cultivo de caña, sin embargo continúan sembrándose debido en gran parte al beneficio social que se tiene con el cultivo.

Por otra parte, se pueden identificar cultivos alternativos cuyos requerimientos agroecológicos se adaptan bien a las condiciones prevaecientes en las zonas cañeras, los cuales presentan una alta productividad, pero por diversas causas no han sido considerados sino en pequeña escala y/o a nivel de traspatio por algunos productores cañeros.

En el presente proyecto se desarrolló una metodología para fomentar la diversificación productiva en aquellas áreas sembradas con caña y que presentan una baja o muy baja productividad para la utilización eficiente del agua de lluvia. Dicha metodología se aplicó en el ingenio “Fideicomiso Ingenio El Potrero, 80329”, ubicado en el municipios de Atoyac, del estado de Veracruz donde se tienen superficies de temporal que presentan una baja productividad en las cuales es conveniente iniciar una diversificación productiva, esto permitió retroalimentar la metodología desarrollada para aplicarla a otros ingenios del país.

La metodología enfatiza principalmente los aspectos técnicos para fomentar la diversificación de cultivos, referentes a la aptitud y factores de demerito de los suelos, requerimientos agroecológicos de los cultivos, disponibilidad de agua, rendimientos y rentabilidad del cultivo, productividad y sistemas de producción.

Debido a la problemática anterior, es de suma importancia considerar la diversificación de cultivos en las zonas cañeras dentro de una estrategia que permita a los productores cañeros mantener o incrementar su nivel de vida el cual está estrechamente vinculado a este cultivo, por los beneficios sociales que se tienen, como el seguro social y las pensiones.

- OBJETIVOS -

2

2 OBJETIVOS

En el proyecto se plantearon el objetivo general y específicos siguientes::

2.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología para impulsar la diversificación productiva en aquellas superficies que ya no poseen aptitud para la caña y no serán objeto de tecnificación del cultivo

2.2 Objetivos específicos

- Identificar cultivos alternativos para las áreas del trópico húmedo mexicano hasta ahora dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, con otros cultivos de mayor rentabilidad que la caña de azúcar.
- Encontrar un uso más eficiente del agua de lluvia en zonas con el cultivo de caña de azúcar en condiciones de temporal, fomentando cultivos con mayor adaptabilidad agroecológica a las condiciones particulares donde se asientan los ingenios azucareros.

- METODOLOGÍA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN ZONAS
CAÑERAS PARA UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL AGUA DE LLUVIA -

3

3 METODOLOGÍA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN ZONAS CAÑERAS PARA UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL AGUA DE LLUVIA

En este capítulo se describe la metodología desarrollada, la cual se presenta en la **Figura 3-1**.

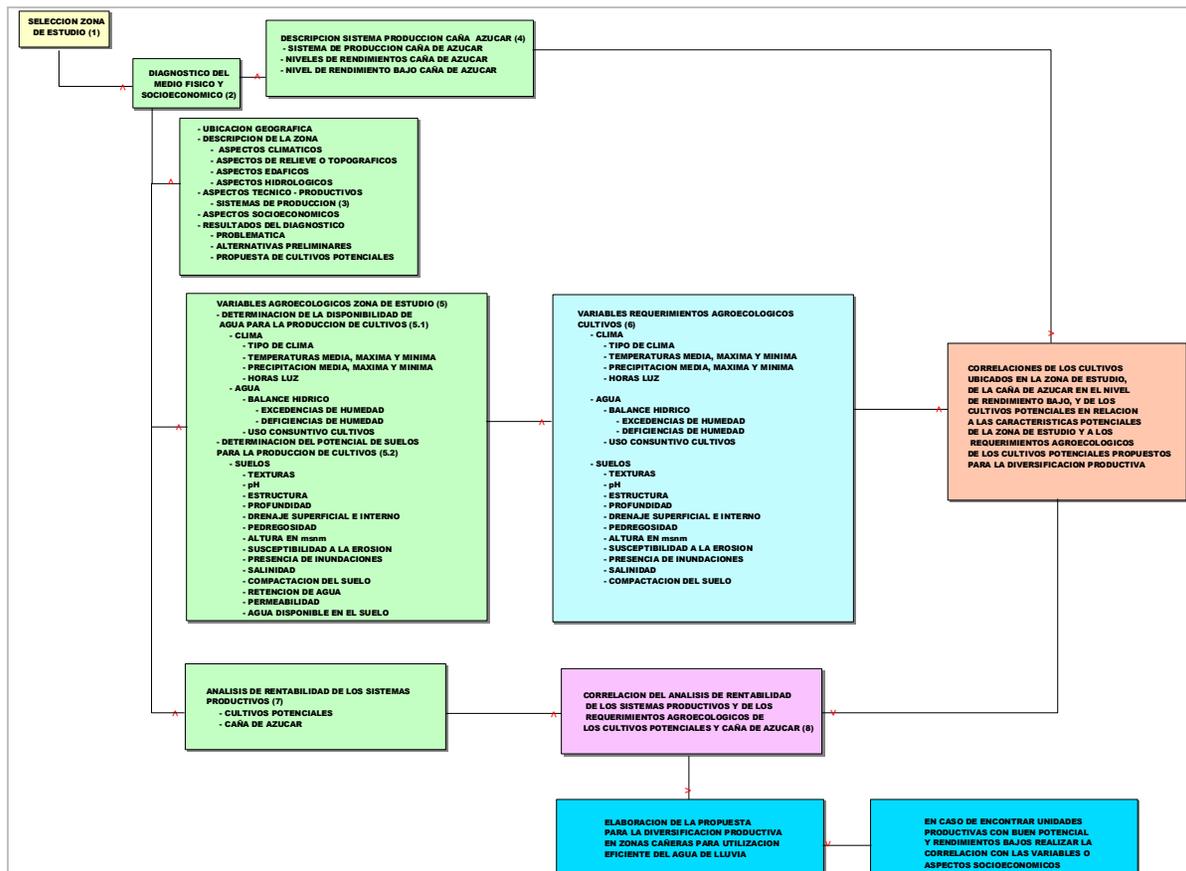


Figura 3-1. Metodología de diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia

3.1 Selección de la zona de estudio (1)

Este primer paso considerado como de definición o selección de la zona de estudio se inicia mediante un primer acopio de información general de los 58 ingenios azucareros del país, en donde se realiza el análisis de la misma para buscar los ingenios con las siguientes características:

- a) Que sea un ingenio que se encuentre dentro de los 27 expropiados por el Gobierno Federal,
- b) que la mayor superficie del área de abasto se ubique en el régimen de temporal,
- c) que sea representativo de los ingenios de la región en donde se ubique,
- d) que los rendimientos promedio (oscilando entre 60 – 70 ton/ha/año), permitan la aplicación de la metodología.
- e) Que se tenga disponibilidad de estudios agrológicos detallado o semidetallado, o en su caso de suelos,
- f) Conocimiento por parte de los técnicos de campo de los rendimientos del cultivo de la caña, clasificados en los rangos bajos, medios y altos.
- g) Estas características mencionadas permitirán realizar la selección del ingenio, y posteriormente se realizarán las siguientes actividades con las autoridades del mismo
- h) Concertar una reunión con las autoridades y técnicos del ingenio seleccionado para la presentación del proyecto,
- i) Definición de la zona de estudio, y,
- j) La celebración de un convenio de colaboración para poder disponer de la información referida a los estudios agrológicos detallados o semidetallados, y de las superficies de caña con sus niveles de rendimiento.

3.2 Diagnóstico del medio físico y socioeconómico (2)

En este segundo paso se realizará trabajo de campo en forma intensiva el cual permita continuar con el acopio y análisis de información documental y cartográfica de la zona de estudio seleccionada, en esta actividad debe participar un equipo multidisciplinario (en caso de contar con el mismo) formado por un hidrólogo, un edafólogo, un economista, un sociólogo, un especialista en aspectos agropecuarios y un especialista en Sistemas de Información geográfica (SIG), ya que se considera la aplicación de esta herramienta informática como apoyo para la elaboración del diagnóstico. La obtención del diagnóstico permitirá el conocimiento actual de las condiciones de los recursos naturales agua, suelo, plantas, y socioeconómicos, además de conocer la forma en que trabajan los sistemas de producción tanto de la caña como de otros cultivos y de identificar la problemática presente y las propuestas preliminares que permitirán contar con una cartera de cultivos potenciales para la zona.

Como parte del diagnóstico se identificará el uso del suelo en el zona de estudio definida dentro del área de abasto del ingenio, diferenciando cuantitativamente las superficies dedicadas tanto a la caña de azúcar como a otros cultivos, (el mapa de uso del suelo a tomará como base el que se obtenga del registro de la superficie de caña de azúcar y así diferenciarlo de los demás usos). Esta actividad tendrá una retroalimentación intensiva mediante recorridos y trabajo de campo. La generación del diagnóstico integral de la zona de influencia del ingenio permitirá responder los cuestionamientos básicos de un diagnóstico: ¿Qué hay?, ¿Cuánto hay?, ¿Dónde está?, ¿Cómo esta?, y ¿Qué hacer?.

Información a manejar en el Diagnóstico del medio físico y Socioeconómico. La información que se requiere para elaborar el diagnóstico de tipo biofísico y socioeconómico es el que aparece en la **Figura 3-2.**

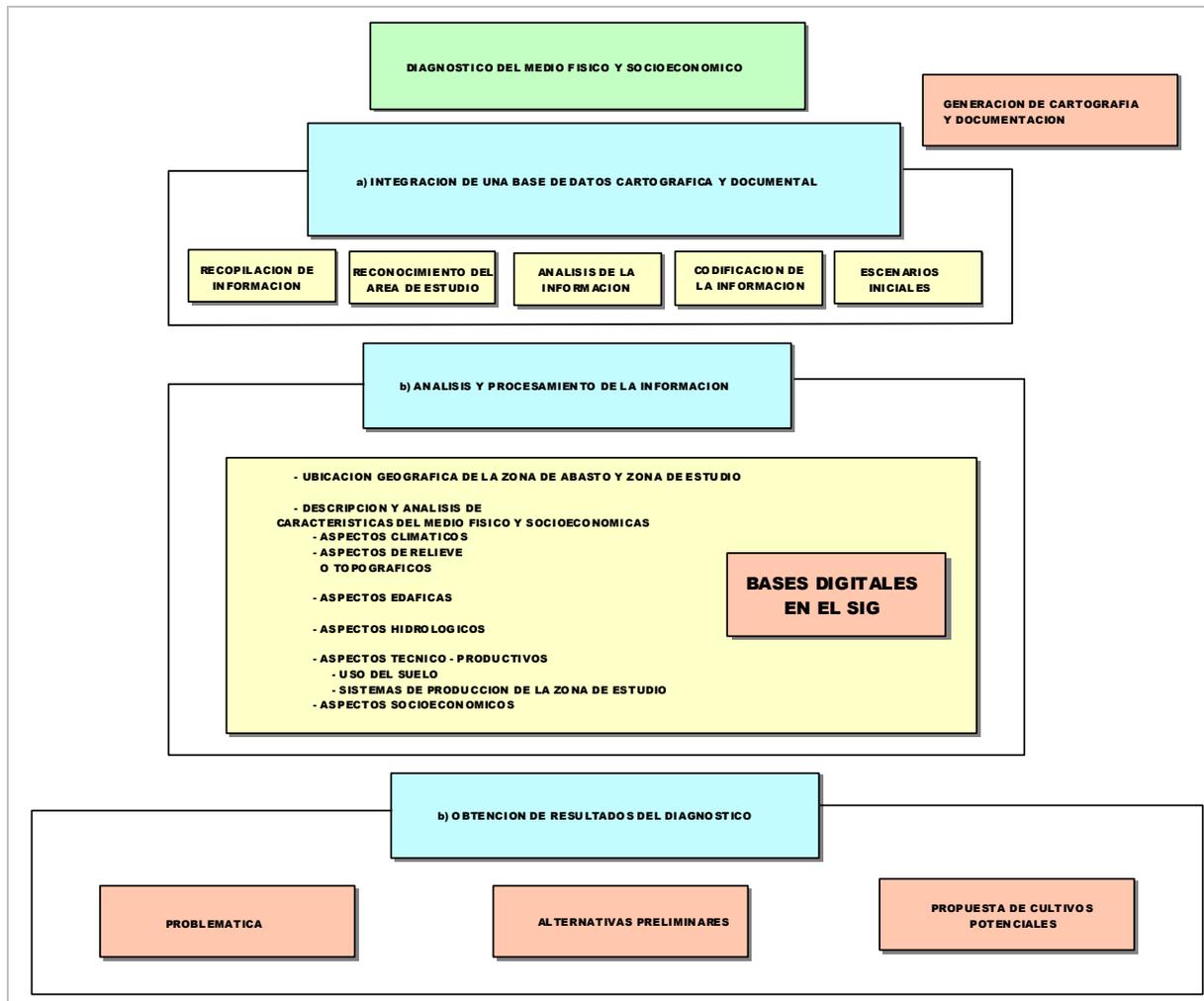


Figura 3-2. Información a emplear en el diagnóstico del medio físico y socioeconómico

Para realizar la recopilación y análisis de la información a emplear en el diagnóstico del medio físico y socioeconómico, se realizan las siguientes actividades que permiten en forma ordenada de los elementos documentales y cartográficos obtener un conocimiento previo de las condiciones del medio físico, ambientales y socioeconómicas de la zona de estudio, estas actividades son las siguientes:

3.2.1 Integración de una base de datos cartográfica y documental

Aquí se debe considerar la recopilación y análisis de información del área de abasto del ingenio seleccionado que permita conocer el marco de referencia a mayor detalle y la información a nivel de la zona de estudio delimitada que permita profundizar mayormente en el conocimiento de esta, lo que permitirá contar con las bases para trabajar en la propuesta de diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia. Entre las fuentes de información principales a las que se debe acudir se considera como actores principales el Ingenio y los productores cañeros, las autoridades de las comunidades, ejidos y centros de población, oficinas de Instituciones del sector como la SAGARPA, SEDARPA estatal, la CNA, Uniones de productores como la Confederación Nacional Campesina CNC y Confederación Nacional de Productores Rurales CNPR, Instituciones de investigación como el INIFAP, el Colegio de Postgraduados de Chapingo, las Universidades y

Tecnológicos, Centros de salud, Reforma Agraria y otras fuentes oficiales y calificadas. También debe considerarse como herramienta para la obtención de información la aplicación de encuestas directas a productores cañeros y de otros sistemas de producción.

La cartografía y documentación a recopilar debe considerar el área de abasto del ingenio, parcelas del ingenio, zonas de trabajo del ingenio, topografía, uso actual del suelo, hidrología de aguas superficiales, edafológica, geológica, efectos climáticos, isoyetas, isotermas, ortofotos, documentación técnica como estudios de la zona y censos agropecuarios. En específico del ingenio recopilar y sistematizar la información del padrón de productores de la zona de abasto del ingenio, de las localidades, datos básicos de población, localización, comunicaciones, infraestructura y servicios generales.

Se requiere también conocer los principales sistemas de producción como la caña y otros cultivos, y sus características, la tecnología agrícola tradicional y las combinaciones que el productor realiza con técnicas modernas, el uso diversificado del suelo en las unidades de producción, y la lógica de los productores cuando planifican sus cultivos.

Entre la documentación técnica se consideran los estudios de suelos, climatología, técnico-productivos y socioeconómicos, y contar con el material de apoyo surgido de los estudios como son: planos básicos, ortofotos, relación de obras construidas y estudios realizados.

Se debe realizar un recorrido preliminar por el área de estudio definida para conocer previamente la problemática general, las características físicas, uso actual del suelo, accesibilidad y otras características.

3.2.2 Análisis y procesamiento de la información

En lo que se refiere al análisis de la información cartográfica se deben revisar las características geográficas como datum, proyección, información contenida, fuentes de la misma, lo que permitirá su procesamiento en SIG para realizar las operaciones necesarias y su análisis mediante las variables contenidas en las bases de datos, u otras bases que se incluyan en el SIG.

El análisis y procesamiento de la información documental y de campo permite obtener indicadores o variables que podrán ser interpretados para los resultados del diagnóstico, esto se realiza por los integrantes del equipo multidisciplinario, en caso de contar con éste.

Es a través de estos procesos que se lleva a cabo la obtención del documento diagnóstico del medio físico y socioeconómico acompañado con su análisis e interpretación de los elementos o variables, Además de los mapas temáticos correspondientes, de tal forma que en lo que corresponde a esta parte del diagnóstico queda integrado de la siguiente manera:

- Ubicación geográfica de la zona de abasto y de la zona de estudio seleccionada.
- Descripción y análisis de las características del medio físico y socioeconómicas
 - Aspectos climáticos
 - Aspectos de relieve o topográficos
 - Aspectos edáficos
 - Aspectos hidrológicos

- Aspectos técnicos productivos
 - Uso del suelo
 - Sistemas de producción de la zona de estudio
- Aspectos socioeconómicos

Y la cartografía y documentación a generar es la siguiente:

- Descripción y Mapa de localización del ingenio.
- Descripción y Mapa de ubicación de la zona de abasto del ingenio y su división en zonas de trabajo.
- Descripción y Mapa base del área de estudio. Se obtiene definiéndola mediante límites establecidos por el ingenio, o en caso de emplear unidades hidrológicas como cuencas se realiza a través del parteaguas o límites físicos en las áreas planas, ubicando su ordenamiento hidrológico (Región, cuenca, subcuenca, microcuenca), así como sus coordenadas geográficas. La delimitación de la cuenca o zona se realiza en la carta hidrológica de aguas superficiales, topográfica u ortofotos apoyándose en cartografía proporcionada por el ingenio.
- Mapa de la zona de estudio con las superficies de los regimenes de Temporal y Riego.
- Mapa de la zona de estudio con las divisiones de trabajo en donde se encuentra ubicada.
- Mapa de las unidades de producción de bajos rendimientos.
- Descripción, análisis y Mapas climáticos. La descripción, análisis y cartografía de este aspecto permitirá conocer la distribución y clasificación de los climas en la zona de estudio y su superficie. Se obtiene de la carta de climas, y efectos climáticos de INEGI, la cual muestra la clasificación de los climas así como las isotermas e isoyetas medias anuales, otra fuente de información son los registros de las estaciones climatológicas de las variables precipitación, evapotranspiración, temperaturas, vientos, heladas y granizadas, las cuales pertenecen al Ingenio, Instituciones oficiales como CNA, SAGARPA., SEDARPA y de investigación o educativas como el Colegio de Postgraduados de Chapingo, Universidades y tecnológicos. Una de las variables en la presentación de los mapas climáticos es la presentación de las zonas climáticas de acuerdo a la disponibilidad de agua para cultivos actuales y potenciales.
- Descripción, análisis y Mapa Topográfico. Este se puede generar a partir de las capas digitales de las cartas vectoriales de INEGI o en su caso, digitalizando las curvas de nivel de la carta topográfica, con esto se puede obtener la topografía de la zona, la ubicación de éstas y superficie que ocupa en la zona, lo que permitirá conocer el relieve o geoformas presentes y su análisis en relación a los sistemas productivos establecidos y potenciales. También es posible obtenerlo de los Modelos de Elevación digital.
- Descripción, análisis y Mapa de pendientes. Este mapa se puede obtener empleando los Modelos de Elevación Digital o mediante el cálculo directo en la carta topográfica. El análisis que se realiza es muy parecido al considerado para el mapa topográfico, ya que tiene una relación muy directa en relación al establecimiento y manejo de sistemas productivos por rango de

pendiente, donde se pueden observar limitantes para determinados sistemas de producción así como favorables para otros.

- Descripción, análisis y Mapa de Suelos. Mediante la descripción, análisis y cartografía de los estudios de suelos o mediante levantamientos de campo se pueden conocer las unidades de suelos presentes, el tipo y textura de los mismos, las fases físicas como pedregosidad o gravosa, así como su ubicación y superficie en la zona, así como parte importante del análisis se deben conocer en caso de contar con el estudio agrológico las clases potenciales del mismo, las cuales están definidas por factores limitantes como la textura, estructura, profundidad, drenaje superficial e interno, pH, topografía y pendientes, deficiencia y exceso de humedad, susceptibilidad a la erosión, salinidad y sodicidad. Esta información se obtiene procesando la carta edafológica y de estudios agrológicos, o de potencial de suelos.
- Descripción, análisis y Mapa de Hidrología superficial. Se realiza empleando los estudios hidrológicos de la zona, apoyándose en mapas y cartas hidrológicas de aguas superficiales, con lo cual se puede conocer la red de drenaje de la zona, así como su extensión y sus ramales, sus características hidrológicas como caudal, estacionalidad, trayecto, además de complementarlos con los almacenamientos como presas y vasos, y el ordenamiento hidrológico (considerando Región Hidrológica, Cuencas, Subcuencas y microcuencas). Es importante conocer la información referente a la disponibilidad de agua en la zona, ya sea a través de un balance hídrico, registros climatológicos, registros de caudales y gastos hídricos.
- Descripción, análisis y Mapas de Aspectos técnico-productivos o Uso del Suelo - Vegetación. Dentro de esta información se considera el uso actual de la tierra y la vegetación existente el cual se puede obtener de mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélite, ortofotos, o de trabajo de campo, este mapa permite conocer la orientación de las actividades productivas de la zona, la superficie que ocupan, y esto se puede interpretar a través de la descripción del manejo que se realiza en los sistemas de producción, del análisis sobre el papel que tienen como sistemas productivos, en especial la caña de azúcar, tema objeto de esta metodología, y de los demás sistemas productivos presentes.
- Descripción y análisis de los aspectos socioeconómicos.- La importancia de estos aspectos es que nos permite conocer que tipo de poblaciones se encuentran ubicadas en la zona, cual es la población económicamente activa, que tipo de actividades productivas desarrollan, como se organizan los productores, cual es la respuesta a las innovaciones tecnológicas y de accesibilidad a las comunidades. Esta información proporcionará datos socioeconómicos de la zona a emplearse en la metodología y las fuentes donde se puede obtener son de información oficial como el INEGI, programas locales de desarrollo y mediante entrevistas directas con los interlocutores o actores principales, en donde se puede conocer la perspectiva de los habitantes de la zona en relación a diversos temas de importancia, los cuales pueden ser la respuesta a los cambios de sistemas de producción, causa de la problemática en la situación actual. Como cartografía de apoyo se realiza la ubicación de municipios comprendidos en la zona para lo cual se emplea a información del marco geoestadístico municipal 2000 de INEGI que contiene la información general de los municipios, asimismo la cartografía actualizada a nivel municipal.

3.2.3 Obtención de resultados del Diagnóstico

Una vez obtenido el diagnóstico preliminar del medio físico y socioeconómico se emplea esta información para que el equipo multidisciplinario compuesto de hidrólogos, edafólogos, sociólogos, economista, aspectos agropecuarios y especialista en SIG, realicen recorridos de campo y corroboren o retroalimenten este diagnóstico integral con el énfasis en definir los principales procesos de degradación de los recursos naturales a partir de las actividades agroindustriales en la zona. Lo cual permite identificar, localizar y cuantificar la problemática, así como los principales procesos de degradación y sus causas.

El procesamiento de la Información nos permitirá obtener en forma general las siguientes condiciones de la zona:

- Problemática
- Alternativas preliminares
- Propuesta de cultivos potenciales

3.3 Descripción de los sistemas productivos establecidos y potenciales (3)

Para caracterizar los sistemas de producción prevalecientes en el sitio de estudio y los potenciales que se mencionan en el diagnóstico, se parte del conocimiento y comprensión de los componentes de los sistemas y sus relaciones, también se busca clasificar la función objetivo que persiguen los productores con relación al todo y poseer una base para considerar y medir las nuevas alternativas tecnológicas o modificaciones a los componentes de los sistemas en estudio. La información se obtiene por medio de encuestas de tipo informal y permite la aplicación de técnicas multivariadas de componentes principales y conglomerados para clasificar y tipificar a los sistemas y productores de cada área en particular.

Para la definición de los sistemas de producción predominantes en el sitio de estudio, se parte de la revisión bibliográfica y cartográfica de documentos, información estadística y reportes de trabajo elaborados en este sitio, tanto por parte de instituciones oficiales, como agroindustriales, y de investigación (INEGI, SAGARPA, INGENIO EL POTRERO, INIFAP, C.P.), posteriormente se formulan guías para levantamiento de información, se realiza la investigación y el trabajo de campo, el análisis de los datos, tratamiento estadístico y redacción de resultados.

Para la descripción de los cultivos agrícolas y de las explotaciones ganaderas, se parte de fichas técnicas elaboradas a partir de manuales publicados por el INIFAP y el C.P., para cada especie. En campo se obtienen y procesan frecuencias de actividades, calendarios agrícolas y sanitarios, aspectos ecológicos, tecnológicos y sociales. Asimismo se identifica la variación de especies animales domésticas existentes en la zona, las utilidades que los propietarios obtienen de cada especie, su abundancia e importancia económica.

Para la caracterización de los sistemas productivos se identifican los componentes y el funcionamiento de cada sistema, limitados por los elementos que participan directamente en los procesos de trabajo controlados por un solo propietario. Estos elementos, según sea el caso de actividad agrícola o ganadera, son: propósito del propietario, localización del sistema, tipo de productor, terreno, tamaño de la explotación, fertilización o alimentación, variedades o razas, reproducción, uso de materiales genéticos mejorados, plagas y enfermedades, prácticas de manejo,

tipo de mano de obra empleada, producción, mercado, organización, asistencia técnica y perspectivas.

Para la descripción del medio natural y de las actividades forestales, se definen y realizan transectos en los que se ubican rutas para el levantamiento de información y se analiza la composición florística desde los puntos de vista ecológico, económico y social, para realizar la descripción de los métodos de aprovechamiento de las especies de uso prominente.

La obtención de estos estimadores se realiza por medio de encuestas, aplicadas de manera probabilística y los resultados se infieren, para su análisis, a cada una de las diferentes poblaciones de donde se extraen.

Como primer paso, para la determinación del tamaño y diseño de la muestra, se realiza una visita de carácter exploratorio. Durante este período se realizan entrevistas, acopio de información y recorridos de campo para establecer la magnitud y complejidad de la problemática del sitio objeto de este estudio.

El diseño de la población muestral parte del marco constituido por el padrón de productores de los ejidos y municipios que están dentro del área de influencia del Ingenio seleccionado como área de trabajo para el estudio y las áreas limítrofes, que comprenden la totalidad o parte de los municipios, en las que se encuentran establecidos otros sistemas productivos diferentes a caña de azúcar, pero que podrían representar, en un momento dado, una buena oportunidad de desarrollo económico y social para los productores de caña que actualmente obtienen bajos rendimientos.

La técnica empleada para determinar el tamaño de muestra a estudiar fue el muestreo simple aleatorio para estimación de proporciones. Las ecuaciones utilizadas para determinar el tamaño de muestra se aplican con dos variantes: a) muestreo de una población finita, sin reemplazo y b) muestreo de una población en la que se desconoce el número total de la proporción, quedando estas como se muestra a continuación:

$$n = \frac{Nz^2/2 pq}{Nd^2+z^2/2 pq} \dots\dots\dots (a)$$

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2} \dots\dots\dots (b)$$

En donde:

- n** = tamaño de muestra
- N** = tamaño de la población expresada como el número total de productores en el sitio de estudio.
- p** = proporción poblacional, que para este caso se tomo el valor de máxima varianza equivalente a 0.5
- q** = 1 - p = 0.5
- pq** = 0.25 (valor máximo)
- d** = precisión deseada
- z** = valor de el cuadro de distribución normal standard para el nivel de confiabilidad buscado

Como en el caso de los cultivos aledaños a la zona de estudio, se desconoce el número total de la proporción de productores para cada cultivo, se utiliza un valor de 0.5 para p (máxima varianza), en la

ecuación (b). Por lo tanto se estima el tamaño de muestra considerando una máxima varianza con una confiabilidad equivalente a una probabilidad o confianza del 95% y para márgenes de error de 0.05, 0.10 y 0.15, en ambos sitios de muestreo.

Con los resultados obtenidos se obtienen elementos de juicio para adoptar una decisión acorde a los recursos humanos, financieros y de tiempo con los que se cuentan para determinar el número de muestras necesarias para realizar la investigación, con un grado de precisión aceptable.

Como resultado de esta aplicación de esta técnica y bajo el criterio de hacer estimaciones eficientes con un mínimo de recursos, se determina la utilización del tamaño de muestra calculado con una probabilidad de 95% y 0.15 de precisión, bajo la consideración de varianza máxima.

De esta manera, se aplicarían n (43) encuestas en el área circunvecina al sitio y dentro del mismo, con lo que, a partir de su posterior análisis, se identificarán grandes sistemas de producción predominantes en el sitio de estudio, como ejemplo: **I)** cultivos perennes, **II)** cultivos de escarda, **III)** cultivos cíclicos y **IV)** explotaciones ganaderas.

- I. *Cultivos Perennes*. Este sistema se basa en la explotación de plantas cultivadas, de ciclo mayor a cinco años, como mango, café y cítricos.
- II. *Cultivos de surco*. La característica más importante en este sistema es la roturación anual del suelo y el incremento del riesgo de erosión, actual y potencial. El cultivo más predominante dentro de este sistema es la caña de azúcar y de manera secundaria el maíz.
- III. *Cultivos cíclicos*. Este sistema presenta la mayor diversidad en cuanto a su arreglo espacial y características muy señaladas, de acuerdo al sitio en el que se desarrolla. Dentro de este sistema se incluyen las hortalizas y cultivos considerados para autoconsumo. Las hortalizas son el cultivo más representativo de este sistema.
- IV. *Explotaciones ganaderas*. El sistema ganadero, comprende principalmente, explotaciones de bovinos y de manera secundaria ovinos, Las aves se explotan en gran proporción por grandes empresas y los porcinos solo en pequeñas zahúrdas de traspatio.

3.4 Descripción del sistema de producción caña de azúcar en los niveles de rendimiento alto, medio y bajo (4)

En este paso se hace la descripción del sistema de producción caña en los niveles de rendimiento que se definen mediante el trabajo conjunto con la superintendencia de campo del ingenio, con lo que se dispondrá de un mapa donde se identifiquen las superficies del cultivo de caña diferenciadas por niveles de rendimiento. Este mapa de campo se procesará para su inserción y manejo en el SIG.

Se requiere conocer cuales fueron los elementos considerados para definir los diversos niveles, como ejemplo, si se definieran los niveles de rendimiento bajo, medio y alto, se debe enunciar las premisas consideradas para cada nivel.

Como ejemplo de la descripción de estos tres niveles se presentan los siguientes:

Nivel bajo: Se le considera así ya que se encuentra debajo del punto de equilibrio, es decir que no alcanza a aportar al ingenio el tonelaje considerado por hectárea para cumplir con la cantidad de caña a moler de acuerdo a la capacidad del ingenio, y el considerado bajo es menor de 35 ton/ha/año, ya que debajo de esta producción no alcanza a cubrir los costos de producción y su relación beneficio costo es negativa. Se puede considerar de subsistencia, no aplican en forma completa el paquete tecnológico y/o lo hacen con limitantes, en ocasiones faltándoles alguna labor cultural, aplicación de fertilizante o control de plagas y herbicidas, no reciben asesoría técnica, y se debe correlacionar si las condiciones del medio físico influyen en estos rendimientos. Uno de los aspectos de mantener este sistema de producción es eminentemente social, ya que no se realiza el cambio de sistema de producción a otro cultivo para no perder el derecho al seguro social y a la pensión, la cual una vez que se obtiene, la unidad de producción pasa a poder de otro familiar, es decir se hereda, hasta que éste familiar consigue este beneficio y así sucesivamente. En esta unidad de producción es el productor quien realiza la mayor parte de los trabajos, y se contrata con productores del nivel medio o alto, o en otro tipo de actividades laborales.

Nivel medio: El nivel que se pudiera considerar como medio comienza a partir de las 35.1 ton/ha/año y se puede definir su tope considerando el rendimiento promedio que oscila entre 70 ton/ha/año. Los productores aplican el paquete tecnológico completo. Se considera que es la única actividad productiva que realizan estos productores. Habrá que correlacionar los aspectos del suelo y climáticos para ser considerados como elementos de definición en este nivel.

Nivel Alto: El nivel Alto se considera arriba del promedio donde se pueden considerar producciones muy optimas. Estos productores además de aplicar el paquete tecnológico completo, realizan aplicaciones complementarias como cachaza, encalados para mejoramiento del suelo y otros, lo que les permite obtener excelentes rendimientos, además de realizar otro tipo de actividades productivas que posibilitan el acceso a mejores niveles de vida.

3.5 Obtención de variables Agroecológicas a emplearse en la Diversificación productiva (5)

3.5.1 *Análisis de la información climática y de la disponibilidad de agua para la producción de cultivos (5.1)*

Este paso se refiere al análisis de la información de tipo climática e hidrológica para conocer el comportamiento climático, así como la disponibilidad de agua en la zona de influencia del ingenio para los cultivos establecidos y potenciales mediante un balance hídrico de los mismos. Para poder realizar este tipo de análisis se parte de la información que se obtiene de las estaciones experimentales ubicadas en la zona de estudio, y en caso de ser necesario, las aledañas a esta zona, con lo que se elabora el climograma de Gaussen para la zona de estudio. Como ejemplo, se presenta el caso del Ingenio el Potrero, Veracruz.

EVALUACIÓN DEL DÉFICIT Y EXCEDENTES DE AGUA PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL INGENIO EL POTRERO, VERACRUZ

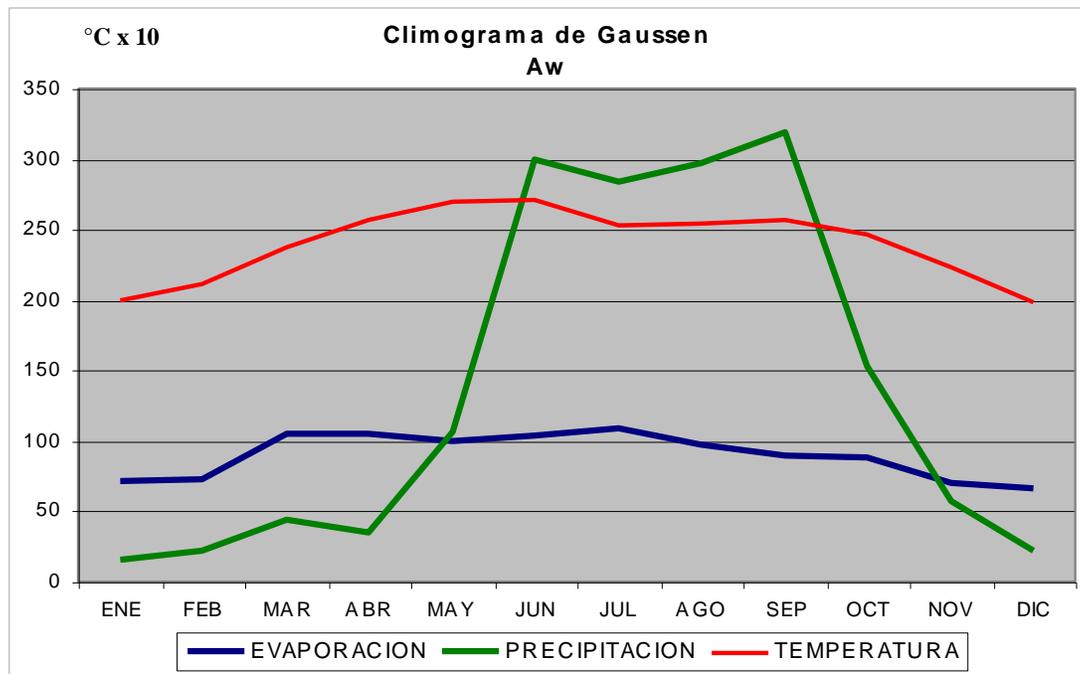


Figura 3-3. Climograma de Gausson para la zona de estudio

Al hacer el análisis de los datos de precipitación y del climograma de Gausson, del capítulo de climatología del presente estudio, se observa que para las zonas de clima Aw los meses de noviembre a mayo son secos y de manera similar, para las zonas de clima Af este período va de noviembre a abril. En todo ese período, en promedio para ambos tipos de clima, se precipita el 14.43% de la lluvia media anual, mientras que en los 5 meses restantes, de junio a octubre, cae el 85.57% de la precipitación media anual.

En el mismo climograma, se puede observar que la evaporación es superior a la lluvia en los meses de noviembre a mayo. Se observa asimismo que lo contrario ocurre de junio a octubre e incluso durante la canícula la precipitación es superior a la evaporación.

Para conocer, de una manera rápida y sencilla, si los niveles de precipitación y evapotranspiración encontrados en el sitio de estudio representan un freno físico a la producción agropecuaria, se utiliza el método de comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual, para cada uno de los cultivos de importancia económica y social que se explotan en la zona de trabajo.

Como primer paso, se determina la probabilidad al 50% de lluvia esperada para cada uno de los meses del año, de acuerdo a los datos climáticos generados, durante diez años, en las estaciones cuyos registros tienen influencia dentro del sitio, las cuales son las estaciones ubicadas dentro de los ingenios Potrero (80329) y Central Progreso (San Alejo, Paso del Macho, 18°56' de latitud norte y 96°46' de longitud oeste), para el clima **Aw**, y la del Campús Córdoba del Colegio de Postgraduados de Chapingo, como representativa del clima **Af**.

Cuadro 3-1. Precipitación media anual considerada

Mes	Tipo climático	
	Aw	Af
☉ Enero	15.76	49.26
☉ Febrero	21.045	37.06
☉ Marzo	21.484	41.71
☉ Abril	46.895	72.09
☉ Mayo	113.101	175.98
☉ Junio	297.175	344.94
☉ Julio	274.06	309.31
☉ Agosto	271.731	385.74
☉ Septiembre	293.636	411.77
☉ Octubre	211.394	274.36
☉ Noviembre	63.687	74.63
☉ Diciembre	26.708	52.67
Total	1,656.7	2,229.5

Para calcular la lluvia esperada se consideran los valores medios mensuales de estas estaciones durante 10 años de registro, se ordenan de mayor a menor y se establece la probabilidad de ocurrencia de acuerdo a la fórmula:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100$$

Donde:

- P** – Probabilidad de ocurrencia (%)
- m** – número de orden
- n** – número total de observaciones

El nivel de certeza seleccionado es del 50%, debido a que es la probabilidad normalmente utilizada (Anaya et al, 1994), y a que este nivel de probabilidad permite conocer el valor de la lluvia que se puede esperar cada dos años, en promedio, sin mucho riesgo de sesgar la observación hacia una mayoría de años de excedencias o de años deficitarios.

Cuadro 3-2. Cálculo de la probabilidad de lluvia al 50%

Mes	Aw	Af
☉ Enero	15.4	28.1
☉ Febrero	21.6	21.8
☉ Marzo	44.4	34.4
☉ Abril	34.95	49.8
☉ Mayo	105.9	134.9
☉ Junio	300.0	261.1
☉ Julio	283.5	236.2
☉ Agosto	296.5	349.7
☉ Septiembre	318.5	335.3
☉ Octubre	152.9	397.5
☉ Noviembre	56.67	100.9
☉ Diciembre	21.78	44.9

El análisis probabilístico de la lluvia confirma que en los meses de diciembre a abril la probabilidad de que se presenten lluvias aprovechables por los cultivos es baja y que el mes de mayo es de transición

entre el periodo seco y el lluvioso con gran irregularidad pluvial.

Como siguiente paso, se determinan las necesidades mínimas de agua que requieren los cultivos de importancia económica y social, dentro del sitio de estudio y definir si la cantidad de agua que llueve es suficiente para el cultivo, mediante la comparación del consumo de agua por cada uno de ellos (**uso consuntivo**), durante cada mes de su desarrollo y el aporte de agua por la precipitación pluvial en ese mismo periodo.

El uso consuntivo o la cantidad de agua que requieren las plantas para transpirar y formar tejido celular, más el agua que se evapora del suelo donde crece, se determina mediante el método de Blaney y Criddle. La fórmula que utiliza este método es la siguiente:

$$UC = K F$$

Donde:

UC – uso consuntivo

K – coeficiente que depende del cultivo

$$F = \sum_i^n (f)$$

(f) – Valor mensual que esta en función de la temperatura y el porcentaje de horas-luz del mes con respecto al total anual, que se determina mediante la siguiente fórmula:

$$f = Kt \times p$$

Donde:

Kt – Coeficiente que depende de la temperatura media mensual expresada en °C y se toma d 1A del apéndice del Manual de Conservación del Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo.

P – Porcentaje de horas luz del mes, que se obtiene d 2A del apéndice del Manual de Conservación del Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo.

Una vez determinado el valor **F**, se obtiene el valor **K**, dividido en las diferentes etapas de desarrollo para cada cultivo (coeficiente de desarrollo) y se identifica como **Kc**.

Cuadro 3-3. Valor de Kc para diferentes cultivos

Mes	Maiz	Caña	Cítricos	Mango	Pasto	Café	Frijol
Enero	0.60	0.30	0.65	0.60	0.48	0.65	0.73
Febrero	0.90	0.35	0.67	0.75	0.60	0.67	1.05
Marzo	1.08	0.50	0.69	0.85	0.75	0.69	1.10
Abril	1.00	0.60	0.70	1.00	0.85	0.70	0.87
Mayo	0.85	0.77	0.71	1.10	0.87	0.71	0.62
Junio		0.90	0.72	1.12	0.90	0.72	
Julio		0.98	0.72	1.12	0.90	0.72	
Agosto		1.02	0.71	1.05	0.87	0.71	
Septiembre		1.02	0.70	1.00	0.85	0.70	
Octubre		0.98	0.68	0.85	0.80	0.68	
Noviembre		0.90	0.67	0.75	0.75	0.67	
Diciembre		0.78	0.65	0.60	0.60	0.65	

NOTA: Los valores de **Kc**, para cada cultivo, se fraccionaron entre el número de meses que tarda el cultivo en alcanzar el 100% de su desarrollo. (**Fuente:** Colegio de Postgraduados).

Cálculo de los coeficientes P y Kt

El valor de P se obtiene de cuadros a partir de los promedios de temperatura para cada uno de los meses en los que se encuentra establecido el cultivo y el porcentaje de horas-luz en el día, para cada mes del periodo considerado, en relación al número total en un año y para la latitud del sitio de estudio (en este caso 18° de latitud Norte). Acto seguido, se calcula a partir de cuadros, el coeficiente Kt, que depende de la temperatura media mensual.

Cuadro 3-4. Valores de (P) y (Kt) para el cálculo de usos consuntivos

M e s	P (18° lat. N)	Aw		Af	
		temperatura	Kt	temperatura	Kt
Enero	7.83	20.51	1.542	18.60	1.367
Febrero	7.30	21.54	1.639	19.27	1.421
Marzo	8.42	24.06	1.892	20.34	1.523
Abril	8.50	26.18	2.119	25.13	2.010
Mayo	9.09	27.76	2.300	27.12	2.232
Junio	8.92	27.34	2.255	24.89	1.977
Julio	8.16	26.06	2.108	23.65	1.851
Agosto	8.90	26.09	2.108	23.38	1.819
Septiembre	8.27	26.16	2.119	23.17	1.799
Octubre	8.21	24.93	1.988	22.01	1.688
Noviembre	7.66	23.03	1.798	20.34	1.523
Diciembre	7.74	20.84	1.571	17.87	1.296

El valor de (f), que es el valor de la temperatura y el porcentaje de horas-luz, se obtiene al multiplicar los valores de P y Kt para cada tipo climático. El UC, mensual se obtiene al multiplicar los valores de Kc por los de (f) y se obtienen las necesidades de agua para cada cultivo mes por mes. La suma de todos estos dará el UC durante todo el ciclo de cultivo.

Evaluación del déficit y excedentes de agua para el sitio de estudio del ingenio El Potrero, Ver.

Al contar con los resultados del análisis de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia al 50% y del consumo de agua para cada cultivo, el siguiente paso es el de determinar si el agua precipitada es suficiente o en que cantidad es deficitario el cultivo y los meses durante los que ocurre este evento. Con este fin se hace una comparación entre los valores del uso consuntivo mensual y de la lluvia media, mes a mes. El resultado será el valor de excedencia o de déficit durante el ciclo de desarrollo del cultivo, como se puede apreciar en los diferentes cultivos considerados.

Cuadro 3-5. Uso consuntivo. Cultivo: *Caña de azúcar*

Mes	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hídrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	32.11	36.22	-4.01	-20.82
Febrero	21.80	21.60	36.31	41.88	-14.51	-20.28
Marzo	34.40	44.40	64.12	79.65	-29.72	-35.25
Abril	49.80	34.95	102.51	108.07	-52.71	-73.12
Mayo	134.90	105.90	156.22	160.98	-21.32	-55.08
Junio	261.10	300.00	158.71	181.03	102.39	118.97
Julio	236.20	283.50	148.02	168.57	88.18	114.93
Agosto	349.70	296.51	165.13	191.36	184.57	105.15
Septiembre	335.30	318.50	151.75	178.75	183.55	139.75
Octubre	397.50	152.90	135.81	159.95	261.69	-7.05

Noviembre	100.90	56.67	105.00	123.95	-4.10	-67.28
Diciembre	44.90	21.78	78.24	94.84	-33.34	-73.06
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,333.94	1,525.27	660.66	126.84

Cuadro 3-6. Uso consuntivo. Cultivo: *Mango*

Mes	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	64.22	72.44	-36.12	-57.04
Febrero	21.80	21.60	77.80	89.74	-56.00	-68.14
Marzo	34.40	44.40	109.00	135.41	-74.60	-91.01
Abril	49.80	34.95	170.85	180.12	-121.05	-145.17
Mayo	134.90	105.90	223.18	229.98	-88.28	-124.08
Junio	261.10	300.00	197.51	225.28	63.59	74.72
Julio	236.20	283.50	169.17	192.65	67.03	90.85
Agosto	349.70	296.51	169.99	196.99	179.71	99.52
Septiembre	335.30	318.50	148.78	175.24	186.52	143.26
Octubre	397.50	152.90	117.80	138.73	279.70	14.17
Noviembre	100.90	56.67	87.50	103.30	13.40	-46.63
Diciembre	44.90	21.78	60.19	72.96	-15.29	-51.18
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,595.97	1,812.84	398.63	-160.73

Cuadro 3-7. Uso consuntivo. Cultivo: *Pasto*

Mes	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	51.38	57.95	-23.28	-42.55
Febrero	21.80	21.60	62.24	71.79	-40.44	-50.19
Marzo	34.40	44.40	96.18	119.48	-61.78	-75.08
Abril	49.80	34.95	145.22	153.10	-95.42	-118.15
Mayo	134.90	105.90	176.51	181.89	-41.61	-75.99
Junio	261.10	300.00	158.71	181.03	102.39	118.97
Julio	236.20	283.50	135.94	154.81	100.26	128.69
Agosto	349.70	296.51	140.85	163.22	208.85	133.29
Septiembre	335.30	318.50	126.46	148.96	208.84	169.54
Octubre	397.50	152.90	110.87	130.57	286.63	22.33
Noviembre	100.90	56.67	87.50	103.30	13.40	-46.63
Diciembre	44.90	21.78	60.19	72.96	-15.29	-51.18
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,352.04	1,539.06	642.56	113.05

Cuadro 3-8. Uso consuntivo. Cultivo: *Café*

Mes	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	69.57	78.48	-41.47	-63.08
Febrero	21.80	21.60	69.50	80.16	-47.70	-58.56
Marzo	34.40	44.40	88.48	109.92	-54.08	-65.52
Abril	49.80	34.95	119.60	126.08	-69.80	-91.13
Mayo	134.90	105.90	144.05	148.44	-9.15	-42.54
Junio	261.10	300.00	126.97	144.83	134.13	155.17
Julio	236.20	283.50	108.75	123.85	127.45	159.65
Agosto	349.70	296.51	114.94	133.20	234.76	163.31
Septiembre	335.30	318.50	104.14	122.67	231.16	195.83
Octubre	397.50	152.90	94.24	110.99	303.26	41.91
Noviembre	100.90	56.67	78.16	92.28	22.74	-35.61
Diciembre	44.90	21.78	65.20	79.04	-20.30	-57.26
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,183.61	1,349.93	810.99	302.18

Para determinar de una manera más exacta la excedencia o déficit de agua para los diferentes cultivos en el sitio de estudio, podría evaluarse a la humedad disponible mediante la valoración de la precipitación efectiva (agua almacenada en la zona de raíces) y utilizar esos datos en lugar de la probabilidad de precipitación ya que no toda el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo puede realmente ser utilizada por las plantas.

Parte del agua de lluvia se infiltra a través de la superficie y parte fluye sobre el suelo en forma de escorrentía superficial. Cuando la lluvia cesa, parte del agua que se encuentra en la superficie del suelo se evapora directamente a la atmósfera, mientras que el resto se infiltra lentamente en el interior del suelo. Del total del agua que se infiltra, parte percola por debajo de la zona de raíces, mientras que el resto permanece almacenada en dicha zona y podría ser utilizada por las plantas.

El agua de lluvia evaporada, la de percolación profunda y la de escorrentía superficial no pueden ser utilizadas por el cultivo, o sea no son efectivas.

En otras palabras, el término "precipitación efectiva" es utilizado para definir esa fracción de la lluvia que esta realmente disponible para satisfacer al menos parte de las necesidades de agua de las plantas. Este parámetro puede determinarse por experimentos o se estima por medio de ecuaciones empíricas (FAO, 1993); aunque para esto habría que tomar en cuenta otros factores como son tipos de suelo y profundidad del mismo, capacidad de campo, relieve, coeficientes de escorrentía y en general hacer un balance hídrico dentro de cada cuenca en el área de estudio.

La ecuación del balance hídrico comprende la precipitación realmente recibida en la superficie del suelo (**P**), y las aguas superficiales y subsuperficiales recibidas dentro de la cuenca (**Q**). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación y transpiración (**ET**) y la salida de las aguas superficiales, o sea la escorrentía (**ES**), y las aguas subterráneas (**ST**).

$$P + Q = ET + ES + ST$$

De cualquier modo, se considera que el método seguido para hacer esta evaluación del déficit y excedencias de agua mediante la comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual para la zona de influencia del ingenio El Potrero, es un método gráfico sencillo que permite visualizar de una manera objetiva y rápida la necesidad de agua para los cultivos establecidos e interpretar más claramente los frenos físicos en el sitio de estudio.

La evaluación realizada indica que en un periodo de siete meses consecutivos, la lluvia no es suficiente para abastecer las necesidades de agua de los cultivos y que es necesario realizar de manera generalizada:

- a) obras de captación y conservación de agua de lluvia
- b) mejorar las prácticas de labranza para que a su vez mejoren las condiciones físicas del suelo y así aumentar su capacidad de almacenamiento (subsoleo, surcado en contorno, zanjas de infiltración, tinas ciegas)
- c) incorporación de materia orgánica y evitar la quema y la requema de residuos al término de la cosecha como ya lo hacen algunos productores.

Para concluir, es necesario realizar obras de captación y conservación del agua que se presenta en exceso durante 5 meses del año para asegurar las cosechas y aumentar los rendimientos de los cultivos actuales (principalmente del cultivo de limón que alcanza su mayor valor durante la temporada invernal), y además, para que los productores del sitio puedan hacer con éxito cultivos de secano que les permitan obtener mayores ingresos y estar ocupados durante todo el año.

3.5.2 Obtención de potencialidad del suelo

Otra de las variables agroecológicas que se emplean en esta metodología son las características de los suelos para determinar su potencialidad para la producción de cultivos y características hídricas, lo cual se puede obtener a través de diversos medios:

Disponibilidad de estudios agrológicos o de suelos:

- a) Estudios agrológicos de suelos detallados o semidetallados de la región donde se ubique la zona de estudio
- b) Estudios de Uso potencial del suelo
- c) Estudios o diagnósticos del recurso suelo como Inventarios,
- d) Cartografía de perfiles de suelo de INEGI.

Cuando se cuenta con los estudios mencionados es necesario analizarlos ya que en ellos se describen las principales características de las unidades de suelo, sus series y fases, las cuales determinan los factores de demérito, los cuales son evaluados para clasificar los suelos en las clases potenciales para la producción de cultivos. Lo anterior permitirá sistematizar la información para su manejo en el SIG y correlacionarla con los requerimientos agroecológicos relacionados a suelos de los cultivos actuales y potenciales propuestos para la diversificación productiva.

En el caso de no contar con estudios donde se definen las clases potenciales de los suelos para la producción de cultivos, y solo obtener estudios descriptivos de suelos, se puede emplear el siguiente cuadro que contiene los elementos de evaluación para poder clasificar los suelos de acuerdo a su potencial (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 3-9. Clasificación de suelos de acuerdo a su potencial

Subclases de suelos	Factores	Clases de suelos							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Erosion E	Riesgo de erosión y/o erosión actual	Ligera	Moderada	Moderada	Fuerte	Ligera	Fuerte	Fuerte	Áreas no capaces de producir plantas comerciales, ejemplos: Afloramientos de roca, playas
Drenaje D	Clase de drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno o moderadamente pobre	Bueno o moderadamente pobre	Excesivo, bueno, moderadamente pobre o pobre	Excesivo, bueno, moderadamente pobre p pobre	
Topografía T	Pendiente (%)	0 – 2	0 - 4	0 – 7	0 – 20	0 – 2	0 – 40	Sin límite	
Suelo S	Textura (0 a 100 cm de profundidad)	Todas las clases texturales	Todas las clases texturales, excepto arena, arena francosa y arcilla	Todas las clases texturales excepto arena, arena francosa y arcilla muy pesada	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas	Todas	Todas	
	Profundidad (cm)	>100	>100	>50	>50	>100	>25	Sin limite	
	Salinidad	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja o media	Baja o media	Baja o alta	
	Piedras superficiales o rocosidad (%)	0	<0.1	<2	<10	<25	<25	<90	
	Retención de humedad	Alta	Alta	Alta o media	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	
Humedad (hasta 1m de profundidad)	Humedad más de 9 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Saturado de 2 a 5 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo menos de 3 meses del año. Saturado más de 5 meses del año	Saturado, húmedo a seco.		

Posteriormente se emplea con la relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 3-10. Relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra

Clases por capacidad de uso		Aumento en intensidad de uso →								
		Vida silvestre	Forestal	Severa limitacion para pastos	Moderada limitacion para pastos	Sin limitacion para pastos	Severa limitacion para cultivos	Moderada limitacion para cultivos	Ligera limitacion para cultivos	Sin limitacion para cultivos
Aumento de limitaciones y riesgos* ↓	I									
	II									
	III									
	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VII									

* Disminución de adaptabilidad y libertad de escoger usos.

Levantamiento de suelos

En el caso de no contar con información de suelos a la escala adecuada, dependiendo de la zona de estudio, se debe realizar un levantamiento de suelos el cual se apoya como referencia en los estudios mencionados anteriormente. Esta actividad se desarrolla mediante trabajo de campo definiendo transectos y empleando perfiles naturales, artificiales o mediante barrenaciones, para esta actividad se puede emplear el formato de características de suelos diseñado en el IMTA (Guía Técnica para producción y conservación en el Trópico) donde se obtienen las principales características de los suelos.

Cuadro 3-11. Formato para levantamiento de características de suelos

Nombre del productor	Unidad de producción
Nombre del técnico	Municipio
Ingenio	División
Zona	Suelo

Pendiente % *	Textura (incluir pedregosidad)			Estructura			Consistencia			Color			Reacción (pH)			Salinidad		
				Granular	Laminar	Blocosa Subangular	Blocosa Angular	Prisma	Suelto							Friable	Firme	Baja
Capa Arable																		
Subsuelo																		
Profundidad del suelo	Fertilidad natural			Almacenamiento de humedad			Permeabilidad			Escorrimento superficial			Profundidad del nivel freático			Esquema del perfil		
	Baja	Media	Alta	Baja	Moderada	Alta	Len-ta	Moderada	Rápida	Lento	Medio	Rápido						
Inundación	Clase de drenaje						Riesgo de erosión			Erosión actual			Forma de erosión					
	Excesivo		Bueno		Moderadamente pobre		Pobre		Hídrica		Eólica	Hídrica				Eólica		
	Baja	Media	Alta	Ligera	Moderada	Severa												
Uso actual	Cobertura			Clasificación por capacidad de uso						Geoforma								
	% o Kg. /ha			Tipo														
Limitaciones																		
Alternativas de manejo																		

* Se puede emplear el mapa de pendientes obtenido a través de los Modelos de Elevación digital o de la carta topográfica.

Mediante el empleo del formato anterior es posible conocer los suelos de acuerdo con sus características en subclases de suelos y considerando los siguientes factores:

Suelo S

- Textura (0 a 100 cm de profundidad)
- Profundidad del suelo (cm.)
- Piedras superficiales o rocosidad (%)
- pH

Otros elementos considerados en la potencialidad del suelo es conocer las características que se relacionan con la disponibilidad de humedad en suelo como son la permeabilidad. El drenaje superficial e interno, y la retención de la humedad del suelo por la textura y estructura de los mismos. Aquí se emplea el cuadro que contiene los elementos para evaluar los suelos y clasificarlos de acuerdo a su potencial para la producción de cultivos, tomada de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”. Asimismo la relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra se presenta en el siguiente cuadro (tomada de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

La obtención de estas variables agroecológicas y su clasificación nos da un escenario sobre las clases potenciales del suelo de acuerdo a sus características lo que permitirá realizar una correlación con los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y potenciales y ubicar las superficies que correspondan a cada uno de ellos en la zona de estudio.

3.5.3 Requerimientos agroecológicos de los cultivos (6)

En este paso se realiza la búsqueda de los requerimientos agroecológicos de los cultivos encontrados en la zona de estudio y de la cartera de cultivos potenciales que en condiciones de temporal se adapten bien y que sean recomendados por instancias de investigación y existan antecedentes en la zona. Se desarrolló una ficha técnica para capturar los requerimientos agroecológicos de los cultivos (agrícolas, pecuarios y forestales) más prometedores para la zona. El formato a aplicar es el siguiente:

Cuadro 3-12. Formato de captura de requerimientos agroecológicos de los cultivos

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	
Temperaturas (°C)	
Suelos	
Drenaje	
Textura	
Profundidad efectiva	
Pedregosidad	
Humedad disponible	
Rangos de pH	
Relieve	

3.6 Análisis de rentabilidad de los sistemas productivos (7)

Este paso permite realizar el análisis de la rentabilidad del cultivo de caña de azúcar y hacer una comparación con la rentabilidad de los cultivos potenciales propuestos para poder conocer cuales cultivos se pueden utilizar como referencia al momento de proponer la diversificación productiva en base a indicadores económicos como la Relación Beneficio Costo (R.B.C.) que permitan conocer si existen ganancias o pérdidas en cada cultivo propuesto.

Información fuente para el análisis económico:

Para cada uno de los sistemas de producción actuales y con potencial de desarrollo se determinan dos valores:

- a) El costo de producción de manera sintetizada es un resumen de la información desde la iniciación del proceso productivo de cada uno de los cultivos actuales y con potencial de producción para el área de estudio, suministrando datos resumidos o detallados conforme se requieran y se definan previo a su obtención en campo, su unidad de expresión es en pesos por hectárea (\$/ha).

Los costos que se obtienen pueden ser costos directos y costos indirectos y ambos integran el costo total de producción de cada uno de los cultivos o sistemas productivos que se pretendan analizar.

Los costos directos o internos comprenden los costos de material o insumos, equipo y mano de obra directos necesarios para la ejecución de la actividad productiva de que se trate, debe considerarse toda la actividad que pueda medirse, aunque sea aproximadamente en una expresión monetaria.

El costo se calcula a partir de la preparación del terreno y se consideran las labores subsecuentes hasta la cosecha.

Los costos indirectos o externos del sistema productivo corresponden a los costos que no pueden asignarse a una actividad, o aun, a un conjunto de ellas, pueden incluirse las tasas de interés, los seguros, los impuestos, los imprevisibles o distribuibles, las multas, sanciones o castigos que puedan imponerse por calidad o requisitos no cumplidos. Y demás porciones comúnmente identificadas como indirectas, que no tienen un efecto directo en el rendimiento productivo.

- b) Otra información indispensable a obtener es el rendimiento y su precio de compraventa para determinar el ingreso de la producción, su unidad de expresión es en toneladas por hectárea (ton/ha):

$$I = R * P$$

Donde:

I = Ingreso o valor de la producción

R= Rendimiento en toneladas por hectárea

P= Precio de compra – venta normalmente (se puede usar el precio medio rural, el precio vigente al momento de la transacción o bien el establecido en la industria o empresa a la que el productor vende).

Modelo de Comparación

México, 2007

Una vez que las alternativas de cultivo o sistema productivo han sido descritas en términos de sus costos y beneficios, las mismas pueden ser comparadas entre si mismas para determinar un valor ponderado o bien el cultivo principal (en este caso es el de la caña de azúcar) comparado con otros con potencial de acuerdo a sus características agroecológicas, que sustenta a cualquier alternativa de reconversión productiva agropecuaria y forestal en México.

El modelo de comparación puede ser expresado como un modelo “desafiante campeón”¹ en el que cada alternativa es comparada con su “desafiante” de donde resulta un nuevo “campeón”, si el nuevo campeón es el cultivo de la caña (desafiante campeón) se compara con otro cultivo alternativo hasta que se encuentra al nuevo campeón, un cultivo que se desarrolla mejor bajo las condiciones agroecológicas en la que actualmente está la caña de azúcar. El nuevo campeón que puede desarrollarse adecuadamente en las condiciones actuales de la zona o área específica y puede ser o no ser mejor desde el punto de vista de ingreso o utilidad económica productiva, pero nunca negativo, es definido así como el cultivo alternativo para una posible diversificación productiva.

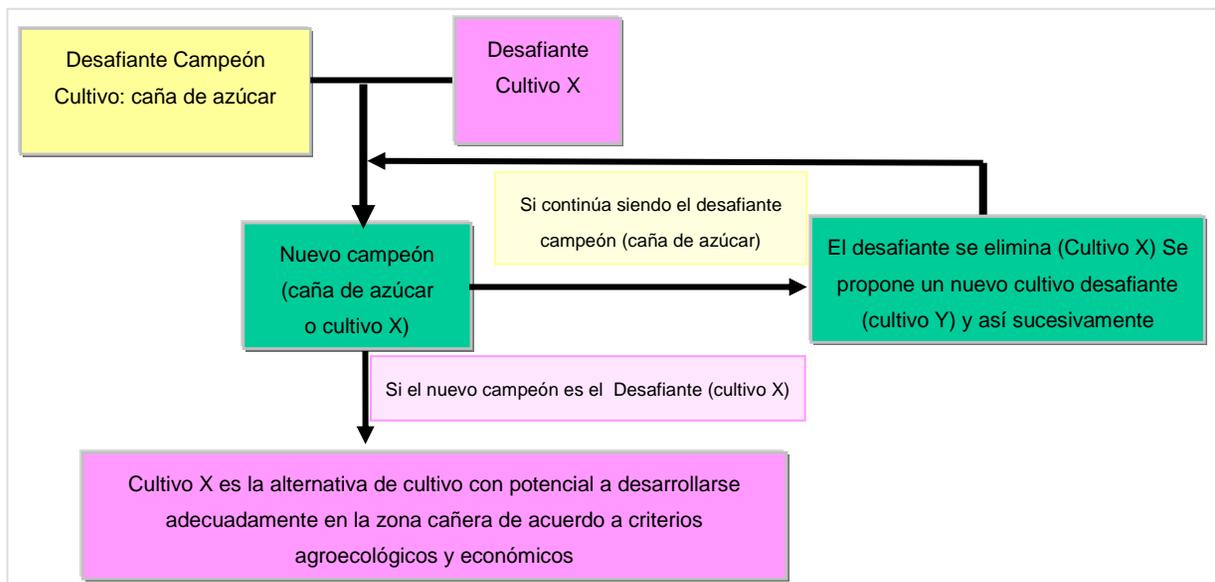


Figura 3-4. Proceso del modelo de comparación

Fuente: Elaboración propia

Los cultivos potenciales para las zonas potenciales no son excluyentes, es decir una misma zona puede tener potencial para varias especies. Es importante considerar en esta selección que para que una especie exprese su máximo potencial, además de establecerla en la zona adecuada, se debe aplicar la adecuada tecnología de producción.

Para poner en práctica el modelo de comparación se requiere disponer de las fichas técnicas que contienen la conjunción de requerimientos agroecológicos de las especies en cuestión a partir de confrontar información obtenida de revisión bibliográfica y del conocimiento de las condiciones por investigadores de la zona de estudio.

¹ SOLOMON, Morris J. Análise de proyectos para o crescimento econômico. Rio de Janeiro, APEC, 1972. Pág. 144.

Las fichas tecnológicas deben contener como datos mínimos los siguientes: cultivo, ciclo, régimen de humedad, zona ecológica, clase o tipo de suelo, profundidad, pH, pedregosidad, resistencia a sales si es el caso, limitantes a su desarrollo, y complementarse con los paquetes tecnológicos que incluyen: variedad, densidad de siembra, época de siembra, fertilización, programa de riegos si es el caso, control de plagas, control de malezas, control de enfermedades, rendimiento actual y potencial, costo de producción.

Aplicación del indicador económico en el análisis de selección de cultivos

Para determinar la rentabilidad económica se aplica el indicador denominado Razón Beneficio Costo (RBC) que consiste básicamente en tomar los valores del flujo de beneficios y dividirlo por los valores de los costos en valor presente, con lo que hallaremos un cociente llamado de beneficio – costo, que mide la importancia relativa de diferentes alternativas o diferentes proyectos. Su expresión matemática es por lo tanto:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

Y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Relación Beneficio Costo} = \frac{\text{Suma de valores actualizados de beneficios}}{\text{Suma de valores actualizados de costos}}$$

La determinación del indicador económico ponderado de varios sistemas de producción de un mismo cultivo se obtiene de la investigación directa de campo. Primeramente se clasifica el rango de productividad en la caña de azúcar de acuerdo al nivel socioeconómico y productivo. Para el Ingenio Azucarero de El Potrero se identifican tres rangos de productividad:

- Rango **A**: Rendimientos de 0 a 35 ton/ha
- Rango **B**: Rendimientos de 35.1 a 70 ton/ha
- Rango **C**: Rendimientos >de 70.1 ton/ha

Para cada uno de los rangos se realiza una entrevista con el productor y se determina el costo directo y el indirecto que en la mayoría de los casos oscila este último entre el 40% y el 50% del ingreso por venta de la producción, aplicando para el cálculo un valor medio del 45%.

Ejemplo: Mediante entrevista directa a 16 productores del nivel productivo alto (>70 ton/ha) se obtuvo información económica y productiva que una vez procesada permite determinar el indicador económico siguiente:

Cuadro 3-13. Obtención del indicador económico Relación Beneficio Costo a 16 productores

Lugar	Rendimiento (ton/ha)	Costo directo	Costo indirecto	Costo total	Beneficio	RBC para el productor	RBC del sistema de Producción
Molino Potrero	77.5	13,654	14,090	27,743	31,310	1.13	2.29
Paraje Nuevo	70	14,192	12,726	26,918	28,280	1.05	1.99
Ampliación manantial	78.25	11,745	14,226	25,971	31,613	1.22	2.69
Palmillas	80	12,856	14,544	27,400	32,320	1.18	2.51
La Concepción	90	13,829	16,362	30,191	36,360	1.20	2.63
Fraternidad	90	14,834	16,362	31,196	36,360	1.17	2.45
Cacahuatal	90	13,139	16,362	29,501	36,360	1.23	2.77
Corral de Piedra	90	14,450	16,362	30,812	36,360	1.18	2.52
Manuel León	73.3	12,151	13,326	25,477	29,613	1.16	2.44
Vista Hermosa	71.4	10,940	12,981	23,920	28,846	1.21	2.64
Francisco Paz	85	14,702	15,453	30,155	34,340	1.14	2.34
Santa Ana	115	15,793	20,907	36,700	46,460	1.27	2.94
La Pesca	85.7	12,640	15,580	28,220	34,623	1.23	2.74
La Pesca	85	13,195	15,453	28,648	34,340	1.20	2.60
Ojo Chico	90	11,914	16,362	28,276	36,360	1.29	3.05
Potrero y anexas	80.2	18,039	14,580	32,619	32,401	0.99	1.80
						1.18	2.52

Se determina a partir de este procedimiento el indicador aplicable al modelo económico comparativo que de manera real es una RBC de 1.18 para productores cañeros de nivel alto y una RBC de 2.52 del sistema productivo (sin considerar costos indirectos).

Siguiendo este mismo procedimiento se tiene las diferentes RBC de los tres niveles productivos, los cuales presentan variaciones por tres elementos fundamentales: nivel socioeconómico, interés por el recurso tierra y un efecto directo en el interés por el cultivo, y variación en el nivel de fertilización, dosis no sustentada técnicamente a las necesidades del cultivo y a los niveles nutrimentales aportadores de la tierra.

Cuadro 3-14. Determinación de la R.B.C. para los tres niveles de rendimiento de la caña de azúcar

Rango de productividad (ton/ha)	RBC del sistema productivo	RBC del productor
↻ De 0 a 35	1.35	0.83
↻ De 35.1 a 70	2.3	1.13
↻ Mayor de 70	2.52	1.18

Interpretación del indicador económico RBC

En el caso del proyecto que se excluyen mutuamente (alternativas de un mismo proyecto) se seleccionará aquel coeficiente positivo superior a los demás pero a su vez deberá ser sustentado técnicamente con las características definidas en la ficha tecnológica, se ordenaran empezando por el de mayor coeficiente (siempre superior a la unidad) y descendiendo hasta el límite menor o igual a la unidad o hasta el límite de la tasa financiera más uno, es decir si se cobra una tasa del 8% en un financiamiento, entonces la RBC debe tener como valor límite el de 1.08.

El beneficio costo es otra manera de expresar el valor relativo de los proyectos o las alternativas a partir de la consideración sus valores de beneficios y costos actualizados.

De manera sencilla se presenta una forma de interpretación de los cultivos actuales y potenciales de la zona de influencia del ingenio El Potrero:

Cuadro 3-15. Interpretación de la R.B.C. para cultivos actuales y potenciales

Cultivo	RBC	Interpretación
Café	0.71	No recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, cultivo que no recupera la inversión y presenta un déficit en su recuperación del 29%. En otra expresión Por cada peso que se invierte se pierden 29 centavos.
Cítricos	2.3	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, bajo el régimen de humedad del riego, presenta una recuperación de la inversión y por cada peso que se invierte se recuperan \$1.30.
Mango	0.73	No recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, cultivo que no recupera la inversión y presenta un déficit en su recuperación del 27%. En otra expresión Por cada peso que se invierte se pierden 27 centavos.
Maíz LC	1.19	Recomendable como sustituto de la caña de azúcar, presenta recuperación de inversión y utilidad de 19 centavos por cada peso invertido.
Frijol	1.98	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, presenta recuperación de la inversión y una ganancia de 98 centavos por cada peso invertido
Chayote	2.53	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, recupera la inversión y se obtiene una ganancia de \$1.53 por cada peso invertido.

De manera complementaria se maneja el dato de utilidad o pérdida del sistema de producción como un elemento de decisión en la recomendación que se deba hacer:

Cuadro 3-16. Interpretación de la utilidad o pérdida del sistema de producción

Cultivo	Utilidad del sistema productivo (\$/ha)	Interpretación
↻ Caña alto	20,492	Cultivo de referencia
↻ Caña medio	13,707.74	Cultivo de referencia
↻ Caña bajo	5,200	Cultivo de referencia
↻ Café	-4,000	No puede ser sustituto o para reconversión
↻ Cítricos	18,065	Cultivo sustituto potencial con riego para caña de nivel medio y bajo.
↻ Mango	-1,471	No es cultivo sustituto
↻ Maíz LC	658	No presenta potencial como cultivo sustituto
↻ Frijol	4750	Puede ser sustituto de caña con baja productividad sin ser potencialmente sustituto
↻ Chayote	60,463	Potencial sustituto en caña alto y medio por sus requerimientos agroecológicos

Una vez consideradas las perspectivas económicas que se presentan para cada cultivo y su potencial económico de ser un cultivo sustituto se usan estos elementos para diseñar el cuadro de alternativas agroecológicas y económicas de reconversión de cultivos.

3.7 Procesamiento en SIG para la definición de cultivos potenciales para la diversificación productiva (8)

Para poder realizar la definición de cultivos potenciales y actuales a emplearse en la diversificación productiva se analiza la información obtenida de los insumos mencionados y que son requeridos para realizar el proceso en el Sistema de Información Geográfica (SIG) y así obtener los cultivos potenciales a emplearse en la diversificación productiva. En el SIG se sistematiza la información del

uso del suelo identificando primero las áreas sembradas con caña de azúcar que presentan productividad de baja a muy baja y que son las áreas donde se enfatizó el análisis hacia la búsqueda de cultivos alternativos. Otros insumos empleados para la sistematización son la capa de características de los suelos para conocer la potencialidad de los mismos considerando los factores de demérito, la información climática como tipo de climas, temperatura y precipitación, la disponibilidad de agua y uso consuntivo de los cultivos, los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y los considerados con mayor potencial, Estos mapas se interceptan y se correlacionan con las fichas de requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales y actuales, este proceso permite tener conocimiento de las superficies en donde se pueden establecer los cultivos con alto potencial productivo precisamente en aquellas en que el cultivo de la caña tiene limitantes (áreas identificadas como de baja y muy baja productividad).

A continuación se realiza una correlación con los resultados del análisis de rentabilidad realizado, lo que permite la correlación para de los cultivos que presentan el mayor potencial para su establecimiento y producción y que presentan una rentabilidad mayor, con esto se tendrán las condiciones para generar la propuesta de diversificación productiva en zonas cañeras de temporal realizando un uso eficiente del agua de lluvia disponible.

Procesamiento en SIG

Para llevar a cabo el procesamiento en el Sistema de Información Geográfica ArcView que permita el desarrollo del procedimiento (**figura 3-5**) se requieren los siguientes mapas e insumos:

- ⇒ Mapa de Uso del suelo
- ⇒ Mapa de Superficies con caña de azúcar
- ⇒ Mapa de Caña de azúcar por niveles de rendimiento
- ⇒ Mapa de Caña de azúcar nivel de rendimiento bajo
- ⇒ Mapa de Tipo de climas
- ⇒ Mapa de temperaturas en °C
- ⇒ Mapa de precipitaciones en mm
- ⇒ Resultados del análisis de disponibilidad de agua para cultivos potenciales mediante el balance hídrico
- ⇒ Mapa de Unidades de paisaje – o Mapa de unidades de suelos con las siguientes variables en su base de datos:
 - *Textura*
 - *profundidad del suelo*
 - *pedregosidad*
- ⇒ Mapa de pH
- ⇒ Modelos de Elevación digital
- ⇒ Mapa de Pendientes
- ⇒ Fichas de Requerimientos agroecológicos de los cultivos
- ⇒ Resultados del análisis de Rentabilidad económica de los sistemas de producción
- ⇒ Resultados del análisis de los aspectos socioeconómicos

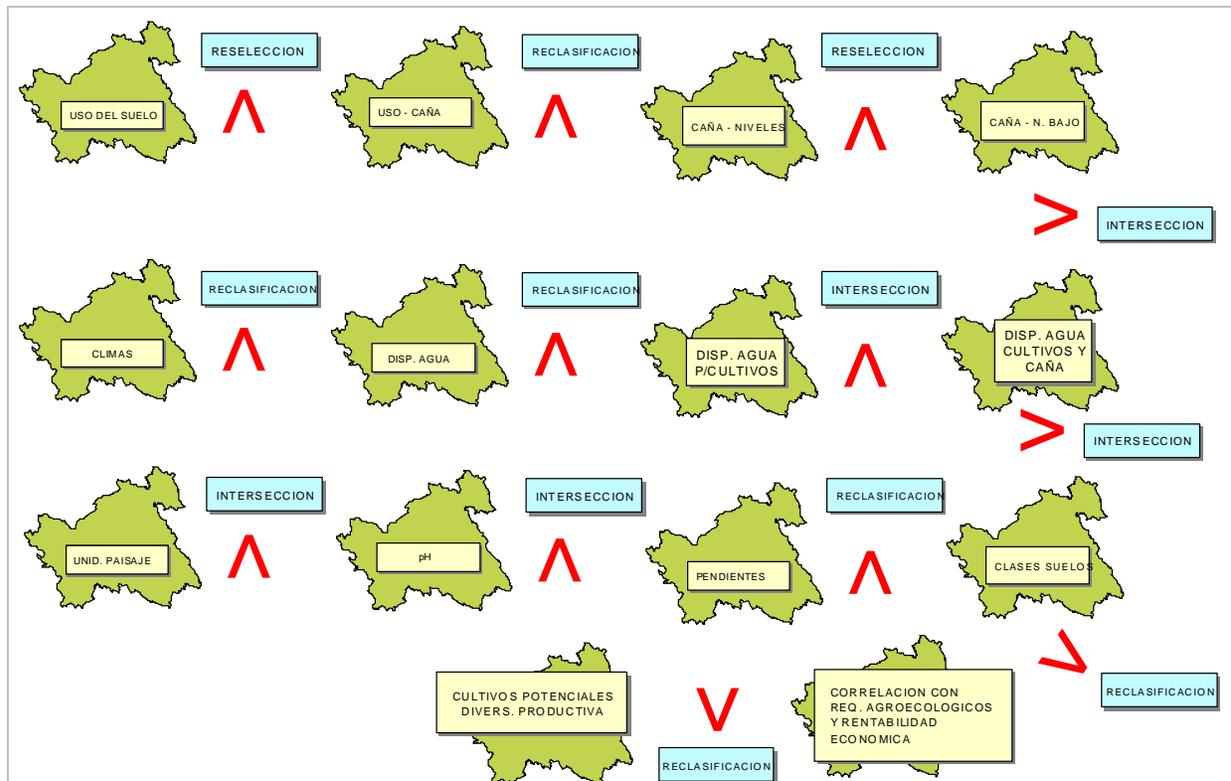


Figura 3-5. Procedimientos en el SIG

Descripción de procesos en el SIG

➤ **Cultivos establecidos actualmente**

De acuerdo con los resultados que se obtengan en el diagnóstico de la zona de estudio se podrán conocer los cultivos establecidos actualmente en la zona de estudio (mapa de uso de la tierra y vegetación).

➤ **Cultivos potenciales obtenidos del diagnóstico para ser valorados en el ejercicio de diversificación productiva.**

Algunos de los cultivos potenciales se mencionan en el diagnóstico, y otros se deben proponer como parte del trabajo directo con instituciones de investigación y del sector que permitan conocer cuáles cultivos se consideran como potenciales para la zona, ya sea por trabajos de investigación desarrollados o por políticas de fomento agropecuario. De esta manera se estará en la posibilidad de contar con una cartera potencial de cultivos recomendables para su análisis y propuesta para la diversificación productiva.

➤ **Obtención del mapa de bajas rendimientos de caña de azúcar**

Se emplea el mapa de uso del suelo, en donde se identifican las diferentes clases de uso del suelo y vegetación así como de la caña de azúcar, de este mapa se realiza una reselección para obtener otro mapa que contenga sólo la superficie de caña, aquí se procede a realizar una reclasificación de las parcelas de caña en los tres niveles de rendimiento:

- Alto > 70 ton/ha/año
- Medio 36-70 ton/ha/año
- Bajo 0 – 35 ton/ha/año

De este mapa se realiza una reselección quedando sólo las parcelas de bajos rendimientos.

⇒ **Obtención del mapa de tipo de climas, temperaturas y precipitación**

El mapa de climas se reclasifica de acuerdo a los tipos de climas, y empleando las isotermas e isoyetas se obtienen los mapas de temperaturas y precipitación.

⇒ **Obtención del mapa de disponibilidad de agua para los cultivos actuales y potenciales**

Se emplea el mapa de climas, al cual de acuerdo al análisis realizado en la determinación de disponibilidad de agua en la zona de estudio y al uso consuntivo de los cultivos derivándose el balance hídrico por dos zonas climáticas Fw y Aw, se le asignan los cultivos de acuerdo a los resultados obtenidos en el balance hídrico que nos indica si existe disponibilidad o deficiencia de agua durante el ciclo vegetativo de los cultivos que repercutirá en su desarrollo y rendimientos. La asignación se puede realizar considerando si la disponibilidad de agua para los cultivos es a) suficiente y b) deficiente.

⇒ **Obtención del Mapa de pendientes**

El proceso para la obtención del mapa de pendientes se ejemplifica tomando el ejercicio realizado en el diagnóstico para obtener este mapa. Se emplea el Modelo de Elevación Digital clave E14B57 escala 1:50,000 de INEGI el cual se procesa en el modulo Spatial Analyst de donde en forma inicial se convierte en GRID, posteriormente se realiza la generación del mapa de pendientes, el cual se da en grados, para convertirlo a % por ciento se realiza una reclasificación, considerando la regla de correspondencia grados-porciento, para la clasificación en rangos de pendiente se emplearon los siguientes rangos: 0 - 2%, 2 - 10% y 10-20%

⇒ **Mapa de características de suelos**

Para obtener este mapa se emplean la capa de unidades de paisaje de donde se obtienen las siguientes características: Textura, color, retención de humedad, pedregosidad, pH, relieve, pendiente, profundidad del suelo, permeabilidad, y drenaje interno.

El empleo de las unidades de paisaje en lugar de unidades de suelo se puede realizar cuando no se dispone de información a mayores escalas de suelos, y en caso de que la escala de la información sea de 1:250,000 y si se quiere emplear escalas mayores para obtener mayor detalle de esta información se pueden generar unidades de paisaje para manejar escalas de 1:50,000 o 1:20,000.

El mapa se complementa al realizar la intersección con el mapa de rangos de rangos de pendiente y pH, con lo cual es posible contar con características que nos permitan realizar una evaluación empleando la matriz para clasificación de suelos de acuerdo a su potencial productivo para lo cual se emplea el siguiente cuadro (Tomada de IMTA "Guía Técnica para producción y conservación en el Trópico").

Cuadro 3-17. Clasificación de los suelos de acuerdo a su potencial

Subclases de suelos	Factores	Clases de suelos							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Erosion E	Riesgo de erosión y/o erosión actual	Ligero	Moderado	Moderado	Fuerte	Ligero	Fuerte	Fuerte	Áreas no capaces de producir plantas comerciales.
Drenaje D	Clase de drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno o moderada mente pobre	Bueno o moderada mente pobre	Excesivo, bueno, mo Deradamen Te pobre o Pobre	Excesivo, bueno, mo Deradamen Te pobre o Pobre	Ejemplos: Afloramientos de roca, playas.
Topografía T	Pendiente (%)	0 – 2	0 – 4	0 – 7	0 – 20	0 – 2	0 -40	Sin límite	
Suelo S	Textura (0 a 100 cm de profundidad)	Todas las clases texturales Excepto arena, arena francosa y arcilla	Todas las clases texturales excepto arena, arena francosa y arcilla muy pesada	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas	Todas	Todas	
	Profundidad (cm)	> 100	> 100	> 50	> 50	> 100	> 25	Sin límite	
	Salinidad	Baja	Baja	Baja	Baja o media	Baja o media	Baja o alta	Baja o alta	
	Piedras superficiales o jocosidad (%)	0	< 0.1	< 2	< 10	< 25	< 25	< 90	
	Retención de humedad	Alta	Alta	Alta o media	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	
	Humedad (hasta 1 m de profundidad)	Humedad más de 9 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Saturado de 2 a 5 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo menos de 3 meses del año. Saturado más de 5 meses del año	Saturado, húmedo a seco	

A continuación se emplea con la relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 3-18. Relación entre las clases de capacidad y el uso racional de la tierra

Clases por capacidad de uso		Aumento en intensidad de uso →								
		Vida silvestre	Forestal	Severa limitación para pastos	Moderada limitación para pastos	Sin limitación para pastos	Severa limitación para cultivos	Moderada limitación para cultivos	Ligera limitación para cultivos	Sin limitación para cultivos
Aumento de limitaciones y riesgos* ↓	I									
	II									
	III									
	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VII									

* Disminución de adaptabilidad y libertad de escoger usos.

Obtención del mapa de cultivos potenciales para la diversificación productiva

Para obtener este mapa final se lleva a cabo la intersección de los siguientes mapas obtenidos anteriormente:

- Mapa de clases potenciales de suelo que incluya información de textura, retención de humedad, pH, profundidad del suelo, precipitación en mm, temperatura en °C, pedregosidad, drenaje y relieve.
- Mapa de disponibilidad de agua, isoyetas e isotermas.

El mapa de disponibilidad de agua presenta el análisis de los resultados obtenidos en el balance hídrico el cual nos indica cuales son los cultivos que presentan mejores condiciones en relación a satisfacción de sus necesidades hídricas y la zona de disponibilidad de agua en que se ubican (Af o Aw), lo cual indicará cuales son las necesidades de obras o prácticas de conservación de humedad y captación del agua de lluvia para el manejo y/o establecimiento de los cultivos para la diversificación productiva.

El mapa resultante se correlaciona con las fichas de requerimientos agroecológicos de los cultivos de la zona y potenciales, con lo cual es posible tener conocimiento de las superficies en donde es posible el establecimiento de cultivos con alto potencial productivo en aquellas áreas en que el cultivo de la caña tiene limitantes (áreas identificadas como de baja y muy baja productividad).

Cuadro 3-19. Correlación de variables requerimientos agroecológicos con características de suelos

Variables agroecológicas Cultivos	Textura	Retención de humedad	pH	Profundidad	Precipitación mm	Pedregosidad	Temperatura °C	Drenaje	Relieve
Caña									
Café									
Maíz									
Otros cultivos									

A continuación se realiza una correlación con los resultados del análisis de rentabilidad económica realizado, lo que permite la correlación con los cultivos que presentan rentabilidades mayores y que son utilizados como cultivos de referencia para sustituir a la caña de bajos rendimientos, con esto se estaría en condiciones de poder generar una propuesta de diversificación productiva en estas zonas cañeras realizando un uso eficiente del agua de lluvia disponible.

El paso siguiente es interceptar el mapa con las parcelas de bajos niveles de rendimiento, el cual permitirá realizar la propuesta de diversificación productiva en las unidades de producción hacia los cuales se orientó esta metodología.

A continuación se presenta el formato de escenarios potenciales de sistemas de producción a establecer en áreas de bajo rendimiento de la caña de azúcar.

Cuadro 3-20. Escenarios potenciales de sistemas de producción a establecerse en áreas con bajos rendimientos con caña de azúcar actualmente

Cultivo actual	Características de suelo por variables agroecológicas	Caña en áreas inadecuadas ha	Disponibilidad de agua		Orientación por aptitud	RBC		
			Af	Aw		Caña	Cultivo	Variación

Correlación con aspectos socioeconómicos

Una vez concluido el ejercicio y en el caso se de que se presentarán situaciones donde las condiciones para obtener resultados satisfactorios en relación al análisis realizado se obtienen resultados negativos, estas unidades de producción se deben analizar considerando los aspectos socioeconómicos que darán respuestas supuestas a estas situaciones del porqué se ubican estas unidades de producción en rendimiento considerados bajos.

Se pueden considerar elementos como la magnitud del minifundismo y la carencia de recursos económicos de los productores y sus familias como los factores determinantes para que se produzca un cultivo técnicamente deficiente de la caña y una productividad disminuida que retroalimenta a la vez los niveles de consumo productivo y doméstico.

Sin embargo, entre los productores de alto, mediano y bajo rendimiento hay diversidad de características en torno a:

- la dependencia económica y laboral respecto de la caña
- las características técnico-productivas de la tierra
- el conocimiento de los paquetes tecnológicos
- el proceso de cultivo realizado
- la dependencia respecto al crédito
- la superficie cultivada
- la magnitud del descuento al pago de la caña

La posibilidad de transformar una o varias características posibilita la opción de que una parte de los productores de cada sector pueda incrementar los rendimientos en la producción de caña de azúcar.

- CASO DE ESTUDIO: INGENIO EL POTRERO, VERACRUZ -

4

4 CASO DE ESTUDIO: INGENIO EL POTRERO, VERACRUZ

En este capítulo se presenta la aplicación de la metodología “Diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia” que se presenta en la **figura 4-1**, se presenta el Caso de Estudio aplicado en una zona de estudio delimitada dentro de la zona de abasto del Ingenio “El Potrero”, ubicado en el municipio de Atoyac, Veracruz.

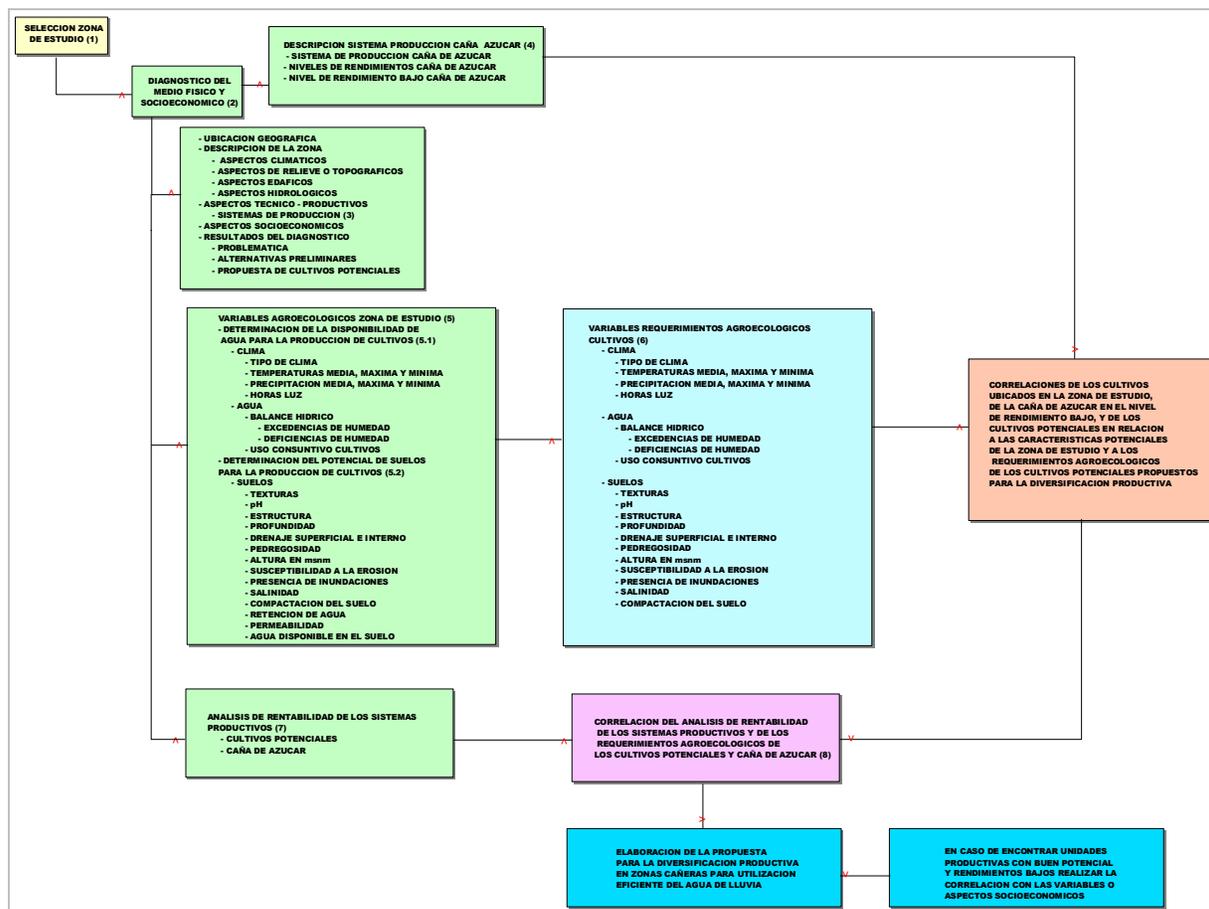


Figura 4-1. Metodología de diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia

MATERIALES Y METODOS

4.1 Definición o selección de la zona de estudio (1)

Las actividades del caso de estudio se iniciaron con trabajo de gabinete mediante la revisión bibliográfica de documentos, artículos y publicaciones relacionadas a los Ingenios azucareros, la consulta en páginas WEB, así como información de los foros de ingenios azucareros realizados en Veracruz por la Universidad Veracruzana y por el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, con lo que se inició el acopio de información en forma general de los 58 Ingenios Azucareros del país, de donde se hizo un análisis de la misma y se consideraron como elementos de selección los siguientes puntos:

- a) Que sea un ingenio que se encuentre dentro de los 27 expropiados por el Gobierno Federal.
- b) Que la mayor superficie del área de abasto se ubique en el régimen de temporal.
- c) Que sea representativo de los ingenios de la región en donde se ubique.
- d) que los rendimientos promedio (oscilando entre 60 a 70 ton/ha) permitan la aplicación de la metodología. Esta primera actividad se apoyó en visitas de campo y en el análisis de la información recopilada.
- e) Que se tenga disponibilidad de estudios agrológicos detallado o semidetallado, o en su caso de suelos.
- f) Conocimiento por parte de los técnicos de campo de los rendimientos del cultivo de la caña, clasificados en los rangos bajos, medios y altos.
- g) Estas características mencionadas permitirán realizar la selección del ingenio, y posteriormente se realizarán las siguientes actividades con las autoridades del mismo.
- h) Concertar una reunión con las autoridades y técnicos del ingenio seleccionada para la presentación del proyecto.
- i) Definición de la zona de estudio, y,
- j) La celebración de un convenio de colaboración para poder disponer de la información referida a los estudios agrológicos detallados o semidetallados, y de las superficies de caña con sus niveles de rendimiento.

En México se encuentran operando 58 ingenios, de los cuales 27 fueron expropiados por el Gobierno Federal. En el **cuadro 4-1** se presenta la relación de ingenios con la superficie total de la zona de influencia, así como sus rendimientos promedio y el estatus de pertenencia o no pertenencia al Gobierno Federal, lo cual permitió hacer una primera selección del universo total quedando sólo los que fueron expropiados por el Gobierno Federal (los datos que aparecen son el resultado de la Zafra 2002/2003).

Cuadro 4-1. Ingenios azucareros de México

No.	Nombre del Ingenio	Sup. Riego	Ton/ha	Sup. Temporal	Ton/ha	Superficie total de la zona de influencia	Rendimientos promedio (R+T)*	Pertenencia al Gobierno Federal
1	Aarón Sánchez G. (Xico)	13,293	77.08	902	56.15	14,195	75.75	NO
2	Adolfo López Mateos	429	61.84	15,737	66.32	16,166	66.2	NO
3	Alianza Popular	5,191	64.9	11,726	59.18	16,917	60.94	SI
4	Atencingo	10,473	110.57	0	0	10,473	110.57	SI
5	Azsuremex-tenosique	0	0	3,862	56.81	3,862	56.81	NO
6	Bellavista	5,484	81.19	377	77.48	5,861	80.95	SI
7	Calipam	2,550	102.37	0	0	2,250	102.37	NO
8	Casasano	3,227	108.54	0	0	3,227	108.54	SI
9	Central Progreso	319	66.44	9,467	55.51	9,786	55.86	SI
10	Constancia	0	0	9,452	56.42	9,452	56.42	NO
11	Cuatotolapam	0	0	7,368	47.95	7,368	47.95	NO
12	El Carmen	0	0	7,338	80.3	7,338	80.3	NO
13	El Higo	9,053	81.3	2,014	29.27	11,067	71.83	NO
14	El Mante	14,901	62.47	0	0	14,901	62.47	NO
15	El Modelo	10,368	101.9	681	79.83	11,049	100.54	SI
16	El Molino	0	0	7,999	70.1	7,999	70.1	NO
17	El Potrero	7,855	87	10,948	67.37	18,803	75.57	SI
18	El Refugio	0	0	5,352	66.03	5,352	66.03	NO
19	El Dorado	5,244	111.69	0	0	5,244	111.69	SI
20	Emiliano Zapata	9,041	103.55	0	0	9,041	103.55	SI
21	Huixtla	427	88.24	9,923	83.39	10,350	83.59	NO
22	Independencia	0	0	3,901	50.3	3,901	50.3	NO
23	José María Martínez (Tala)	13,974	93.58	4,260	77.7	18,234	89.87	SI
24	José María Morelos	1,454	75.95	5,216	73.27	6,670	73.86	SI
25	La Concepción	516	79.19	1,827	70.41	2,343	72.35	NO
26	La Gloria	12,611	93.7	0	0	12,611	93.7	NO
27	La Joya	0	0	6,106	40.96	6,106	40.96	SI
28	La Primavera	3,568	74.72	0	0	3,568	74.72	NO
29	La Providencia	1,530	75.99	7,510	59.43	9,040	62.23	SI
30	Lázaro Cárdenas	3,384	78.03	0	0	3,384	78.03	SI
31	Los Mochis	13,286	79.88	0	0	13,286	79.88	NO
32	Mahuixtlan	1,875	84.79	2,031	85.68	3,906	85.26	NO
33	Melchor Ocampo	8,316	105.47	0	0	8,316	105.47	NO
34	Motzorongo	680	85	18,230	57.25	18,910	58.25	NO
35	Pablo Machado	633	62.2	14,474	50.82	15,107	51.29	NO
36	Pedernales	3,208	91.88	0	0	3,208	91.88	SI
37	Plan de Ayala	0	0	18,833	48.48	18,833	48.48	SI
38	Plan de San Luís	2,642	69.28	10,571	56.08	13,213	58.72	SI
39	Presidente Benito Juárez	0	0	14,294	56.8	14,294	56.8	SI
40	Puga	3,319	72.04	12,622	69.51	15,941	70.04	NO
41	Pujilic	15,488	96.86	0	0	15,488	96.86	NO
42	Quesería	2,765	93.89	7,190	81.18	9,955	84.71	NO
43	San Cristóbal	0	0	38,086	65.11	38,086	65.11	NO
44	San Francisco Ameca	7,650	89.73	0	0	7,650	89.73	NO
45	San Francisco El Naranjal	0	0	5,302	81.52	5,302	81.52	SI
46	San Gabriel	0	0	6,872	54.84	6,872	54.84	SI
47	San José de Abajo	0	0	7,122	62.99	7,122	62.99	NO
48	San Miguel del Naranjo	2,434	54.29	13,712	54.53	16,146	54.5	NO

No.	Nombre del Ingenio	Sup. Riego	Ton/ha	Sup. Temporal	Ton/ha	Superficie total de la zona de influencia	Rendimientos promedio (R+T)*	Pertenencia al Gobierno Federal
49	San Miguelito	0	0	6,180	81.83	6,180	81.83	SI
50	San Nicolás	0	0	6,376	66.08	6,376	66.08	NO
51	San Pedro	0	0	10,365	81.79	10,365	81.79	SI
52	San Rafael de Pucte	21,157	59.49	0	0	21,157	59.49	NO
53	Santa Clara	7,614	92.38	0	0	7,614	92.38	NO
54	Santa Rosalía	0	0	8,136	55.72	8,136	55.72	NO
55	Santo Domingo	1,505	64.53	0	0	1,505	64.53	NO
56	Tamazula	11,799	107.99	210	69.02	12,009	107.31	NO
57	Tres Valles	1,124	62.87	23,065	58.63	24,189	58.83	NO
58	Zapoapita-Panuco	13,334	74.95	0	0	13,334	74.95	NO
	Total Nacional	253.721	85.81	355,637	62.36	609,358	72.12	
	Relación %	41.64	118.97	58.36	86.46	100	100	

* Fuente: Comité de la Agroindustria Azucarera, Superficie de Riego y Temporal y su producción en caña, zafra 2002/2003.

En el **cuadro 4-2** aparece la relación de ingenios seleccionados considerando el criterio de haber sido expropiados por el Gobierno Federal, en ella se pueden apreciar el propietario del Ingenio, el estado donde se encuentra ubicado y el domicilio fiscal de los mismos.

Cuadro 4-2. Ingenios expropiados por el Gobierno Federal

Propietario	Estado	Domicilio
Consortio Azucarero Escorpión (CAZE) – Enrique Molina Sobrino (9)	Veracruz	El Modelo, S.A.- Domicilio conocido municipio la Antigua, Apartado postal No. 3, Colonia El Modelo, municipio Cardel, Veracruz, C.P. 91680
		El Potrero, S.A. Congregación General Miguel Alemán S/N Apartado Postal No. 10, municipio Potrero, Veracruz, C.P. 94963
		La Providencia Domicilio conocido, Providencia Municipio Cuichapa, Veracruz, C.P. 94920.
		Impulsora de la Cuenca del Papaloapan, S.A. de C.V., Calle Nicolás Bravo No. 5, Colonia centro, municipio Carlos A. Carrillo, Veracruz, C.P. 95330
		San Miguelito, S.A., Km. 2 carretera Córdoba, Amatlan, Congregación Buenavista, Córdoba, Veracruz, C.P. 94680
	Morelos	Casasano La Abeja, S.A. de C.V. – Domicilio conocido poblado Casasano, Cuautla, Morelos. C.P. 62759.
	Puebla	Emiliano zapata, S.A. de C.V. , Calle Lázaro Cárdenas No. 51, Colonia Centro, municipio Zacatepec, C.P. 62780
San Luís Potosí	Atencingo, S.A. de C.V. – Domicilio conocido Atencingo, Puebla, C.P. 74583	
Grupo Azucarero Mexicano (GAM) – Juan Gallardo Thurlow (6)	Veracruz	Plan de San Luís, S.A. de C.V., Ejido La Hincada, municipio Ciudad Valles, S.L.P., C.P. 79000
		San Francisco El Naranjal, S.A., Luís Delfín Pardiño S/N, Col. Dulce María, Lerdo de Tejada, Veracruz, C.P. 95282
	Tabasco	Compañía Industrial Azucarera San Pedro, S.A. de C.V., Carretera Lerdo Salta Barranca S/N municipio Lerdo de Tejada, Veracruz. C.P. 95282
	Jalisco	Presidente Benito Juárez, S.A. de C.V., poblado C-27, Ing. Eduardo Chávez Ramírez, Plan de Chontalpa, A.P. 148, mpio. de Cárdenas, Tabasco, C.P. 86500
	Michoacán	José María Martínez, S.A. de C.V., KM 42, Carretera Guadalajara, Ameca, Puerto Vallarta, A.P. 1 municipio Tala, Jalisco, C.P. 45300.
Sinaloa	Lázaro Cárdenas, S.A. de C.V., domicilio conocido A.P. 13 municipio Tafetán, Michoacán, C.P. 61710.	
Machado (4)	Veracruz	El Dorado, S.A., Calle 1era No. 1, municipio El Dorado Sinaloa, C.P. 80450.
		Central Progreso, S.A. de C.V., Domicilio conocido, municipio Paso del Macho, Veracruz, C.P. 94970

Propietario	Estado	Domicilio
		Fomento Azucarero del Golfo, S.A. de C.V., Domicilio conocido Alto del Estero A.P. 58 municipio Panuco, Veracruz, C.P. 92000
	Jalisco	José María Morelos, S.A. de C.V., Av. Álvaro Obregón No. 275 A.P. 35 y 36 municipio Casimiro Castillo, Jalisco, C.P. 48930
	Oaxaca	La Margarita, S.A. de C.V., Km. 69 Ferrocarril Córdoba Sierra Blanca, municipio Acatlán de Pérez Figueroa, Vicente Oaxaca, C.P. 68422
Santos (6)	San Luís Potosí	Alianza Popular, S.A. de C.V., Domicilio conocido municipio Tambada, Tamasopo, S.L.P. C.P. 79130
		Plan de Ayala, S.A. de C.V., Carretera al Ingenio Km. 3.5, A.P. 57, Colonia Plan de Ayala, municipio Ciudad Valles, S.L.P. C.P. 79030
	Veracruz	Compañía Industrial Azucarera, S.A. de C.V. (Cuatotolapam),. Calle principal S/N colonia centro, municipio Hueyapan de Ocampo, Veracruz, C.P. 95850
		San Gabriel, ver. S.A. de C.V., San Gabriel No. 220 municipio Cosamaloapan, Veracruz, C.P. 95400
	Jalisco	Compañía Azucarera del Ingenio Bella Vista, S.A. de C.V., Av. Del trabajo no. 18 municipio Acatlán de Juárez Bellavista, Jalisco, C.P. 45720.
Michoacán	Pedernales, S.A. de C.V., José María Morelos Oriente No. 17, A.P. No. 2, municipio Pedernales, Michoacán, C.P. 61671.	
Fideicomiso Liquidador del Gobierno Federal FIDELIQ (2)	Tabasco	Azucarera de la Chontalpa, S.A. Ranchería Río Seco 2ª Sección, Cárdenas, Tabasco, C.P. 86470.
	Campeche	La Joya, S.A. de C.V., domicilio conocido, Champoton, Campeche, C.P. 24400

De estos 27 ingenios, el estado de Veracruz es el que cuenta con el mayor número de estas industrias, con once, San Luís Potosí y Jalisco con tres, Morelos, Tabasco, y Michoacán con dos, y con uno Puebla, Sinaloa, Oaxaca y Campeche. Estos ingenios son controlados por las Secretarías de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Economía (SE) y Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo (SECODAM) y supervisados por FEESA (Fideicomiso de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero).

Cuadro 4-3. Ingenios expropiados que se ubican en el estado de Veracruz

Ingenio	Superficies					
	Superficie de Riego	Rendimientos	Superficie de Temporal	Rendimientos	Superficie Total	Rendimientos promedio
El Modelo	10,368	101.9	681	79.83	11,049	100.54
El Potrero	7,855	87	10,948	67.37	18,803	75.57
La Providencia	1,530	75.99	7,510	59.43	9,040	62.23
Impulsora de la Cuenca del Papaloapan						
San Miguelito	0		6,180	81.83	6,180	81.83
San Francisco El Naranjal	0		5,302	81.52	5,302	81.52
Compañía Industrial Azucarera San Pedro	0		10,365	81.79	10,365	81.79
Central Progreso	319	66.44	9,467	55.51	9,786	55.68
Fomento Azucarero del Golfo, S.A. de C.V						
Cía. Industrial Azucarera, S.A. de C.V (Cuatotolapam)	0	0	7,368	47.95	7,368	47.95
San Gabriel	0		6,872	54.84	6,872	54.84
T o t a l e s						

Del total de ingenios del estado de Veracruz, se analizaron cuales tenían superficies de temporal en las zonas de influencia, siendo este un factor a considerar para la selección del ingenio, ya que la

metodología a desarrollar es precisamente para áreas de temporal, en el **cuadro 4-3** se puede observar que los ingenios con esta característica son: El Potrero con 681 ha, El Potrero 10,948 ha, La Providencia 7,510 ha, San Miguelito 6,810, San Francisco El Naranjal 5,302, Compañía Industrial Azucarera San Pedro 10,365, Central Progreso 9,467 y San Gabriel 6,872

De los once ingenios que se encuentran ubicados en el estado de Veracruz se analizó que fueran representativos de la región en donde se ubican, lo cual se observó en la superficie que presentaban tanto en los regímenes de riego y temporal, además de los rendimientos obtenidos, realizando mayor énfasis en temporal, de donde se observó que los ingenios representativos son El Potrero 10,948 ha, Compañía industrial Azucarera San Pedro 10,365 ha, Central Progreso 9,467 ha, resaltando el Ingenio El Potrero con 10,948 ha.

En lo que se refiere a rendimientos de los tres ingenios preseleccionados los rendimientos que presentaron fueron El Potrero 67.37 ton/ha, Compañía industrial Azucarera San Pedro 81.79 ton/ha, Central Progreso 55.51 ton/ha, resaltando el Ingenio El Potrero con rendimientos promedio para poder aplicar la metodología, ya que presentaba superficies similares tanto en temporal como en riego.

Como resultado de la visita realizada al ingenio El Potrero para conocer de la disponibilidad de estudios agrológicos y que tuvieran el conocimiento de los rendimientos del cultivo de la caña, se pudo constatar que si contaban con estudios agrológicos y en reunión con los técnicos se revisar la base de datos de las unidades de producción de caña de azúcar en formato digital o shape para el software Arcview con el conocimiento en campo de los rendimientos del cultivo de la caña de la totalidad de las parcelas que realizan al abasto a esta agroindustria, la cual fue conformada mediante un programa de levantamiento de puntos geodésicos mediante GPS o Sistema Global de Posicionamiento, el cual permitió tomar los vértices de cada parcela y en el software ArcView realizar el trazo de la misma, a su vez esta base cartográfica fue corroborada en campo y alimentada con los cuadros del padrón de productores la cual contiene variables como los rendimientos obtenidos en la zafra inmediata con lo que es posible ubicar los diversos niveles de rendimiento de las parcelas con caña de azúcar, definiendo los niveles bajo 0 a 35 ton/ha, medio de 35.1 a 70 ton/ha y alto de 70.1 en adelante.

Se estableció un convenio con el ingenio el cual se presenta en el anexo número 1 de este documento. En este convenio se realizan las declaraciones correspondientes, y las siguientes cláusulas: **Primera**.- Objeto del convenio, **Segunda**.- Programa de ejecución, **Tercera**.- Supervisión, **Cuarta**.- Confidencialidad, **Quinta**.- Créditos, **Sexta**.- duración, y **Séptima**.- modificación, asimismo se anexa la zona de estudio definida en común acuerdo para el desarrollo del proyecto.

4.2 Diagnóstico del medio físico y socioeconómico (2)

En este segundo paso se realizó trabajo de campo en forma intensiva el cual permitió continuar con el acopio y análisis de información documental y cartográfica de la zona de estudio seleccionada, en esta actividad participó un equipo multidisciplinario formado por un hidrólogo, un edafólogo, un economista, un sociólogo, un especialista en aspectos agropecuarios y un especialista en Sistemas de Información geográfica (SIG), ya que se consideró la aplicación de esta herramienta informática como apoyo para la elaboración del diagnóstico. La obtención del diagnóstico permitió el conocimiento actual de las condiciones de los recursos naturales agua, suelo, plantas, y

socioeconómicos, además de conocer la forma en que trabajan los sistemas de producción tanto de la caña como de otros cultivos y de identificar la problemática presente y las propuestas preliminares que permitieron contar con una cartera de cultivos potenciales para la zona.

Como parte del diagnóstico se identificó el uso del suelo en el zona de estudio definida dentro del área de abasto del ingenio, diferenciando cuantitativamente las superficies dedicadas tanto a la caña de azúcar como a otros cultivos, (el mapa de uso del suelo tomó como base el que se obtuvo del registro de la superficie de caña de azúcar y así se diferenció de los demás usos). Esta actividad tuvo una retroalimentación intensiva mediante recorridos y trabajo de campo. La generación del diagnóstico integral de la zona de influencia del ingenio permitió responder los cuestionamientos básicos de un diagnóstico: ¿Qué hay?, ¿Cuánto hay?, ¿Dónde está?, ¿Cómo esta?, y ¿Qué hacer?

La elaboración del diagnóstico requirió de actividades previas como son la recopilación y análisis de información cartográfica tanto análoga como digital, así como la adquisición de bibliografía relacionada a la zona de influencia del ingenio, estas actividades se describen a continuación y que aparecen en la **figura 4-2**.

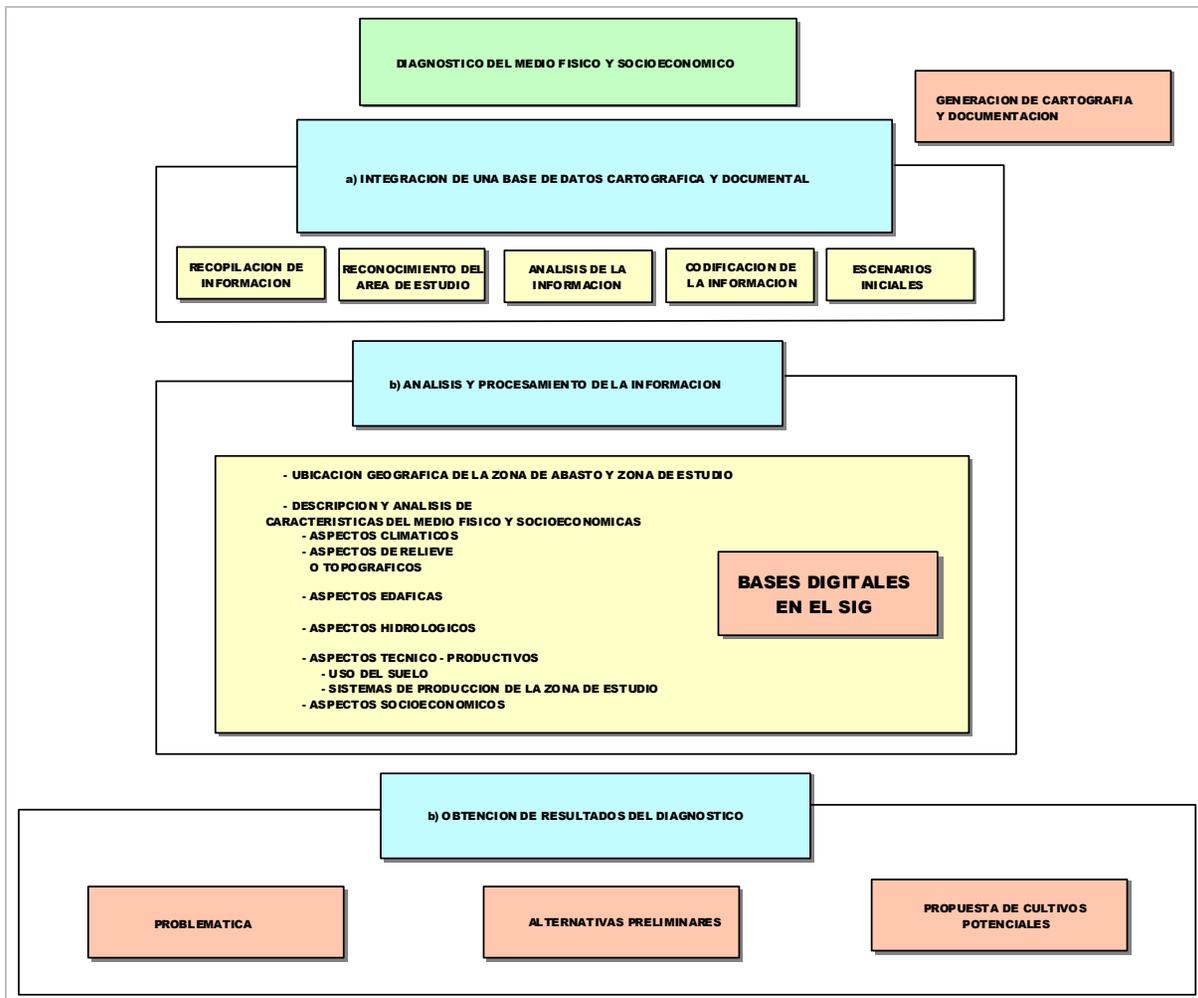


Figura 4-2. Información a emplear en el Diagnóstico del medio físico y socioeconómico

Información empleada en el diagnóstico del medio físico y socioeconómico

Para el desarrollo del diagnóstico se emplearon herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG ArcView), además de información cartográfica y documental proveniente de diversas fuentes que permitió la integración de una base de datos cartográfica y documental.

a) *Integración de una base de datos cartográfica y documental*

La información que se obtuvo en diversos formatos y de tipo documental como cartográfica es la que aparece a continuación:

- Información digital de layers de las parcelas con caña de azúcar de la zona de influencia del Ingenio El Potrero en formato Shape de ArcView con base de datos del padrón de productores, proporcionada por el Ingenio El Potrero.
- Ortofotos digitales de INEGI formato .bil, proporcionadas por el Ingenio con las siguientes claves: E14B47e, E14B47f, E14B48d, E14B48e, E14B48f, E14B57b, E14B57c, E14B57d, E14B57e y E14B57f.
- Ortofotos digitales formato .tiff adquiridas en Sistemas de Información Geográfica, SIGSA, S.A. de C.V. con las siguientes claves: E14t86l, E14t97a, E14t96d, E14t96c, E14t87n, E14t86r, E14t86q y E14t86m.
- Carta de los conjuntos de datos vectoriales carta topográfica E14B57 digital escala 1:50,000 versión 4 de INEGI, con la siguiente estratificación de datos: Altimetría y datos de elevación, Hidrografía e infraestructura hidráulica, Localidades y rasgos urbanos, Límites, Instalaciones diversas e industriales, Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión, Comunicación y transporte, Elementos de referencia topográfica y Áreas protegidas y de interés.
- Plano General de la zona de abastecimiento del Ingenio El Potrero, proporcionado por el Departamento técnico de campo, plano número K-19, de fecha junio de 1982.
- Información del inventario de superficies con caña de Azúcar, esto se obtuvo en entrevista directa con personal técnico del Ingenio y está contenida en la base de datos de la cartografía digital de la caña de azúcar para emplearse en ArcView.
- Modelos de elevación digital de INEGI claves E14B57 y E14B58 escala 1:50,000.
- Cartografía impresa de INEGI: Carta topográfica CORDOBA E14B57 escala 1:50,000, Carta edafológica ORIZABA E14-6 escala 1:250,000, Carta Hidrológica de Aguas Superficiales ORIZABA E14-6 escala 1:250,000, Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas ORIZABA E14-6 escala 1:250,000, Carta Topográfica ORIZABA E14-6 escala 1:250,000, Carta Geológica ORIZABA E14-6 escala 1:250,000 y Carta de efectos climáticos regionales Noviembre-Abril ORIZABA E14-6 escala 1:250,000
- Cartografía digital temática de diversas fuentes como CONABIO, IMTA, CNA, SAGARPA: cabeceras municipales, climas, límites estatales, localidades de Veracruz, municipios, subcuencas, suelos, uso del suelo 1996, uso del Suelo 1980 y vías de comunicación.

- Cartografía de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), Distrito de Desarrollo Rural No. 005 Fortín: regionalización por cultivos, sistema producto limón persa, cultivos con potencial municipio de Yanga, cultivos con potencial del municipio de Córdoba, climas, isoyetas e isothermas.
- Información descriptiva de los principales sistemas de producción del Distrito de Desarrollo Rural No. 005 Fortín, cuadros en Excel con información de actividades principales de los sistemas de producción, costos de producción y rendimientos.
- Información documental digital de los foros cañeros realizados en la ciudad de Veracruz y Córdoba, proporcionados por personal del Colegio de Postgraduados de Chapingo, Campus Córdoba.
- Registros climatológicos de las estaciones meteorológicas del Ingenio el Potrero e Ingenio San José de Abajo y del Campus Córdoba del C.P.
- Paquetes tecnológicos de los principales sistemas de producción generados en los campos experimentales de Cotaxtla y Tezonapa, pertenecientes al INIFAP.
- Estudios de potencial de suelos realizados para la zona cañera de Córdoba por la Universidad Autónoma de Chapingo, por la Comisión del Plan Nacional Hidráulico CPNH y por la empresa ICATEC.
- Trabajos de investigación realizados en la zona por instituciones educativas tales como la Facultad de Agropecuarias, Maestría en Caña de Azúcar, Facultad de Química de la Universidad Veracruzana, y la UNAM. Estos trabajos consistieron en investigaciones, tesis, y estudios.

b) Análisis y procesamiento de la información

El procesamiento de la información consistió en las siguientes actividades:

- Se analizó la información documental y se proceso para poder ser incorporada al diagnóstico y emplearla en la propuesta de diversificación productiva.
- Se analizaron y procesaron los mapas en el formato Shape del SIG ArcView, realizando la revisión de la misma, la homologación en el datum NAD 27, proyección UTM zona 14, y realizar las operaciones de Overlay en el módulo de Geoprocessing Viewer como clípeo o corte con la mascara de la cuenca, e intersección de las capas para los análisis requeridos y obtención de resultados como áreas y variables de cada capa.
- Se convirtieron las capas de AutoCad de los mapas de INEGI al formato Shape de ArcView, con lo cual se pudo obtener layers que permitieran la liga en forma relacional de las bases de datos, además de poder trabajar con análisis espacial con funciones de intersección, clípeo y overlay, lo cual permitió conocer las superficies resultantes de los diversos análisis.
- Se generaron los mapas temáticos y compuestos requeridos para el diagnóstico.

c) Descripción de la Zona de Influencia del Ingenio “EL POTRERO”, S.A.

La zona de estudio definida se encuentra contenida en el área de influencia del Ingenio el potrero a continuación se hace una breve descripción del mismo (fuente: Ingenio El Potrero).

● **Antecedentes del Ingenio El Potrero, S.A.**

La fundación del ingenio se da en los años de 1905 a 1908, el cual fue construido por la Compañía Nacional Refinadora de Azúcar, y se considera como el primer ingenio del país.

Desde su fundación ha operado con las siguientes razones sociales: Compañía Nacional Refinadora de Azúcar hasta 1909, Unidad Industrial Hacienda “El Potrero” hasta 1925, Compañía Manufacturera “El Potrero”, S.A. hasta 1994, “El Potrero”, S.A. y hasta la fecha como Fideicomiso Ingenio El Potrero 80329. Hasta 1975 fue dirigido por su propietario el Sr. Don Erich Koenig, visionario industrial creador de las actuales instalaciones fabriles, quien en el año de 1963 realizó la ampliación a dos tándem de molienda y la remodelación total de la factoría en un lapso de tiempo record, y además llevó esta empresa al primer plano en la industria azucarera nacional, y la dio a conocer en el ámbito internacional.

Desde 1975 hasta noviembre de 1988, fue una empresa paraestatal presidida por el Director General de Azúcar, S.A. A partir del 28 de noviembre de 1988 la empresa Xafra, S.A. de C.V. adquirió “El Potrero”, posteriormente es administrado por el Consorcio Azucarero CAZE, S.A. de C.V. y actualmente debido a problemas financieros es expropiada por el Gobierno Federal y manejada por el Fideicomiso FEESA y la SAGARPA.



Figura 4-3. Oficinas del Ingenio “El Potrero”

En los últimos años el ingenio ha refinado no solamente el azúcar que proviene de sus cañaverales, sino también la de otros ingenios, de tal manera que el período productivo ha cubierto hasta 11 meses al año.

El domicilio del Ingenio El Potrero es el siguiente: Congregación General Miguel Alemán – Potrero Nuevo sin número, Apartado postal No. 10, Municipio Potrero, Veracruz, C. P. 94965.

La misión del Ingenio es producir azúcar refinada de alta calidad que cumpla con las especificaciones y normas de los clientes gracias al esfuerzo continuo de los trabajadores con el fin de garantizar la permanencia de las fuentes de trabajo. La visión es cristalizando una industria azucarera mexicana autosuficiente, competitiva con costos de clase mundial. Valores: respeto, honestidad, responsabilidad, lealtad, honradez y compañerismo. Política de calidad: es compromiso del ingenio el potrero elaborar azúcar refinada que cumpla con las normas de calidad requeridas que satisfagan plenamente las necesidades de nuestros clientes a través de la gestión de sus procesos de mejora continua.

El ingenio ha desarrollado un sistema de calidad con los siguientes objetivos:

- Lograr el mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000 durante la zafra 2005-2006 con una auditoría de cero no conformidades.
- Obtener como mínimo el 98.5% del producto conforme al mes como azúcar refinado.
- Obtener como máximo 0.4% de rechazos del producto azúcar refinado al mes.
- Mantener el índice de satisfacción del cliente mayor a 90% durante la zafra 2005 – 2006.

Para su operación el Ingenio El Potrero 80329, se encuentra organizado de la siguiente forma:

Las unidades de producción presentan el régimen de tenencia de la tierra ejidal y pequeños propietarios, y la estructura agrícola de estos son:

- **Parcela.**- Unidad menor en la producción cañera.
- **Lote.**- integrado por un conjunto de parcelas, con una superficie plantada de 25-30 ha, en dependencia de los accidentes topográficos que la limitan y de las tomas.
- **Zona.**- Formadas por un grupo de lotes y su área fluctúa entre 500 - 1,000 ha, dependiendo de las condiciones topográficas como ríos, cerros, caminos y otros límites físicos.
- **División.**- Conjunto de zonas que conforman un área que oscila entre 2,000 y 5,000 ha. El ingenio se encuentra dividido en seis divisiones en sus áreas cañeras y una que es la que recibe caña de otros ingenios, la cual es eventual y depende de las capacidades de los ingenios circunvecinos. Las divisiones que tiene el ingenio son las siguientes: Campos Ingenio, Potrero Viejo, La Concepción, San Juan, San Alejo, Paso del Macho y Purga.

A su vez cada división contiene zonas, Para el régimen de temporal suman 42, la división por zonas es la siguiente, **cuadro 4-4**.

Cuadro 4-4. Organización de los campos del Ingenio en divisiones y zonas

División	Zonas
1	11, 12, 13, 14, 15
2	21, 22, 23, 24
3	31, 32, 33, 34, 35
4	41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
5	51

El organigrama del personal del ingenio es el siguiente:

- ⇒ Personal directivo
- ⇒ Director del Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero – Lic. José Manuel Tapia Gutiérrez.
- ⇒ Director Administrativo – Ing. Luís Carrasco Aceves
- ⇒ Director de Comercialización – Lic. Manuel Molano Ruiz
- ⇒ Administrador General: C.P. Fermín Cano Adame
- ⇒ Superintendente General de Campo – Ing. Gerardo Collado Aguilar. Tel. 01-273-73-50311
 - Oficina de siembras y cultivos – Ing. José Mario Marín Rodríguez
 - Oficina de cortes – Ing. Pedro Osorio
 - Oficina de Apoyo técnico – Ing. José Ciro Sosa Domínguez
 - Planeación- mentolet@hotmail.com Ing. Leticia
- ⇒ Superintendente general de fábrica – Ing. Luís V. Hernández Vallejo
- ⇒ Superintendente de siembras y cultivos – Ing. Irineo García Bustos
- ⇒ Jefe de compras – Lic. Jorge Ustaritz Linares

4.2.1 Ubicación geográfica de la zona de abasto del Ingenio El Potrero y de la zona de estudio seleccionada

El Ingenio El Potrero se encuentra ubicado en la población de Potrero Nuevo (Congregación Miguel Alemán) del municipio de Atoyac, a 20 Km. aproximadamente de la ciudad de Córdoba, Veracruz. El ingenio se encuentra localizado geográficamente entre las coordenadas 18°53'05" de latitud norte y 96°47'15" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una elevación de a una altura de 503 msnm (**Figura 4-4**). Los municipios en donde se encuentra ubicada la zona de estudio son Atoyac, Paso del Macho, Carrillo Puerto, Cuitlahuac, Yanga y Amatlán de los Reyes.



Figura 4-4. Localización del ingenio “El Potrero”

Los municipios en los cuales se encuentra ubicada la zona que abastece al ingenio el Potrero y en los que se ubica la zona de abasto son los siguientes (**Figura 4-5**): Amatlán de los Reyes, Atoyac, Camarón de Tejeda, Carrillo Puerto, Córdoba, Cotaxtla, Cuitlahuac, Manlio Fabio Altamirano, Paso del Macho, Soledad de Doblado, Tepatlaxco, Yanga y Zentla, La capacidad de molienda del ingenio en la zafra 05/06 fue de ton de caña.

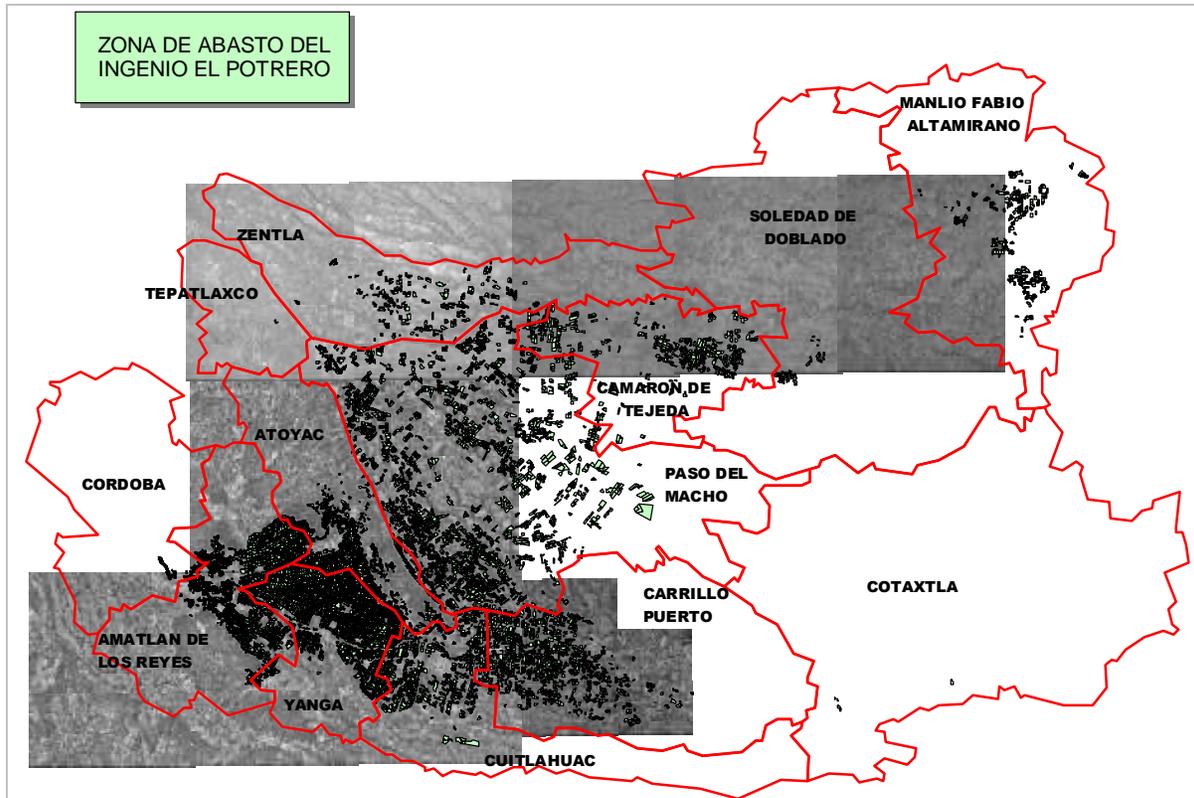


Figura 4-5. Zona de abasto del ingenio “El Potrero”

Los resultados del informe de caña cosechada al 22 de mayo del 2006 de régimen temporal indica que se cosechó una superficie de 11,641.46 ha, con un volumen de producción de 816,579.69 toneladas, lo cual da un rendimiento promedio de 70.14 ton/ha. El Ingenio tiene una capacidad de molienda diaria de 11,000 toneladas y en una zafra de 1'520,000 toneladas; El número de productores que abastecen al ingenio son 6,500. El estudio estará enfocado a las zonas de temporal de donde se obtuvo el siguiente reporte por parte de la superintendencia de campo.

Cuadro 4-5. Informe de caña cosechada al 22/05/2006 de Régimen de Temporal por tipo de rendimiento

División	Zonas	Nivel de rendimiento	Superficie	Toneladas	Rendimiento promedio
1	11	Bajo	165.53	3,923.04	23.70
		Medio	635.09	34,743.38	54.71
		Alto	288.05	24,194.28	83.99
Subtotal			1,088.67	62,860.69	57.74
	12	Bajo	41.85	984.75	23.53
		Medio	91.47	4,349.86	47.56
		Alto	37.68	3,634.11	96.45
Subtotal			171.00	8,968.72	52.45
	13	Bajo	15.00	454.93	28.61
		Medio	341.21	20,147.20	59.05
		Alto	552.87	48,249.76	87.27
Subtotal			909.98	68,851.88	75.66
	14	Bajo	35.20	928.90	26.39
		Medio	245.15	13,727.49	56.00
		Alto	340.95	30,167.58	88.48
Subtotal			621.30	44,823.97	72.15

División	Zonas	Nivel de rendimiento	Superficie	Toneladas	Rendimiento promedio
	15	Bajo	5.00	109.88	21.98
		Medio	180.25	10,626.32	58.95
		Alto	536.24	48,760.16	90.93
Subtotal			721.49	50,496.36	82.46
Total división			3,512.44	245,001.61	90.93
2	21	Bajo	12.35	320.16	25.92
		Medio	188.77	11,069.63	58.64
		Alto	425.31	37,242.99	87.57
Subtotal			626.43	48,632.78	77.63
	22	Medio	35.80	2,233.93	62.40
		Alto	99.40	8,875.22	89.29
Subtotal			135.20	11,109.15	82.17
	23	Bajo	6.50	205.12	31.56
		Medio	102.05	5,916.01	57.97
		Alto	279.25	24,835.59	88.94
Subtotal			387.80	30,956.71	79.83
	24	Bajo	9.45	283.11	29.96
		Medio	278.10	16,403.19	58.98
		Alto	426.55	38,625.41	90.55
Subtotal			714.10	55,311.71	77.46
Total división			1,863.53	146,010.34	90.55
3	31	Bajo	50.00	1,273.90	25.48
		Medio	108.44	6,369.01	58.73
		Alto	168.30	15,275.28	90.76
Subtotal			326.74	22,918.18	70.14
	32	Bajo	2.50	61.82	24.73
		Medio	7.50	309.95	41.33
		Alto	67.50	7,206.02	106.76
Subtotal			77.50	7,577.79	97.78
	33	Medio	18.00	932.92	51.83
		Alto	23.20	2,236.76	96.41
Subtotal			41.20	3,169.68	76.93
	34	Bajo	12.00	320.03	26.67
		Medio	127.25	6,998.86	55.00
		Alto	176.00	14,903.90	84.68
Subtotal			315.25	22,222.78	70.49
	35	Bajo	31.70	771.65	24.34
		Medio	140.70	7,704.76	54.76
		Alto	185.75	18,088.55	97.38
Subtotal			358.15	26,564.96	74.17
Total división			1,118.84	82,453.37	97.38
4	41	Bajo	21.30	572.62	26.88
		Medio	189.05	10,692.62	56.56
		Alto	197.70	17,638.94	89.22
Subtotal			408.05	28,904.17	70.83
	43	Bajo	61.75	1,854.42	30.03
		Medio	714.85	39,275.88	54.94
		Alto	506.95	42,221.08	83.28
Subtotal			1,283.55	83,351.37	64.94
	44	Bajo	32.75	921.83	28.15
		Medio	578.90	33,265.47	57.46
		Alto	368.85	31,064.15	84.22

División	Zonas	Nivel de rendimiento	Superficie	Toneladas	Rendimiento promedio
Subtotal			980.50	65,251.45	66.55
	45	Bajo	68.20	1,883.00	27.61
		Medio	549.75	30,296.53	55.11
		Alto	446.50	37,691.90	84.42
Subtotal			1,064.45	69,871.42	65.64
	46	Bajo	70.55	2,087.15	29.58
		Medio	522.45	29,229.16	55.95
		Alto	530.25	47,798.50	90.14
Subtotal			1,123.25	79,114.81	70.43
	47	Bajo	53.00	1,307.31	24.67
		Medio	88.90	5,067.50	57.00
		Alto	77.00	6,323.18	82.12
Subtotal			218.00	12,697.98	58.01
	48	Bajo	9.75	287.74	29.51
		Medio	41.25	2,278.00	55.22
		Alto	13.25	1,123.41	84.79
Subtotal			64.25	3,689.14	57.42
Total división			5,142.95	342,880.33	84.79
5	51	Medio	3.70	234.05	63.26
Subtotal			3.70	234.05	63.26
Total división			3.70	234.05	63.26
Total Ingenio			11,641.46	816,579.69	70.14

Fuente: Fideicomiso Ingenio El Potrero, 80329 folio 1, fecha 30/05/2006

Descripción de la Zona de Estudio

La zona de estudio seleccionada fue delimitada considerando la presencia de parcelas con caña de azúcar del régimen temporal, **figura 4-6**, la cual presenta una superficie aproximada de 21,114.43 ha.

La zona de estudio se localiza en los municipios de Amatlán de los Reyes, Atoyac, Córdoba, Cuitlahuac, Paso del Macho y Yanga. La superficie que ocupan se puede observar en el siguiente **cuadro 4-6**, siendo Atoyac, Amatlan de los Reyes y Yanga los que ocupan las mayores superficies.

Cuadro 4-6. Superficies por municipio en la zona de estudio

No.	Municipio	Superficie (ha)	% zona de estudio
1	Amatlan de los Reyes	6,081.64	28.80
2	Atoyac	6,348.96	30.07
3	Córdoba	497.18	2.35
4	Cuitlahuac	1,380.76	6.54
5	Paso del Macho	1,798.54	8.52
7	Yanga	5,007.35	23.72
Totales		21,114.43	100

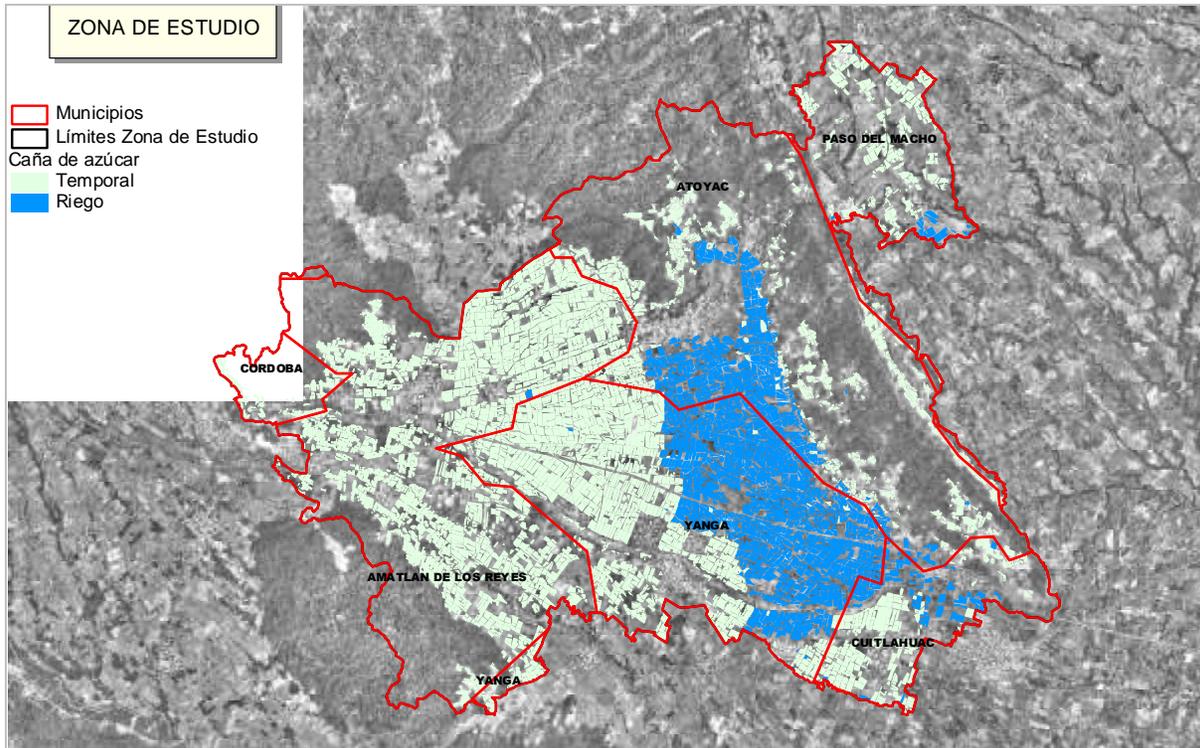


Figura 4-6. Zona de estudio

La ubicación de las divisiones de trabajo del ingenio se presenta tomando en cuenta la superficie de caña de azúcar, lo cual se puede observar en la **figura 4-7**.

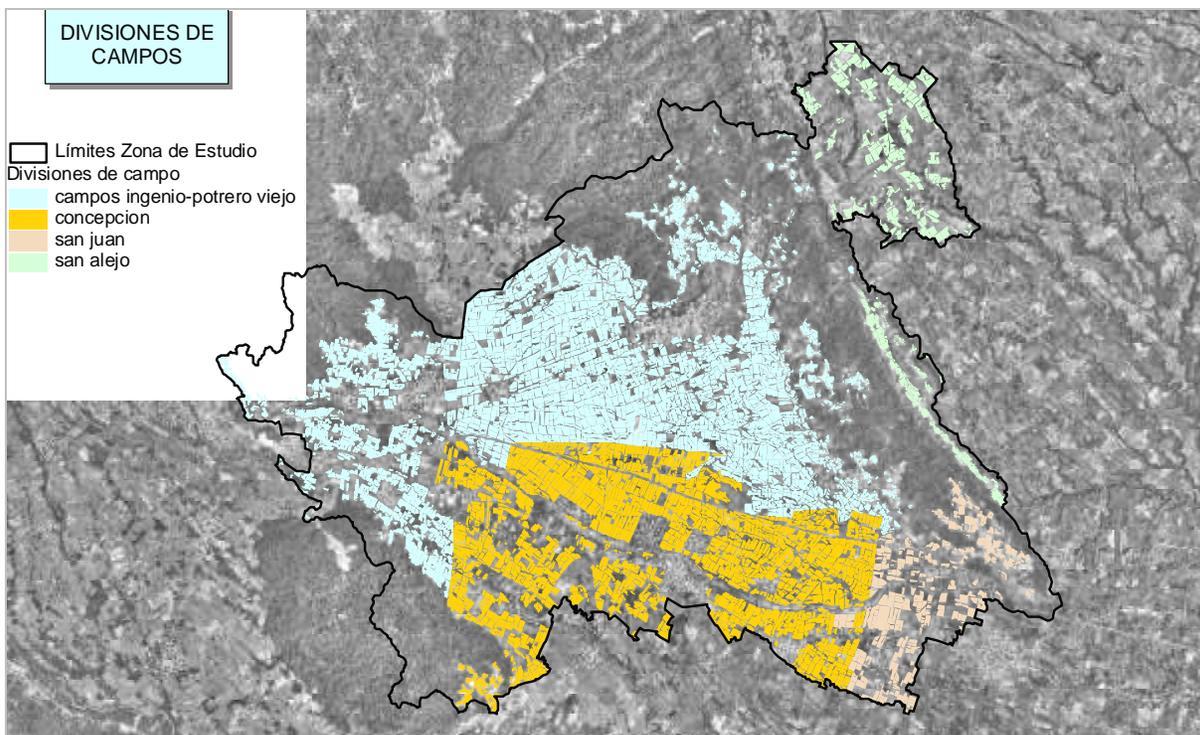


Figura 4-7. Divisiones de campo de la zona de estudio

Caña de temporal nivel de rendimiento bajo

El sistema de producción caña de azúcar con nivel de rendimientos bajo y en el cual se centra este estudio se cuantificó en 535.95 ha, las cuales se ubican en 311 unidades de producción, y un total de 188 productores. Esta superficie se localiza en 4 divisiones del ingenio y 10 zonas (1 - 11,12,13,15; 2 - 21,23,24; 3 - 31; 4 - 41, 43), el volumen de producción obtenido es de 12,407.28 toneladas con un rendimiento promedio de 23.78 ton/ha. La ubicación de estas unidades se puede observar en el **cuadro 4-7** en la **figura 4-8**.

Cuadro 4-7. Divisiones de campo de la caña de azúcar de las parcelas con rendimientos bajos

División	Zonas	Unidades de producción	Superficie	Toneladas	Rendimiento promedio
1	11	133	283.46 (141.27)	6,150.13	23.70
	12	74	95.80 (36.65)	2,295.38	23.53
	13	15	24.04 (14.91)	668.09	28.61
	15	6	8.25 (4.36)	175.21	21.98
2	21	13	18.65 (13.23)	364.47	25.92
	23	7	8.50 (5.50)	265.69	31.56
	24	8	16.45 (6.93)	519.37	29.96
3	31	24	45.50 (31.15)	1,048.28	25.48
4	41	30	32.30 (22.24)	786.39	26.88
	43	1	3.00 (4.17)	134.27	30.03
Total			535.95 (280.41)	12,407.28	23.78

Fuente: Fideicomiso Ingenio El Potrero, 80329 folio 1, fecha 30/05/2006

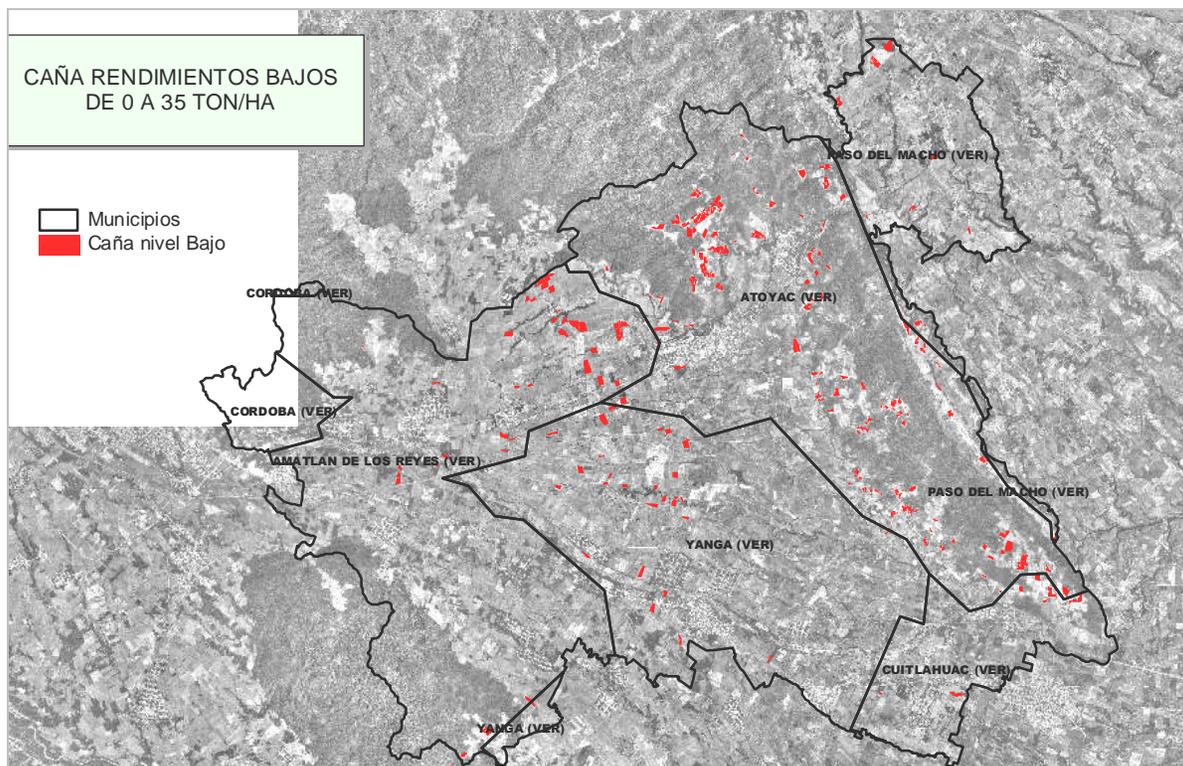


Figura 4-8. Superficies de caña con rendimientos bajos

Como se puede observar en la **figura 4-8** la mayor parte de la superficie se encuentra en topografía accidentada con pendientes fuertes o áreas cerriles, del análisis se desprende que a esta característica topográfica corresponden 355.40 ha, y en las áreas planas o llanos se ubican 180.55 ha., lo que puede ser un indicador de los bajos rendimientos obtenidos, asimismo cabe hacer notar que se debe analizar con mayor detalle la superficie ubicada en la llanura, para conocer cual es la causa de estos bajos rendimientos.

Cuadro 4-8. Características de las unidades de producción de caña de azúcar con rendimientos bajos en forma general

Característica	Superficie (ha), número o tipo de variables
Numero de unidades de producción	311 parcelas con una superficie de 535.95 ha
Numero de productores	188 productores
Tamaño de las parcelas	0.50, 0.75, 0.80, 1.00, 1.25, 1.30, 1.40, 1.50, 1.55, 1.60, 1.65, 1.70, 1.80, 1.85, 1.90, 2.00, 2.10, 2.25, 2.30, 2.40, 2.45, 2.50, 2.60, 2.68, 2.80, 3.00, 3.15, 3.50, 4.00, 4.50, 4.75, 6.00
Divisiones y zonas donde se ubican	División 1 – zonas 11,12,13,15 División 2 – zonas 21,23,24 División 3 – zona 31 División 4 – 41, 43
Ciclos vegetativos	Reposición de plantilla Resocas Socas
Topografía	Cerriles 355.40 ha Llanuras 180.55
Variedades	Co 997 – maduración media CP 72-1210 – maduración precoz Cp 72-2086 – maduración precoz MEX 57-473 – maduración media MEX 68-P-23 – maduración media MEX 69-290 – maduración media MEX 79-431- maduración media MEZCLA PREC P.O.J. 2878 – maduración tardía Q-68 – maduración media RD-75-11 SP 71-6180
Distancia en Km. al ingenio	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11,12, 13, 14, 16, 18,20, 26
Edad de la plantación	1.45, 2.14, 8.32, 8.72, 9.44, 9.64, 9.93, 10.30, 10.59, 10.63, 10.66, 10.72, 10.79, 10.82, 10.95, 10.99, 11.02, 11.05, 11.12, 11.15, 11.18, 11.22, 11.25, 11.28, 11.32, 11.35, 11.38, 11.41, 11.45, 11.48, 11.51, 11.55, 11.58, 11.61, 11.64, 11.68, 11.71, 11.74, 11.78, 11.81, 11.84, 11.91, 11.94, 11.97, 12.01, 12.04, 12.07, 12.11, 12.14, 12.17, 12.20, 12.30, 12.34, 12.40, 12.43, 12.47, 12.50, 12.53, 12.57, 12.60, 12.63, 12.66, 12.73, 12.80, 12.83, 12.86, 12.99, 13.03, 13.16, 13.26, 13.59, 13.68, 13.78, 13.82, 13.95, 13.98, 14-51, 14.90, 15.03, 15.66, 15.99, 16.12, 16.35, 16.58, 17.34, 18.72

Cuadro 4-9. Características de las unidades de producción de bajos rendimientos en nivel baj-rangos 0-10.12; 11.17-19.65; y 20.01-34.98

Rendimientos	División	Zona	Parcelas	Productores	Tamaño Parcelas	Ciclo vegetativo	Topografía	Varietades	Dist. Km.	Edad plantación
0 -10.12	1,3	11,12,31	13	8	0.75,1.00, 1.50,1.85, 2.00, 3.00	Resocas	13 Cerril	Mex 69-290, mezcla prec. P.o.j. 2878	4,5,7,8, 16	9.93,10.33, 11.78,12.20, 12.57,12.73, 12.99, 13.59
11.17-19.95	1,2,3,4	11,12,13, 15,21,31, 41	68	42	0.50,0.65, 0.70,0.80, 1.00,1.40, 1.50,1.65, 1.83, 2.00 3.00,4.00 4.75	Planta repos. Resocas Socas	16 llanura 52 cerril	Cp72-2086 Mex29-290 Mex79-431 Mezcla prec P.o.j.2878 Sp71-6180	4,5,6,7 8,10,13 14, 16, 18,26	10.76,11.05, 11.32,11.35, 11.38, 11.41, 11.45,11.48 11.51,11.61, 11.71,11.74 11.78,11.97, 12.01,12.04 12.11,12.14, 12.17,12.30 12.40,12.47, 12.53,12.57 12.60,12.73, 12.80,12.83 13.78,13.88
20.01 – 34.98	1,2,3,4	11,12,13 15,21,23 24,31,41 43	227	138	0.50,0.70 0.75,1.00 1.25,1.30 1.40,1.50 1.55,1.60 1.70,1.80 1.85,1.90 2.00,2.10 2.25,2.30 2.40,2.45 2.50,2.60 2.68,2.80 3.00,3.15 3.50,4.00 4.05,4.50 4.75,6.00	Planta Repos. Resocas Socas	139 cerril 88 llanura	Co 997 Cp72-1210 Cp72-2086 Mex56-476 Mex57-473 Mex-68p-23 Mex69-290 Mex73-523 Mex79-431 Mezcla prec P.o.j.2878 Q-68 Rd-75-11 Sp71-6180	3,4,5,6 7,8,10, 11,12, 13,14 16,18 20,26	1.45,2.14, 8.32,8.72 9.44,9.64, 10.30,10.59 10.63,10.66, 10.72,10.79 10.82,10.95, 10.99,11.02 11.15,11.18, 11.22,11.25 11.28,11.32, 11.41,11.45 11.48,11.51, 11.55,11.58 11.61,11.64, 11.68,11.71 11.78,11.81, 11.84,11.91 11.94,11.97, 12.01,12.07 12.11,12.14, 12.17,12.20 12.30,12.34, 12.40,12.43 12.47,12.50, 12.53,12.63 12.66,12.73, 12.80,12.99 13.03,13.16, 13.26,13.68 13.82,13.95, 13.98,14.51 14.90,15.03, 15.53,15.66 16.12,16.35, 16.58,17.34 18.72

4.2.2 Descripción y análisis de las características del medio físico y socioeconómico

4.2.2.1 Aspectos climáticos

El sitio presenta una cierta diversidad climática, de acuerdo a su altitud, posición en la geoforma, dirección de los vientos y a la época del año, por lo tanto en la parte baja, correspondiente a la zona de llanura en los municipios de Carrillo Puerto y Cuitlahuac, se tienen temperaturas más elevadas que en la parte alta, en la zona de lomerío, de los municipios de Atoyac y Córdoba. De la misma manera, la precipitación es menor y con deficiencias de humedad la mayor parte del tiempo en los municipios mencionados en primer lugar y con regímenes más húmedos en los dos últimos.

En general todo el sitio recibe la influencia de los vientos alisios que durante el verano recogen una gran cantidad de humedad en las aguas del Golfo de México y durante el verano soplan en dirección oeste hasta embalsarse en los macizos montañosos de la Sierra Madre Oriental para dirigirse después hacia el sur en dirección al Istmo de Tehuantepec. Una parte de ellos ascienden sobre las laderas de la sierra, se enfrían adiabáticamente y precipitan la humedad contenida. Esta precipitación

también se ve aumentada por la influencia de los ciclones tropicales que se presentan principalmente en septiembre y parte de octubre, por lo que el mes más lluvioso del año es septiembre.

Durante el invierno los vientos alisios decrecen considerablemente por el descenso de masas de aire polar provenientes del norte que enfrían las aguas del Golfo y el arrastre de humedad es menor por lo que la precipitación disminuye hasta llegar a tener un porcentaje de lluvia invernal menor del 5% del total anual en la parte de llanura y menor al 10.2% del total anual en la parte de lomerío.

Los climas de la zona de estudio y con mayor influencia en las actividades productivas son Aw1 y Aw2 (Aw) climas cálidos- calidos subhúmedos con lluvias en verano y Am (Af) Climas cálidos – calidos húmedos con abundantes lluvias en verano, como se puede apreciar en la **figura 4-9** y el **cuadro 4-10**. Para propósitos de estimación de la disponibilidad de agua para cultivos actuales y potenciales se han reclasificado los climas en dos grandes grupos el Af y el Aw, siendo el Af un clima templado subhúmedo con abundantes lluvias en verano, es decir el más lluvioso, y el Aw climas cálidos húmedos con lluvias en verano.

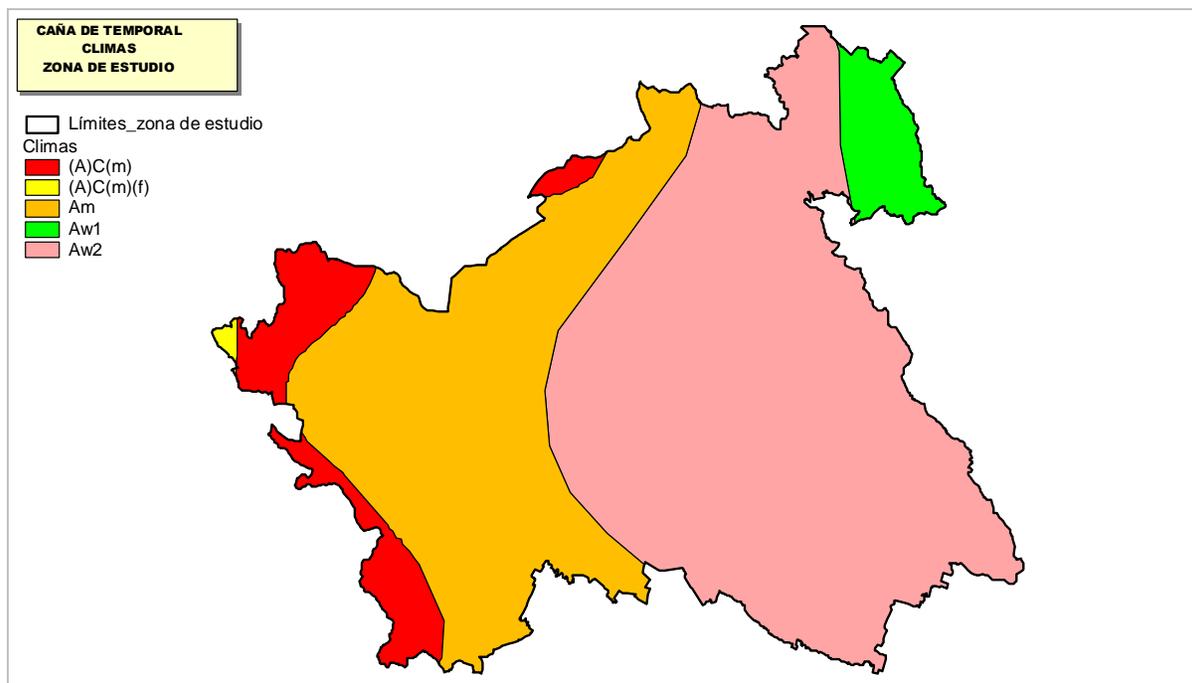


Figura 4-9. Mapa de climas

Cuadro 4-10. Climas de la zona de estudio

No.	Tipo de Clima	Clave	Superficie (ha)	% zona
1	Climas templados-Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	(A)C(m) - Af	1,579.91	7.49
2	Climas calidos-Semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano	(A)C(m)(f) – Af	49.43	0.23
3	Climas calidos – Calidos húmedos con abundantes lluvias en verano	Am – Af	6,892.41	32.64
4	Climas calidos – Calidos subhúmedos con lluvias en verano	Aw1 – Aw	872.11	4.13
5	Climas calidos – Calidos subhúmedos con lluvias en verano	Aw2 – Aw	11,720.57	55.51
T o t a l e s			21,114.43	100

Las características de los climas presentes son las siguientes:

- ☞ (A)C(m) .- C = Grupo de climas templados, la cual se divide en tres subgrupos de acuerdo a su temperatura media anual, este se ubica en el subgrupo de climas semicálidos (A)C con temperaturas medias anuales mayores de 18°C, y temperatura del mes más frío entre 3 y 18°C, y el tipo de clima es semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano con una precipitación del mes más seco menor de 40 mm, el % de lluvia invernal es mayor de 5.
- ☞ (A)C(m)(f) .- A = Grupo de climas calidos, la cual se divide en tres subgrupos de acuerdo a su temperatura media anual, este se ubica en el subgrupo de climas semicalidos (A)C con temperaturas medias anuales entre 18 y 22°C, y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, y el tipo de clima es semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm, el % de lluvia invernal es mayor de 10.2.
- ☞ Am - A = Grupo de climas calidos, la cual se divide en tres subgrupos de acuerdo a su temperatura media anual, este se ubica en el subgrupo de climas calidos (A) con temperaturas medias anuales mayores de 22°C, y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, y el tipo de clima es calidos húmedos con abundantes lluvias en verano con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm, el % de lluvia invernal es entre 5 y 10.2.
- ☞ Aw1 - A = Grupo de climas calidos, la cual se divide en tres subgrupos de acuerdo a su temperatura media anual, este se ubica en el subgrupo de climas calidos (A) con temperaturas medias anuales mayores de 22°C, y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, y el tipo de clima es calidos subhúmedos con lluvias en verano con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm, el % de lluvia invernal es entre 5 y 10.2.
- ☞ Aw2 - A = Grupo de climas calidos, la cual se divide en tres subgrupos de acuerdo a su temperatura media anual, este se ubica en el subgrupo de climas calidos (A) con temperaturas medias anuales mayores de 22°C, y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, y el tipo de clima es calidos húmedos con abundantes lluvias en verano con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm, el % de lluvia invernal es entre 5 y 10.2.

Definición de climas para conocer la disponibilidad de agua para los cultivos actuales y potenciales

Para efectos de trabajar con los climas en la definición de zonas con disponibilidad de agua para los cultivos potenciales y actuales se manejaron dos tipos de climas el Af que está representado en la estación climatológica del Colegio de Postgraduados de Chapingo Campus Córdoba y el Aw cuyas estaciones representativas se ubican en el Ingenio el Potrero (80329) y Central Progreso (San Alejo, Paso del Macho).

Cuadro 4-11. Climas agrupados de la zona de estudio

No.	Tipo de Clima	Clave	Superficie (ha)	% zona
1	Climas templados y calidos - Semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano	Af	8,521.50	40.36
2	Climas calidos – Calidos subhúmedos con lluvias en verano	Aw	12,592.93	59.64
T o t a l e s			21,114.43	100

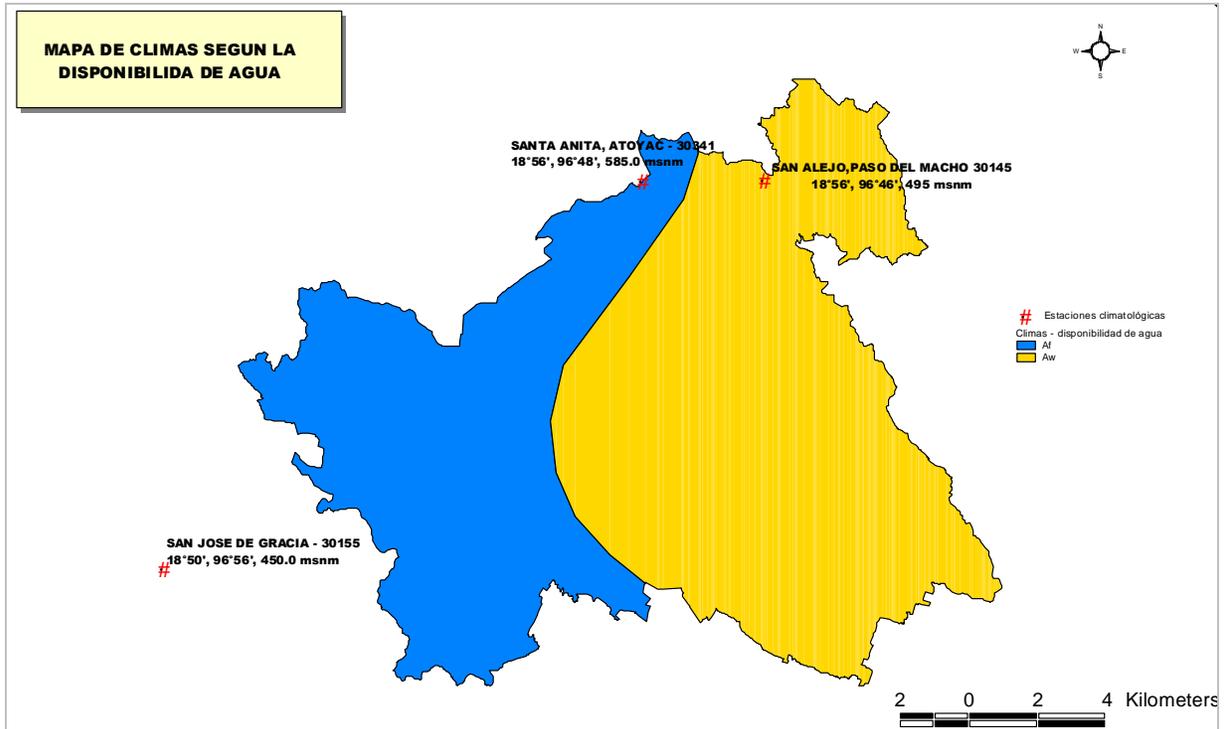


Figura 4-10. Climas según disponibilidad de agua y estaciones climatológicas

Cuadro 4-12. Características de las estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Longitud grados	Longitud minutos	Latitud grados	Latitud minutos	Altitud
30145	San Alejo, Paso del Macho	18	56	96	46	495.0
30341	San José de Gracia –CP	18	50	96	56	450.0
30155	Santa Anita, Atoyac	18	56	96	48	585.0

Temperaturas

Según E. García (1970), de acuerdo al gradiente térmico los climas de la zona de estudio varían de cálidos a semicálidos. La zona cálida, ubicada por abajo de los 800 msnm, presenta una temperatura media anual entre 22 a 26° C y la zona semicálida ubicada en la parte inferior de las laderas montañosas de la Sierra de Atoyac, presenta una temperatura media anual entre 18 y 22° C y alturas mayores a los 800 msnm, **figura 4-11**.

Precipitación

El régimen de precipitación se presentan las más fuertes precipitaciones cerca del pico de Orizaba en el periodo de Junio a Octubre llegando en ocasiones hasta los 4,147 mm por año registrados en la estación Huatusco, la cual tiene un promedio anual de 1,769.4 mm, debido a las temporadas de huracanes generando mucha humedad. Las precipitaciones mínimas se registran en el invierno con 268 mm en la estación rinconada. También se ve afectada por masas de aire polar o nortes que originan lluvias de poca intensidad y larga duración. En la zona del proyecto las precipitaciones van en las partes más altas y subhúmedas de 2,000 a 2,500 mm, en la parte intermedia de Atoyac y Sierra La esperanza entre 1,500 a 2,00 mm y rumbo a Paso del Macho de 1,200 a 1,500 mm, **figura 4-12**.

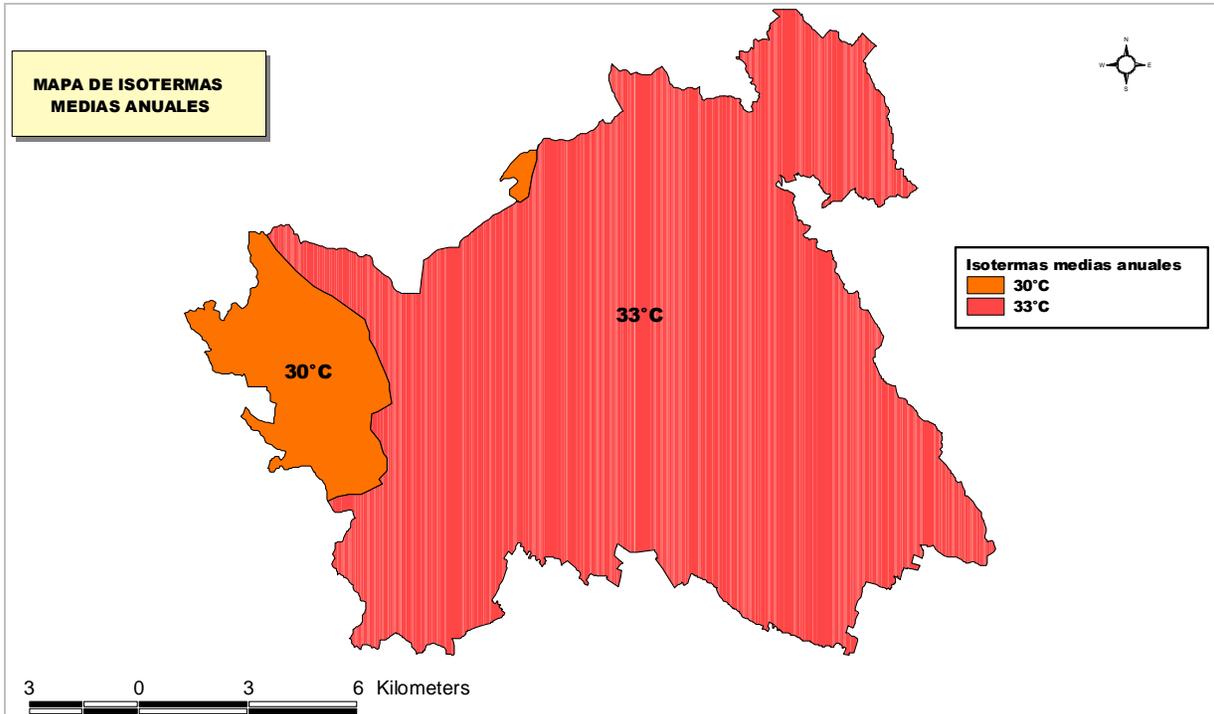


Figura 4-11. Isotermas medias anuales

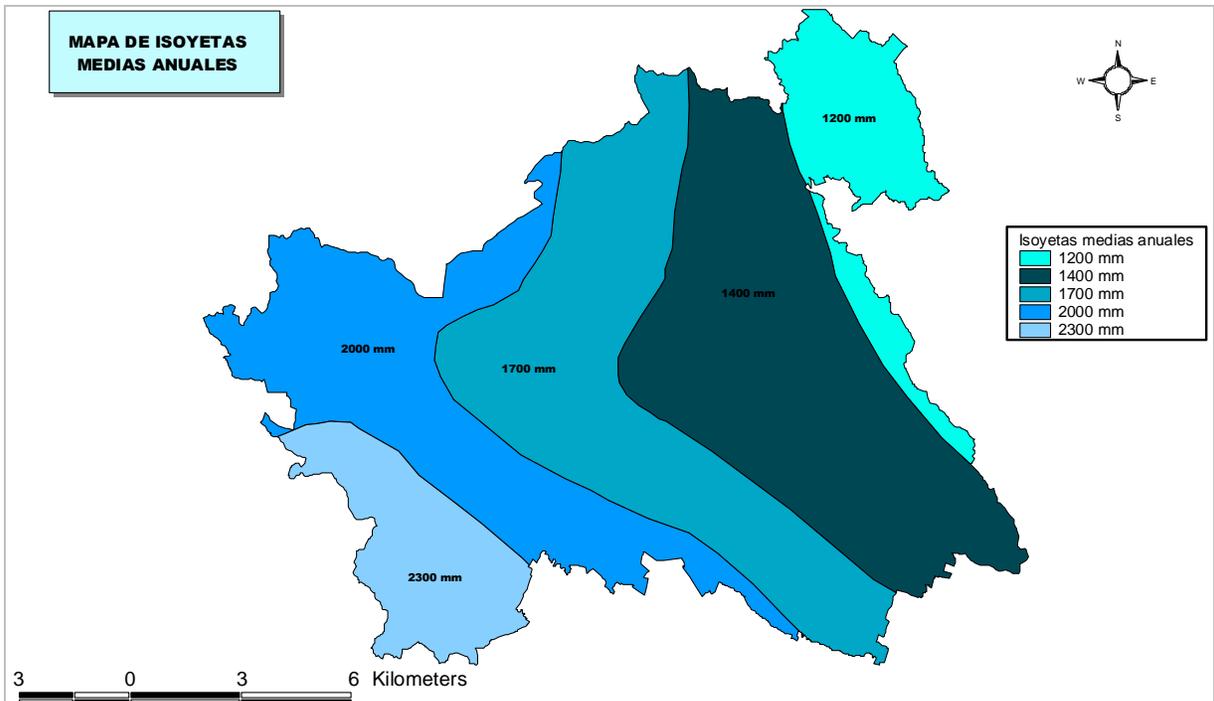


Figura 4-12. Isoyetas medias anuales

4.2.2.2 Aspectos de relieve o topográficos

Relieve – Topografía. Orográficamente, el sitio de estudio se localiza en la porción noroccidental de la Planicie Costera de Sotavento, en la confluencia con el límite oriental de la sierra de Juárez o

Sierra de Zongólica y al sur del Eje Neovolcánico Transversal que en este sitio se denomina Sierra de Chiconquiaco. La ubicación en la posición orográfica genera un gradiente altitudinal que se orienta en dirección noroeste - sureste, con alturas que van desde los 1000 msnm hasta los 300 msnm, por lo que en combinación con las condiciones generales de la atmósfera, el suelo y la vegetación, se favorece la presencia de paisajes y condiciones climáticas muy variables por lo que la influencia de estas formaciones es muy importante para definir las condiciones ecológicas prevalecientes en el sitio, esto se puede observar en la **figura 4-13** que presenta las curvas de nivel de la zona de estudio.

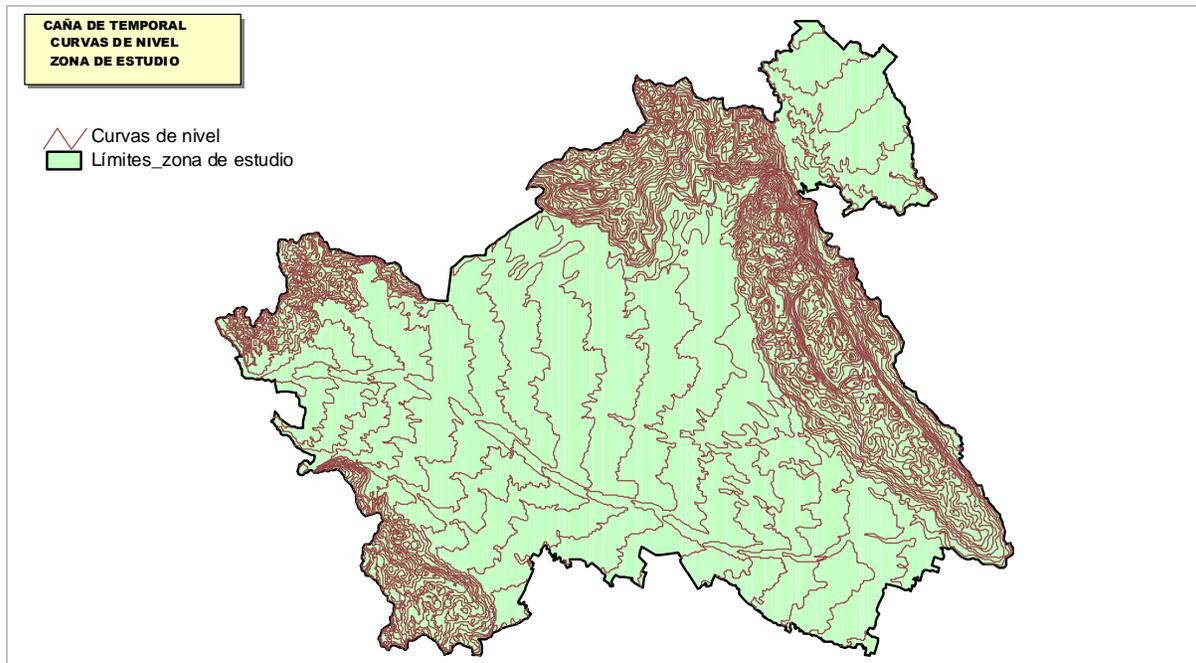


Figura 4-13. Topografía de la zona de estudio

Según lo descrito por López R., E (1980), la Sierra de Zongólica esta formada por una serie de plegamientos de rocas sedimentarias marinas, cuya edad va desde el Paleozoico hasta el Eoceno Superior. Los plegamientos de la sierra son muy marcados y como ya se mencionó anteriormente corren en dirección NW - SE, tanto superficialmente como en el fallamiento del subsuelo; presentándose grandes cobijaduras que no permiten definir claramente el marco tectónico entre la sierra y la planicie costera. De acuerdo a este mismo autor, la región estuvo sujeta a varios procesos orogénicos en el transcurso del tiempo: durante el paleozoico (revolución apalachiana en el triásico superior), durante el jurásico (revolución navadiana) y durante la revolución laramídica que afectó a los afloramientos antiguos que quedaron sepultados en la actual cuenca de Veracruz y posteriormente fueron objeto de procesos metamórficos, afallados y erosionados.

Los sedimentos depositados en este sitio fueron afectados por los plegamientos de las formaciones existentes, de esta manera la llamada Cuenca de Zongolica, ubicada hacia el occidente, se plegó más que la plataforma de Córdoba, presentando fallamiento inverso y recumbencia con caída hacia el oriente. A su vez, la plataforma de Córdoba presenta plegamientos con fallas inversas escalonadas, formando bloques que se hacen cada vez más profundos en dirección hacia el oriente.

Hacia esta dirección se forma la Planicie Costera del Sotavento, de relieve plano y una inclinación suave, constituida por levantamientos del Cenozoico, en la que se encuentran depósitos aluviales de poco espesor, con afloramientos de rocas endurecidas y conglomerados de areniscas y depósitos

aluviales. La superficie se encuentra cubierta por material piroclástico, proveniente de las formaciones volcánicas de menor edad y que afloran sobre las anteriores. Este depósito es resultado de una intensa erosión diferencial de las corrientes lávicas, rocas extrusivas, tobas y cenizas volcánicas. En esta área se forman los cauces, en ocasiones atrincherados en el fondo de barrancas, y posteriormente amplios y tranquilos, de las corrientes fluviales que originan a los ríos Atoyac - Cotaxtla, Jamapa y Blanco.

Microrelieve. El sitio de estudio que comprende al ingenio El Potrero y parte de su zona de abasto, se subdivide en dos zonas, de acuerdo a criterios ecológicos, de variación ambiental y altitudinal, características de la población y sistemas de producción prevalecientes.

Las dos zonas identificadas, de acuerdo a su posición fisiográfica, corresponden a las denominadas como: a) **llanura**, y b) **lomerío**.

a) **Llanura.** La condición fisiográfica de llanura, identificada al sur – oriente del sitio de estudio (municipios de Cuitlahuac, Yanga, F. Carrillo Puerto y parte de Atoyac), forma parte de la Planicie Costera de Sotavento. Presenta un relieve variado denominado pleniplano, a pesar de que internamente muestra una variación bastante fuerte con alturas que rebasan los 800 msnm.

La variación de este relieve presenta zonas planas que conforman mesetas y cantiles profundos, barrancas amplias y profundas, lomeríos tendidos cortados intempestivamente por la continuación de las barrancas y finalmente, hacia el oriente del municipio de Carrillo Puerto, una zona que corresponde a la típica planicie costera (desde el punto de vista geomorfológico). Cada una de estas formas está estrechamente relacionada con el material geológico que le dio origen, con los suelos que la conforman y con la aptitud agrícola resultante de todas estas características.

Por su posición, en la parte media del cauce de los ríos Atoyac, Seco y Blanco, la llanura es receptora de sus aguas y las de sus afluentes, pero debido a que transcurren por cauces “encañonados”, es difícil su aprovechamiento con fines agrícolas. A excepción de la unidad de Riego Alfredo V. Bonfil que irriga alrededor de 3,096 ha, beneficiando a 507 usuarios.

De acuerdo a las condiciones de humedad existentes en la llanura, aún es posible observar restos de selva baja subcaducifolia que muestra una adaptación fisiológica a la estacionalidad de la humedad.

De la misma manera, por sus características climáticas, la llanura presenta condiciones favorables a la agricultura porque la temperatura y el suelo no presentan limitantes para el establecimiento de las plantas; pero la humedad sí representa una fuerte limitante para lograr ese establecimiento por sus características de marcada temporalidad.

b) **Lomerío.** Esta unidad fisiográfica se ubica en los 1,000 a 1,400 msnm, hacia la parte media del relieve, en el pie de monte entre la Sierra y la Llanura, por lo que en ocasiones muestra características propias de una u otra condición.

El relieve característico va desde la formación de lomas tendidas a ligeramente abruptas, como en el caso del Chiquihuite en Atoyac, o definitivamente abruptas, con pendientes que oscilan entre un 10% a un 30% como el caso de La Esperanza. Esta condición fisiográfica rodea toda la

sierra viniendo de Tepatlaxco en dirección oriente, y en la zona de Potrero – Atoyac toma hacia el poniente en dirección a Córdoba y Fortín.

Por su posición al pie de la sierra, presenta características geológicas similares y evidencias de su origen marino, pero también se sobreyacen materiales como las cenizas volcánicas, basaltos, andesitas, tobas ácidas y básicas y brechas volcánicas básicas, los cuales debido al intemperismo y al clima cálido, han evolucionado en andosoles, o en los casos que ha existido percolación y acumulación de arcilla, han formado luvisoles, en otros casos se han originado litosoles e incluso suelos de rendzina mezclados con luvisoles, cada uno con ciertas características favorables a la agricultura pero que por su posición son altamente erosionables.

La influencia del clima en esta zona es a veces cálida y a veces templada. La mayor parte de la humedad se concentra de junio a octubre; de noviembre a marzo, la influencia de los nortes trae humedad extra y la presencia de nubosidad permanente.

Por esta condición de humedad la vegetación natural es de selva mediana perennifolia, pero a pesar de esta situación la humedad disponible, no alcanza para cubrir las necesidades de los cultivos que se establecen, debido al escurrimiento de la mayor parte de la precipitación, por eso aun y cuando el lomerío presenta varios atributos favorables también presenta características muy desfavorables, como el relieve y el alto riesgo de erosión, así como también la dificultad para realizar labores adecuadas y oportunas.



Figura 4-14. Relieve - llanura

Las características topográficas de los dos grupos mencionados: llanuras y lomeríos se distribuyen en los campos cañeros de la siguiente manera, **cuadro 4-13**.



Figura 4-15. Relieve - Ixmiquilpan

Cuadro 4-13. Distribución por relieve de las superficies cañeras

División	Llanura	Lomerío
Campos Ingenios	3,359.41	337.47
Potrero Viejo	221.20	103.49
La Concepción	1,804.83	50.67
San Juan	326.34	113.92
Totales	5,711.78	605.55

Elevaciones principales. Las elevaciones principales que se encuentran dentro de la zona de estudio son las de la Sierra de Atoyac y el cerro Tepetzala.

Pendientes. La cartografía de pendientes de la zona nos indica que predominan los rangos de 0-2 es decir un buen porcentaje de la misma se considera plana, siendo una superficie de 6,804.00 ha (32.40%), los demás rangos se consideran entre pendientes intermedias lomeríos y cerril, las pendientes de 2-10% se encuentran en 7,646 ha (36.41%), las pendientes más fuertes son de 10-20% en 6,550 ha (31.19%), esto se puede apreciar en el **cuadro 4-14** y en la **figura 4-16**.

Cuadro 4-14. Pendientes presentes en la zona de estudio

No.	Pendientes	Rangos	Superficie ha	% de la zona de estudio
1	Planicies	0 – 2%	6,804.00	32.40
2	Lomeríos	2 - 10%	7,646.00	36.41
3	Cerriles	10 – 20%	6,550.00	31.19
Total			21,000.00	100%

Estas clasificaciones se consideran como las más usuales desde el punto de vista topográfico, y se definen de la siguiente manera:

- Planicies: se considera a los valles o llanuras, donde el desagüe superficial es mediano o malo, las pendientes promedio oscilan entre 0-2%, y se puede emplear maquinaria agrícola en estas actividades.
- Los lomeríos, pendientes de 2 - 10%, son terrenos ondulados de poca altura, donde se presenta el riesgo de erosión, requiriéndose trabajos de conservación de suelos, siendo restringido el uso de maquinaria agrícola.
- Cerriles, pendientes de 10 - 20%, estas pendientes presentan riesgos y erosión fuerte.

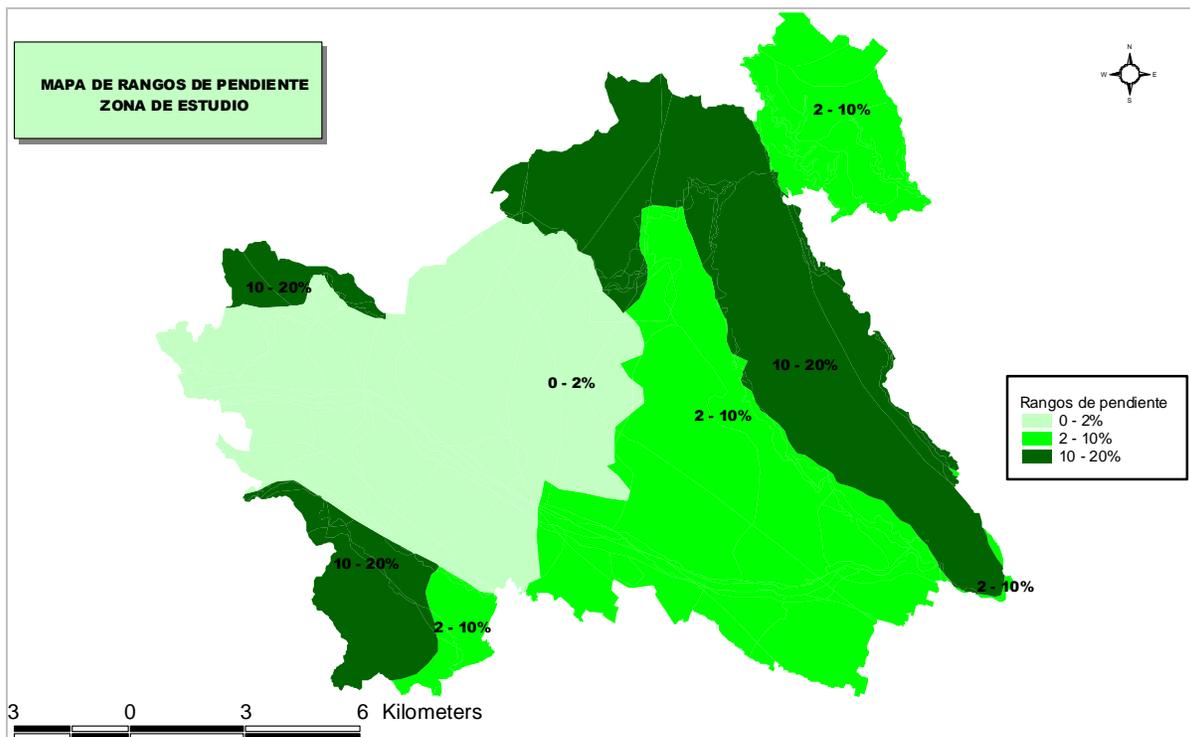


Figura 4-16. Mapa de pendientes

4.2.2.3 Aspectos edáficos

Para poder generar la información y cartografía de suelos, se consideró la existencia de diversos estudios e información cartográfica correspondiente al estado del Veracruz, en particular a la zona de abasto del ingenio El Potrero.

Los estudios e información consultada fueron los siguientes:

1. Inventario de áreas erosionadas, rangos de pendiente y unidades de suelo del estado de Veracruz, realizado por la Universidad Autónoma Chapingo para la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua de la SARH, en el año de 1982.
2. Uso potencial del suelo en la región norte del estado de Veracruz, estudio elaborado por la compañía ICATEC, S.A. para la Comisión del Plan Nacional Hidráulico según contrato No. CPNH-78-10, en Marzo de 1979.

3. Uso potencial del suelo. Anexo B Planicie costera del estado de Veracruz, Documentación de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1977.
4. Los suelos de la cuenca del Papaloapan. Ing. Gaudencio Flores Mata, SARH, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Subdirección de Agrología, 1978.
5. Documentos técnicos y planos proporcionados por el personal técnico del Ingenio El Potrero.
6. Documentación digital proporcionada por personal del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados de Chapingo, como foros de la caña de azúcar.
7. Trabajos de tesis y proyectos desarrollados por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Veracruzana
8. Trabajos de tesis y proyectos desarrollados por la Facultad de Química- Especialidad Químico Agrícola de la Universidad Veracruzana.
9. Cartografía INEGI como ortofotos, cartas digitales e impresas.
10. Documentación de trabajos realizados por personal del Instituto de Geografía de la UNAM.

La información anterior fue recopilada en una intensa búsqueda y procesada para su análisis, de lo cual se desprende que existen diversas versiones en relación a los suelos de la zona de abasto, por lo cual se analizaron todas las fuentes mencionadas.

Esta actividad se complementó con trabajo de campo a través de levantamiento de suelos, empleando perfiles naturales, artificiales o mediante barrenaciones.

Formación de suelos

Las partes planas son una llanura aluvial de pie de monte, inclinada ligeramente hacia el oriente, al Golfo de México. El sistema montañoso mayor, que se encuentra hacia el poniente de la zona de estudio del extremo sur de la Sierra Madre Oriental y del extremo oriente de la Eje Neovolcánico Central, que se conjugan hacia el poniente de la zona de estudio, con la elevación mayor del Citlaltepetl (Pico de Orizaba). La zona de estudio se encuentra precisamente en las extremas estribaciones orientales de dicho sistema montañoso, inclinándose ligeramente hacia el oriente, hacia la planicie del Golfo de México. Esta planicie aluvial está formado por abanicos superpuestos de azolves, los más bajos compactados en forma de tepetates, los más recientes en su originalidad, actualmente erosionados por donde pasan las corrientes, dado a la vista las diferentes capas sucesivas, formando un ligero lomerío.

Por lo tanto existen arcillas al lado de suelos francos y arenosos con sus respectivas capas compactadas (tepetates), y áreas con abundante pedregosidad (piedras redondas, formadas y arrastradas originalmente por corrientes de agua, las cuales se encuentran en la superficie y en todas las capas del suelo, hasta incrustados en tepetates, tanto gravosos, arenosos, como arcillosos).

En la parte poniente (la parte más elevada), existen depósitos más recientes encima de capas más antiguas, los cuales salen aflorando a la superficie en la parte más baja (oriente) de la zona de estudio, y también están al descubierto a lo largo de los cauces actuales.

Las zonas o capas libres de piedras son un índice de un histórico flujo lento de agua, y estancamientos siempre asociado a profundas capas de arcilla, tanto de color rojo (presencia de hierro), como de color negro, resultado de la sedimentación del material más fino. Pero existen también amplias zonas y estratos de suelo donde está sedimentación está acompañada de pedregosidad, lo cual es indicador de una secuencia temporal de flujos rápidos (arrastre y depósito de

piedras), y flujos lentos (depósito del material fino encima de las piedras depositadas).

Esta llanura está rodeada por el noroeste (sierra de San Rafael), noreste (sierra de Atoyac), este (sierra de La Esperanza), y sur (sierra de Tepetzala), los cuales son de roca calcárea dura, altamente permeable, donde existen litosoles y rendzinas francosos y franco – arcillosos muy ricos en materia orgánica, de poca espesura, con muy abundante pedregosidad y afloración rocosa, formados por procesos de intemperización in situ. Esos suelos, al erosionarse por la agricultura en laderas durante tiempos prolongadas se pierden, dejando afloraciones rocosas y por lo tanto una insatisfactoria recuperación de selva. El lento proceso de intemperización tiene que iniciarse de nuevo.

Una vez conocidos los procesos de formación de suelos y para poder caracterizarlos se realizaron 118 muestreos de suelo, por textura, niveles de profundidad y color, tanto en sitios de barrenación, como en perfiles abiertos, como son cortes de caminos, carreteras, canales; perfiles en bancos de materiales, y en desfiladeros excavados por los ríos y arroyos. Los resultados de los estudios de los suelos se presentan en los **cuadros 4-15, 4-16 y 4-17**.

Una vez realizados los transectos se definieron los siguientes perfiles:

- ⇒ hechos con barrena Barr,
- ⇒ bancos de materiales C-BM,
- ⇒ cortes por canales C-CAN,
- ⇒ corte por caminos C-CM,
- ⇒ corte natural en ríos C-RIO,
- ⇒ zanjas excavadas C-ZJ y,
- ⇒ perfiles superficiales SUP.

Las texturas en cada perfil fueron determinadas con base en el reconocimiento al tacto y corroboradas con estudios de suelos realizados anteriormente, sólo que a escalas mayores, las clases texturales encontradas fueron:

- Arena – S,
- Limo – L,
- Arcilla – R,
- Franco – F,
- Arcilla francosa – RF,
- Franco arenoso – FS,
- Franco arcilloso – FR,
- Gravilla – g,
- Tepetate – T,
- Tepetate, arcilloso – Tr,
- Tepetate arenoso – Ts,
- Tepetate arenoso – gravoso – Tsg, y,
- Tepetate Francoso – Tf

Los colores de suelo encontrados fueron:

- ⇒ Amarillo – am,
- ⇒ Blanco – bl,
- ⇒ Café claro – Cf-c,
- ⇒ Café oscuro – Cf-o, Gris – GRI,
- ⇒ Naranja – NAR,
- ⇒ Negro – NEG,
- ⇒ Ocre – OCR, Rojo – Roj, y,
- ⇒ Rosa – ROS

La pedregosidad encontrada se clasificó de la siguiente manera:

- Ausente 0,
- Escasa 1,
- Abundante 2,
- Más piedra que suelo 3,
- Gravilla g,
- Piedra redonda pr,
- Piedra angular f, y,
- Rocas (> 1m diámetro) r.



Figura 4-17. Suelos rojos

Para poder ubicar los suelos en áreas con las características homogéneas se cartografiaron 54 unidades de paisaje, las cuales se diferenciaron por textura, color y pedregosidad, las cuales se ubican en seis unidades de relieve: Lomerío Potrero, Temporal Sta. Rita, Sierra Esperanza, Sierra San Rafael, Sierra Atoyac y Sierra Tepetzala, **figura 4-19**.



Figura 4-18. Suelos negros

Cuadro 4-15. Sitios de muestreo de suelo (sitio Núm. 1-39 de 118)

No	clave	perfil	expl (m)	textura (profundidad en metros)			Pedregosidad	ubicación
1	p01	barr	0.5	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.5 R,nar		2p	llano
2	p02	barr	0.5	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.5 R,nar		2p	llano
3	p03	sup		0-0.1 Rf,neg			3p, 3r	piemonte, 50%
4	p04	barr	0.2	0-0.2 Rf,neg			2p	piemonte, plano
5	p05	barr	0.3	0-0.3 Fr,neg			2p,pr	llanura
6	p06	c-bm	30	0-0.1 Fr,neg			3p(0-0.1)	BM, roca, 40%
				0.1-0.5 Fr,neg	>0.5 roca	3r(0.1-0.5)		
7	p07	barr	0.2	0-0.2 Fr,neg			2p,pr	sumidero
8	p08	barr	0.3	0-0.3 Rf,neg			2p	llanura
9	p09	barr	0.3	0-0.3 Fr,neg			2p,pr	llanura
10	p10	barr	0.3	0-0.3 Fs, neg			2pr	vega río
11	p11	c-cm	1	0-1 Fs, neg			2pr(0-0.5)	vega río
							3pr(>0.5)	
12	p12	c-río	15			2-15 Tf	2pr	corte río
13	p13	c-bm	3	0-0.3 Rf, neg	0.3-0.5 Rf,cf-o		2pr	BM, Peñuelitas
					0.5-1.5 R,ros	1.5-3 Tr+Ts		
14	cp14	c-cm	2m	0-0.3 Rf, neg	0.3-1 R,ocr	1-2 Tsg,ocr	2pr,g	autop, lad nte
15	cp15	c-cm	3m	0-0.5 Rf, neg	0.5-2 R, ocr	2-3 Tsg, ocr	2pr,g	autop, lad nte
16	cp16	c-cm	8m	0-0.4 Rf, neg	0.4-2 R, ocr	2-8 Tsg, ocr	2pr,g	autop, lad sur
17	cp17	c-cm	2m	0-0.3 Rf, neg	0.3-1.2 R,ocr	1.2-2 Tsg,ocr	2pr,g,r	autop, lad sur
18	cn18	sup		R, cf-o			2-3pr	
19	cn19	barr	0.5	0-0.5 R,neg			0	vega arroyo
20	cn20	barr	0.5	0-0.3 R, cf-o	0.3-0.5 R, nar		1-2p,pr	lad alta s 5%
21	cn21	barr	0.5	0-0.5 R,neg			2p,pr	vega arroyo
22	cn22	barr	0.5	0-0.2 R, cf-o	0.2-0.5 R, nar		2p,pr	lad baja s 5%
23	cn23	barr	0.5	0-0.1 R, cf-o	0.1-0.5 R, nar		2p,pr,r	lad alta s 5%
24	cn24	barr	0.5	0-0.2 R, cf-o	0.2-0.5 R, nar		2p,pr,r	cima
25	cs25	barr	0.3	0-0.3 Fs, g			2p,pr,g	cima
26	cs26	c-río	15			2-15 Tf, Tsg	2pr	corte río, sw
27	cs27	c-río	15			2-15 Tf, Tsg	2pr	corte río, se
28	cs28	barr	0.5	R, neg			2p,pr	lad alta s 5%
29	cs29	barr	0.3	R, neg			2-3p,pr	cima
30	cs30	barr	0.2	R, neg			2-3p,pr	cima
31	cs31	c-río	10			2-10 Tf, Tsg	2pr	corte río
32	cs32	sup		Rf, neg			2p,pr	cima
33	cs33	sup		Rf, neg			2p,pr	cima
34	s34	c-río	1.5	0-0.2 Rf,neg	0.2-1.5 R, ocr		2p,pr	corte arr, nte
35	s35	c-río	1.2	0-0.3 Rf,neg	0.3-1.2 R, ocr		2p,pr	corte arr, sur
36	s36	c-cam	1	0-0.3 Rf,neg	0.3-0.6 R,cf-o	0.6-1 R,ocr	2p	lad s5%
37	s37	c-cam	1	0-0.3 Rf,neg	0.3-0.6 R,cf-o	0.6-1 R,ocr	2p	piem s15%
38	s38	c-cam	0.5	0-0.3 Rf,neg	0.3-0.5 R,cf-o		2p	piem s30%
39	S39	barr	0.3	0-0.3 Rf,neg			3p	lad s30%

"expl" = profundidad explorado en metros

Cuadro 4-16. Sitios de muestreo de suelo (Sitio Núm. 44-84 de 118) (oriente, centro-oriente y sureste)

No.	clave	tipo	expl (m)	Textura (profundidad en metros)			pedregosidad	ubicación
44	e44	barr	0.7	0-0.7 R,neg			0	cima
45	e45	barr	0.5	0-0.5 R,neg			0	cima
46	e46	barr	0.3	0-0.3 R,neg			0	vega río
47	e47	c-rio	1	1 R, neg			0	corte río
48	e48	barr	0.7	0-0.7 R,neg			0	llano, piemonte
49	e49	barr	0.3	0-0.3 R,neg			1p	llano, piemonte
50	e50	barr	0.5	0-0.5 R,neg			1p	llano, piemonte
51	e51	barr	0.3	0-0.3 Rf,neg			2p	piemonte
52	e52	c-cm	0.5	0-0.5 Rf,neg			2-3p	piemonte
53	e53	c-cm	0.7	0-0.2 Fr,neg	>0.2 roca		3p, 3r	lad 60%
54	e54	c-cm	0.5	0-0.3 Fr,neg	>0.3 roca		3p, 3r	lad 40%
55	e55	barr	0.2	0-0.2 Fr,neg			2p	sumidero
56	e56	c-cm	0.5	0-0.3 F,neg	>0.3 roca		3p, 3r	cima
57	e57	c-cm	0.5	0-0.3 F,neg	>0.3 roca		3p, 3r	lad alta 20%
58	e58	barr	0.2	0-0.2 F,neg	>0.2 roca		3p, 3r	lad alta 40%
59	e59	c-cm	0.5	0-0.2 F,neg	>0.2 roca		3p, 3r	cima
60	e60	barr	0.2	0-0.2 F,neg	>0.2 roca		3p, 3r	lad alta 20%
61	e61	c-cm	0.5	0-0.3 F,neg	>0.3 roca		3p, 3r	lad alta 30%
62	ce62	c-cm	1	0-0.2 Fr,cf-o	0.2-0.5 Rf,roj	0.5-1 Tsg,ocr	2p	lad 5%
63	ce63	barr	0.5	0-0.5 R, neg			0	llano
64	ce64	c-cm	5m	0-0.4 R, cf-o	0.4-2 R,roj	2-5 Tr, roj/gri	1pr(0-0.4), 0(>0.4)	autop, lad nte
65	ce65	c-cm	2m	0-0.5 Rf,cf-o	0.5-2 R,roj		1pr(0-0.4), 0(>0.4)	autop, lad sur
66	ce66	c-cm	1m	0-0.1 R, cf-o	0.1-0.3 R,nar	0.3-1 R, ocr	1pr(0-0.3), 1g(>0.3)	autop, lad sur
67	ce67	barr	0.5	0-0.1 R, cf-o	0.1-0.3 R,nar	0.3-0.5 R,ocr	1pr(0-0.3), 1g(>0.3)	lad, s 5%
68	ce68	c-cm	1m	0-1 R, neg			0	autop, lad sur
69	se69	c-bm	35		0-10 T,am/ocr	10-35 T,gri	2r/p(0-10), 0(10-35)	bm, norte
70	se70	c-rio	2.5	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-2.5 Rf,ros		2pr	corte río
71	se71	c-rio	1	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-1 Rf, ros		2pr	corte río
72	se72	c-bm	3	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.5 F,ocr	0.5-3 Tsg, ocr	2pr	BM, lad w
73	se73	c-bm	2	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.5 R,ros	0.5-2 Tr, ros	2pr	BM, lad sw
74	se74	c-bm	4	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.6 R,ros	0.6-4 Tr, ros	2pr	BM, lad s
75	se75	barr	0.5	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-0.5 R,roj		1pr	vega río, 5%
76	se76	c río	2			Tf/Tr, ros	2pr	corte río
77	se77	c río	5			Tf/Tr, ros	2pr	corte río
78	se78	c-cm	1	0-0.1 Rf,neg	0.1-0.5 R,ros	0.5-1 Tr,ros/Tsg,gri	2pr	limón, lad 10%
79	se79	c-cm	1.5	0-0.2 Rf,neg	0.2-0.5 R,ros	0.5-1.5 Tsg,gri	2pr	limón, cima
80	se80	c-cm	0.5	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-0.5 R,ros		1pr	c.carr
81	se81	c-cm	1.2	0-0.1 Rf,cf-o	0.1-0.3 R,roj	0.3-1.2 Tsg, gri	2pr	c.carr en pte
82	se82	c-rio	10			Tsg, gri, duro	2pr	c. río
83	se83	c-cm	4	0-0.3 R,cf-o	0.3-1.5 R,roj	1.5-4 Tf, gri	2pr	c.carr. en pte
84	se84	c-can	1.2	0-1.2 R, neg			1pr	canal

expl = profundidad de exploración en metros

Cuadro 4-17. Sitios de muestreo de suelo (Sitio Núm. 40-43 y 85-118, de 118) (Norte y zona Santa Rita-San Alejo)

No.	clave	Tipo	expl	Textura (profundidad en metros)			Pedregosidad	ubicación
40	n40	c-can	2	0-0.2 R,cf-o	0.2-1 R, roj	1-2 Tr, nar/gri	1pr	lad 10%
41	n41	c-can	2	0-0.2 R,cf-o	0.2-1 R, roj	1-2 Tr, nar/gri	1pr	lad 8 %
42	n42	c-bm	3	0-0.3 R,cf-o	0.3-1 R, roj	1-3 Tr, nar/gri	0	BM, lad alta
42	n42b	Sup		0-0.1 R,cf-o			0	cima
43	n43	c-zj	0.6	0-0.2 R,cf-o	0.2-0.6 R,roj		0	cima
85	ri085	c-cm	0.5	0-0.1 Fr,neg	0.1-0.5 Fr,neg	>0.5 roca	3p(0-0.1) 3r(0.1-0.5)	lad 40%
86	ri086	c-bm	0.5	0-0.1 Fr,neg	0.1-0.5 Fr,neg	>0.5 roca	3p(0-0.1) 3r(0.1-0.5)	BM 60%
87	ri087	c-cm	2	0-0.3 Fr,neg	0.3-0.6 F, gri	0.6-2 Tsg,gri	2-3pr.g	cima, carr nte
88	ri088	c-cm	2	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-0.6 R, roj	0.6-2 Tr, nar/gri	1pr	cima, carr nte
89	ri089	c-cm	1	0-0.2 Fr,neg	0.2-0.5 Fr,cf-o	0.5-1 Tsg, gri	2-3pr.g	cima, carr sur
90	ri090	c-cm	1	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-0.6 R, roj	0.6-1 Tr, nar/gri	1pr	cima, carr sur
91	ri091	c-cm	2	0-0.2 Fr,neg	0.2-0.7 R, roj		1pr	cima, cam e
					0.7-0.9 R, ocr	0.9-2 Tr,nar/Tsg,gri		
92	ri092	c-cm	1	0-0.2 Fr,cf-o	0.2-0.5 R rojo		0	cima, cam e
					0.5-0.7 R nar/ocr	0.7-1 Tr,nar/Tsg,gri		
93	ri093	barr	0.5	0-0.1 Fr,cf-o	0.1-0.5 R rojo		0	lad 30%
94	ri094	c-cm	1	0-0.2Fr,cf-o	0.2-0.5 R rojo		0	cima, cam e
					0.5-0.7 R nar/ocr	0.7-1 Tr,nar/Tsg,gri		
95	ri095	sup		0-0.1Fr,cf-o			0	lad 30%
96	ri096	c-rio	15			Tr,nar; Tsg,gri	2pr	corte río, w
97	ri097	sup		0-0.1 R,cf-o			2pr	vega río, e
98	ri098	barr	0.3	0-0.3 R,cf-o			2pr.p	lad 10%
99	ri099	c-zj	0.6	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-0.4 R, roj	0.4-0.6 Tr,nar/Tsg,gri	2pr	llano
100	ri100	c-cm	1.5	0-0.2 Fr,neg		0.2-1.5 Tsg,gri, duro	2pr	lad 10%, c.sur
101	ri101	barr	0.3	0-0.2 Fr,cf-o	0.2-0.3 Rf, nar		2pr	
102	ri102	barr	0.4	0-0.1 Rf,cf-o	0.1-0.4 Fr,gri,nar		2p.pr	lad alta 10%
103	ri103	barr	0.4	0-0.2 Fr,neg	0.2-0.4 S,g; ocr,gri		2p.pr	cima
104	ri104	barr	0.5	0-0.2 Fr,neg	0.2-0.4 S,g; ocr,gri		2p.pr	cima
105	ri105	c-zj	1.5	0-0.3 Rf,cf-o	0.3-1.4 R, roj	1.4-1.5 Tsg, gri	2pr	zanja nte
106	ri106	c-zj	1.5	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-1 R, roj	1-1.5 Tsg, gri	2pr	zanja centro
107	ri107	c-zj	1.5	0-0.2 Rf,cf-o	0.2-0.5 R, roj	0.5-1.5 Tsg, gri	2pr	zanja sur
108	ri108	c-cm	1	0-0.3 R,cf-o	0.3-1 R, roj		2pr	cima
109	ri109	c-rio	15			0.5-15 Tsg,	2pr	corte río, s
110	ri110	c-bm	10	0-0.4 Rf,cf-o	0.4-5 Ts ocr/am		2pr(0-0.4), 0(0.4-5)	BM, lad 30%
					5-7 TF, rosa	7-10Tr/Tsg, rosa/bl duro	2pr (5-10)	
111	ri111	c-cam	0.5	0-0.2 Fr,cf-o	0.2-0.4 Rf,roj	0.4-0.5 Tsg,ocr	2pr	lad 8%
112	ri112	sup		0-0.1 Rf,neg			2pr.p	llano
113	ri113	c-cm	0.7	0-0.4 Rf,neg	0.4-0.7 S,g; ocr		2p	llano
114	ri114	c-can	1	0-0.3 F,neg	0.3-1 Tsg,gri/ocr, duro		2pr	lad 5%
115	ri115	c-can	1	0-0.3 F,neg	0.3-1 Tsg,gri/ocr, duro		2pr	llano
116	ri116	c-can	1	0-0.2 F,neg	0.3-1 Tsg,gri/ocr, duro		2pr	llano
117	ri117	sup		0-0.1 F,neg	>0.1 Tsg,gri/ocr, duro		aflor. Tsg duro, 2pr	lad 10%
118	ri118	sup		0-0.1 Fr,cf-o			2pr	

expl = profundidad explorada en metros

Cuadro 4-18. Clave de descripción de perfiles

clave pedregosidad	
0	Ausente
1	Escasa
2	Abundante
3	mas piedra que suelo
G	Gravilla
Pr	piedra redonda
P	piedra angular
R	rocas (>1m diam)
tipo perfil	
barr	hecho c barrenador
c-bm	banco materiales
c-can	corte por canal
c-cm	corte camino
c-rio	corte natural por río
c-zj	zanja excavada
sup	Superficial

clave textura	
S	Arena
L	Limo
R	Arcilla
F	Franco
Rf	arcilla francoso
Fs	franco arenoso
Fr	franco arcilloso
G	Gravilla
T	Tepetate
Tr	tepetate arcilloso
Ts	tepetate arenoso
Tsg	t. Arenoso- gravoso
Tf	tepetate francoso
am	Amarillo
bl	Blanco
Cf-c	café claro
Cf-o	café oscuro
gri	Gris
nar	Naranja
neg	Negro
ocr	Ocre
roj	Rojo
ros	Rosa

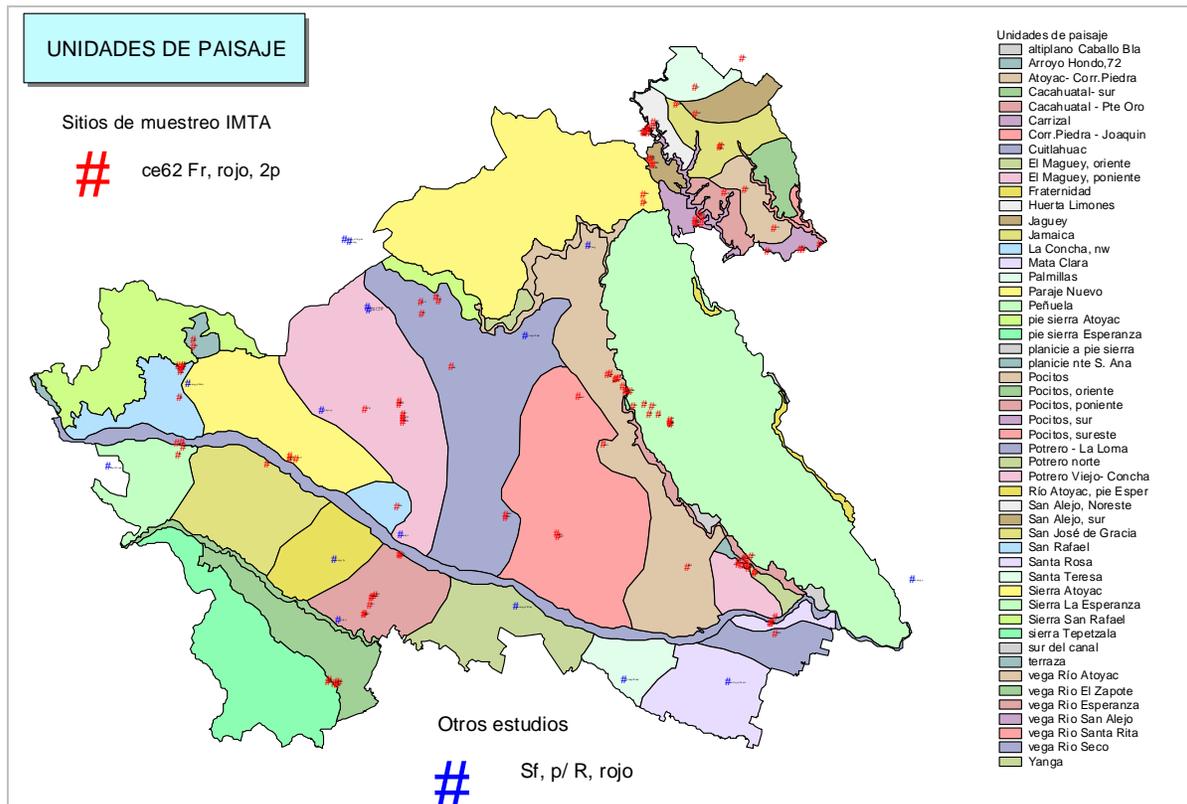


Figura 4-19. Mapa de unidades de paisaje

Cuadro 4-19. Unidades de paisaje en la zona de estudio

No.	Unidad de paisaje	Clave	Unidad	Unidad R y T	Muestras	Superficie (ha)	% Zona
1	San Rafael	Fr/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	04,05,07-09	327.79	1.55
2	Peñuela	R-neg/R-rosa/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	13	388.85	1.84
3	Paraje Nuevo	R-neg/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	15-17	846.91	4.01
4	San José de Gracia	R-neg/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	14	728.85	3.45
5	Cacahuatal-sur	R-neg/R-ocr(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	34-38	490.93	2.33
6	cacahuatal – Pte. Oro	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	28-33	500.93	2.37
7	Planicie nte. S. Ana	R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	01,02	62.64	0.30
8	Potrero Viejo-Concha	R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	18-24	1,453.06	6.88
9	La Concha nw	FS-neg(P,g)	Lomerío	Lomerío Potrero	25	128.87	0.61
10	Fraternidad	F-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	399.61	1.89
11	Potrero- La Loma	R-rojo	Lomerío	Lomerío Potrero	40-43, 64-65	1,653.18	7.83
12	Corr. Piedra Joaquín	Fr/R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	62,66,67	1,618.51	7.67
13	Pie Sierra Atoyac	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	109.61	0.52
14	Potrero Norte	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	43.00	0.20
15	Atoyac- Corr. Piedra	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	44-50, 63,68	1,314.11	6.22
16	Planicie a pie de sierra	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	22.23	0.11
17	Cuitlahuac	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	84	250.35	1.19
18	Arroyo hondo, 72	Rf-cf/F-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	72	16.22	0.08
19	Pie Sierra Esperanza	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	51	4.02	0.02
20	El Maguey, poniente	R-rosa(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	73,74	175.41	0.83
21	El Maguey, oriente	R-neg/R-rosa/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	78,79	48.47	0.23
22	Planicie a pie de sierra	R-neg/R-rosa/Tsg (P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	22.92	0.11
23	Santa Rosa	R-rojo/Tf-gri(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	81,83	78.12	0.37
24	Yanga	R-neg/R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	540.83	2.56
25	Palmillas	R-neg/R-rojo	Lomerío	Lomerío Potrero	0	243.55	1.15
26	Mata Clara	Fr/R-ocr(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	529.35	2.51
27	Vega Río Atoyac	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	124.51	0.59
28	Vega Río Esperanza	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	68.24	0.32
29	Vega Río Esperanza	R-rosa(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	70,71	48.50	0.23
30	Vega Río Seco	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	10-12,82	546.85	2.59
31	Vega Río El Zapote	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	99.77	0.47
32	Santa Teresa	Fr/R-rojo(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	101	172.29	0.82
33	Jagüey	RF-cf/F-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	102	167.38	0.79
34	Jamaica	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	100,103,104	275.51	1.30
35	San Alejo, Noreste	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	98,99	108.62	0.51
36	Pocitos, poniente	Fr/R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	110,111	136.16	0.64
37	Pocitos	R-neg/Tsg-ocr(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	112,113	181.62	0.86
38	Pocitos, oriente	R-neg/Tsg-ocr(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	148.23	0.70
39	Pocitos, sur	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	114-116	59.31	0.28
40	Pocitos, sureste	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	17.49	0.08
41	Huerta limones	Tsg-gri(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	117	0.31	0.00
42	San Alejo, sur	Fr/R-rojo/Tsg	Lomerío	Temporal S. Rita	91-95	65.02	0.31
43	Carrizal	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	105-108	80.25	0.38
44	Sur del canal	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	2.59	0.01
45	Altiplano Caballo Blanco	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Sierras Esperanza	0	5.21	0.02
46	Vega Río Santa Anita	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	40.99	0.19
47	Vega Río San Alejo	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	97,109	83.87	0.40
48	Río Atoyac, pie sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Sierra	Sierra Esperanza	0	16.19	0.09
49	Río Atoyac, sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Sierra	Sierra Esperanza	0	46.79	0.22

No.	Unidad de paisaje	Clave	Unidad	Unidad R y T	Muestras	Superficie (ha)	% Zona
50	Sierra San Rafael	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra San Rafael	03,06	743.30	3.52
51	Terraza	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra San Rafael	0	18,81	0.09
52	Sierra Atoyac	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Atoyac	85,86	1,776.90	8.42
53	Sierra La Esperanza	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Esperanza	52-61	3,087.44	14.64
54	Sierra Tepetzala	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Tepetzala	39	993.36	4.71

Superficie de caña de azúcar por Unidad de paisaje

En el **cuadro 4-20** se puede observar la superficie de caña ubicada sobre las unidades de paisaje, lo cual nos da una idea de las condiciones edafológicas en donde están establecidas y el manejo que se debe realizar para este sistema de producción.

Cuadro 4-20. Caña de azúcar por unidades de paisaje en la zona de estudio

No.	Unidad de paisaje	Clave	Unidad	Unidad R y T	Muestras	Caña de azúcar (ha)	Caña bajo nivel (ha)
1	San Rafael	Fr/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	04,05,07-09	220.54	0.00
2	Peñuela	R-neg/R-rosa/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	13	251.12	0.00
3	Paraje Nuevo	R-neg/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	15-17	551.66	5.14
4	San José de Gracia	R-neg/R-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	14	522.80	4.10
5	Cacahuatal-sur	R-neg/R-ocr(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	34-38	341.11	2.20
6	cacahuatal – Pte. Oro	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	28-33	222.06	0.00
7	Planicie nte. S. Ana	R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	01,02	78.06	0.26
8	Potrero Viejo-Concha	R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	18-24	1,150.11	48.27
9	La Concha nw	FS-neg(P,g)	Lomerío	Lomerío Potrero	25	108.03	0.00
10	Fraternidad	F-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	212.53	0.33
11	Potrero- La Loma	R-rojo	Lomerío	Lomerío Potrero	40-43, 64-65	1,045.87	35.42
12	Corr. Piedra Joaquín	Fr/R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	62,66,67	1,164.03	0.00
13	Pie Sierra Atoyac	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	67.31	1.82
14	Potrero Norte	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	9.52	0.86
15	Atoyac- Corr. Piedra	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	44-50, 63,68	876.58	7.23
16	Planicie a pie de sierra	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	0	14.92	0.45
17	Cuitlahuac	R-neg	Lomerío	Lomerío Potrero	84	107.78	0.00
18	Arroyo hondo, 72	Rf-cf/F-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	72	11.35	0.00
19	Pie Sierra Esperanza	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	51	2.63	0.27
20	El Maguey, poniente	R-rosa(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	73,74	72.99	0.17
21	El Maguey, oriente	R-neg/R-rosa/Tsg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	78,79	10.38	0.00
22	Planicie a pie de sierra	R-neg/R-rosa/Tsg (P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	1.93	0.00
23	Santa Rosa	R-rojo/Tf-gri(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	81,83	23.25	0.00
24	Yanga	R-neg/R-rojo(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	207.12	4.07
25	Palmillas	R-neg/R-rojo	Lomerío	Lomerío Potrero	0	139.94	0.00
26	Mata Clara	Fr/R-ocr(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	269.25	2.59
27	Vega Río Atoyac	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	13.95	4.61
28	Vega Río Esperanza	R-neg(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	31.94	2.43
29	Vega Río Esperanza	R-rosa(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	70,71	10.42	0.04
30	Vega Río Seco	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	10-12,82	121.66	3.31
31	Vega Río El Zapote	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Lomerío Potrero	0	35.51	0.00
32	Santa Teresa	Fr/R-rojo(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	101	69.71	7.23
33	Jagüey	RF-cf/F-ocr/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	102	54.35	0.00
34	Jamaica	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	100,103,104	64.14	0.00

No.	Unidad de paisaje	Clave	Unidad	Unidad R y T	Muestras	Caña de azúcar (ha)	Caña bajo nivel (ha)
35	San Alejo, Noreste	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	98,99	24.72	2.07
36	Pocitos, poniente	Fr/R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	110,111	30.24	0.99
37	Pocitos	R-neg/Tsg-ocr(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	112,113	57.60	1.90
38	Pocitos, oriente	R-neg/Tsg-ocr(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	17.78	0.00
39	Pocitos, sur	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	114-116	21.01	0.00
40	Pocitos, sureste	F-neg/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	1.54	0.00
41	Huerta limones	Tsg-gri(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	117	2.14	0.00
42	San Alejo, sur	Fr/R-rojo/Tsg	Lomerío	Temporal S. Rita	91-95	2.14	0.00
43	Carrizal	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	105-108	16.01	0.40
44	Sur del canal	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	1.85	0.00
45	Altiplano Caballo Blanco	R-rojo/Tsg(P)	Lomerío	Sierras Esperanza	0	2.21	0.00
46	Vega Río Santa Anita	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	0	0.04	0.00
47	Vega Río San Alejo	Fs-neg/roca(P)	Lomerío	Temporal S. Rita	97,109	1.45	0.00
48	Río Atoyac, pie sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Sierra	Sierra Esperanza	0	1.84	0.07
49	Río Atoyac, sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Sierra	Sierra Esperanza	0	1.22	0.00
50	Sierra San Rafael	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra San Rafael	03,06	7.32	0.00
51	Terraza	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra San Rafael	0	22.04	0.00
52	Sierra Atoyac	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Atoyac	85,86	145.67	60.67
53	Sierra La Esperanza	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Esperanza	52-61	352.71	79.11
54	Sierra Tepetzala	Fr-neg/roca(3P)	Sierra	Sierra Tepetzala	39	51.66	4.40
						8,843.98	280.41

Este cuadro permite conocer cual es la superficie ubicada de caña de azúcar por unidad de paisaje que nos indica de acuerdo a las características de la unidad las condiciones por textura, pedregosidad y gravosa. La superficie mayor de caña esta ubicada en las unidades de paisaje, los cuales tienen textura fina y presentan condiciones de pedregosidad, estos elementos deben de ser considerados en los programas de mecanización de la caña, y en el manejo de cosechadoras y alzadoras de la caña, así como en las recomendaciones de fertilización y labores culturales.

4.2.2.4 Aspectos hidrológicos

Ordenamiento Hidrológico

La zona de estudio se ubica en la Región Hidrológica 28 Papaloapan la cual drena hacia el Golfo de México, esta región abarca gran parte de la porción centro-sur de Veracruz, las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por algunas elevaciones de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico (el cofre del Perote y el Pico de Orizaba), las cuencas que la conforman son: "A Río Papaloapan" y B "Río Jamapa y Otros", y presenta una superficie mayor en la Cuenca B – Río Jamapa y Otros Subcuenca a Río Atoyac con una superficie de 19,340.40 ha (91.60%) y la Otra Cuenca es la A Papaloapan Subcuenca v. Río Blanco con una superficie de 1,774,13 ha (8.40%), esto se puede observar en la **figura 4-20** y **cuadro 4-21**.

Cuadro 4-21. División hidrológica en la zona de estudio

Región	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	% Zona
RH 28 Papaloapan	B Río Jamapa y Otros	a Río Atoyac	19,340.30	91.60
RH 28 Papaloapan	A Río Papaloapan	v Río Blanco	1,774.13	8.40
Totales			21,114.43	100

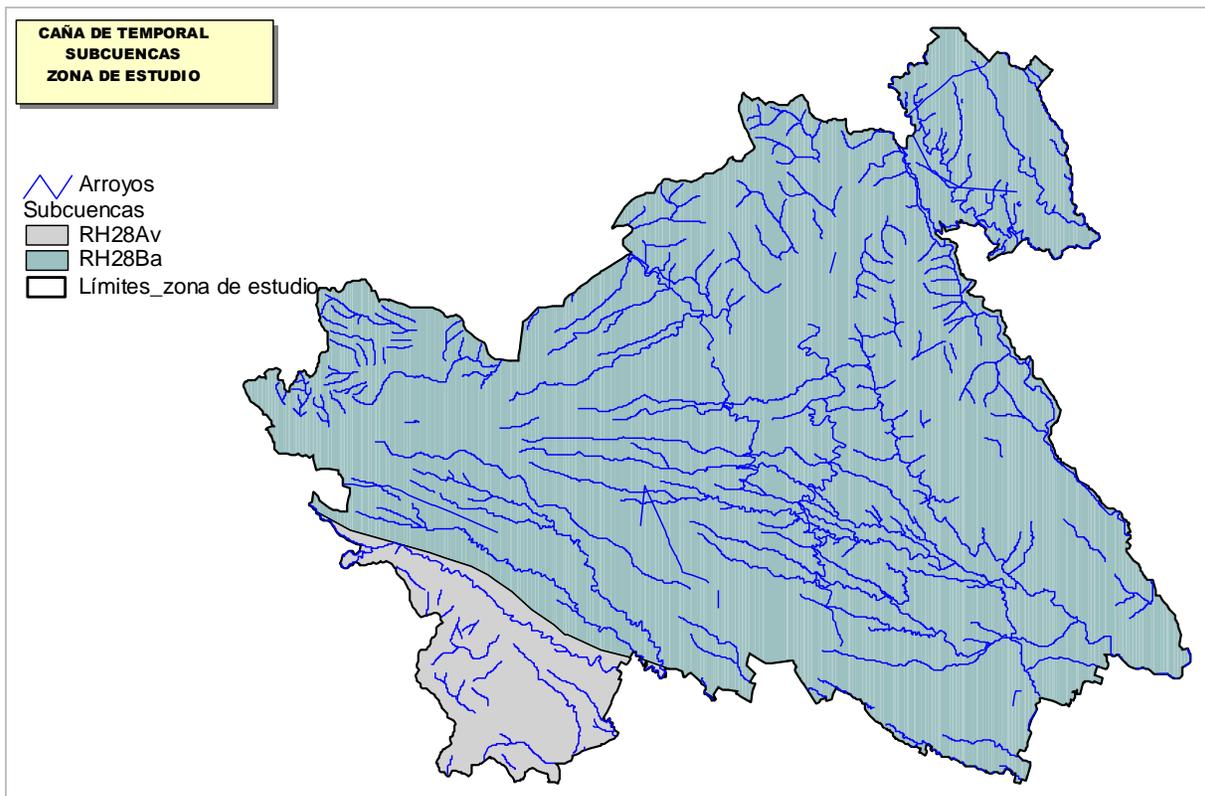


Figura 4-20. División hidrológica en la zona de estudio

La superficie de caña de azúcar que se encuentra ubicada por cuenca hidrológica es la que aparece en el **cuadro 4-22**. Por su ubicación hidrológica y debido a que la subcuenca del río Atoyac tiene mayor superficie, esto se refleja en la superficie con caña, de donde se observa que tiene 5'776.26 ha, y la del Río Blanco sólo.

Cuadro 4-22. Caña de azúcar por subcuencas

Región	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	% Zona
RH 28 Papaloapan	B Río Jamapa y Otros	a Río Atoyac	5,776.26	91.43
RH 28 Papaloapan	A Río Papaloapan	v Río Blanco	541.07	8.57
T o t a l e s			6,317.33	100



Figura 4-21. Parteaguas de la cuenca del Río Blanco en la zona de estudio

La cuenca del río Jamapa se ubica en los 18°45' y 19°13' latitud norte y 96°17' 97°16' longitud oeste. Con una extensión de 3,912 km², se ubica completamente en el estado de Veracruz. Tiene dos grandes corrientes la del Río Jamapa y Cotaxtla, la del río Cotaxtla drena 1,679 km² y nace en los límites entre Puebla y Veracruz, a 5,700 msnm, se le conoce como barranca de Chocaman, fluyendo en dirección oriente a través de terrenos con topografía accidentada y fuertes corrientes que provienen de las laderas nororiental del pico de Orizaba, cerca de Coscomatepec de Bravo se desvía al sureste 25 Km. y captando corrientes a la altura de Córdoba con dirección este-sureste cambia al río seco, recorriendo 22 Km. en terrenos para cultivo, bordea el cerro Chiyoltuite y fluye por su margen izquierdo del Río Atoyac.

El Río Atoyac tiene su origen a 10 Km. al norte de Córdoba, en el cerro loma grande a 1,750 msnm con dirección sureste recorriendo una topografía accidentada, se encuentra en este tramo la presa derivadota Santa Anita de la que por la margen derecha parte el canal principal que abastece al sistema de riego El Potrero. A cuatro kilómetros de la derivadora en dirección noreste bordeando cerros la penca y chiquihuite pasa por Atoyac y 1.5 Km. aguas abajo fluye por la margen izquierda el arroyo chiquihuite, y a 11.5 Km. fluye al colector general a 450 msnm como río Atoyac en esta confluencia desvía su curso al oriente y fluye por terrenos de lomerío hasta la afluencia por la margen izquierda del arroyo paso del Macho, este afluente nace en la población Paso del Macho a 500 msnm.

A 4.5 Km. aguas debajo de la confluencia anterior fluye por la margen derecha el arroyo cuatro caminos que nace a un kilómetro al sureste de Yanga, a través de terrenos de lomerío aprovechadas

para cultivos y en zonas de topografía plana cambia en dirección noreste hasta su afluencia al río Atoyac.

Por su posición geográfica, al pie de la Sierra de Atoyac, el sitio de estudio se encuentra drenado por cinco corrientes principales, que en general corren en dirección al oriente de forma paralela, separadas por un saliente de la Sierra de Atoyac que corre en esa misma dirección; las corrientes referidas son: los ríos Seco y Atoyac y los arroyos Zapote, Hondo y Santa Rita.

Esta red fluvial forma parte del sistema que recoge las aguas provenientes de la vertiente oriente del volcán Pico de Orizaba y aumenta su caudal en el pie de monte por las corrientes temporales y permanentes que descargan hacia el sistema fluvial que posteriormente forma el complejo hidrológico Atoyac – Cotaxtla - Jamapa.

Ríos principales

Los ríos principales son los siguientes:

Río seco. El Río seco nace en el límite entre Puebla y Veracruz, en la barranca de Chocamán, fluye en dirección oriente y cerca de Coscomatepec cambia hacia el sudeste donde drena las aguas del arroyo Juan Antonio, provenientes del norte de la ciudad de Córdoba. A partir de aquí cambia de dirección nuevamente hacia el oriente hasta llegar a la altura del poblado de Santa Rosa (División del Norte), ubicado al extremo sur de la saliente de la Sierra de Atoyac. En este punto recibe, por margen izquierda, al arroyo Hondo, que drena la planicie formada entre las poblaciones de Peñuela, Potrero Nuevo y Cuitláhuac. Dos kilómetros adelante, al norte de la población de Cuitlahuac, cambia su curso en dirección noreste y en las inmediaciones de la comunidad de Mezcala se une al Río Atoyac por su margen derecha.

Río Atoyac. El Río Atoyac, nace aproximadamente a 10 Km. al noreste de la ciudad de Córdoba, a partir de tres corrientes que bajan de los cerros Peña de Agua y Peña Blanca, entre los 1,000 y 1,300 msnm corre en dirección al este por aproximadamente 2 Km., en los que recibe varios escurrimientos por su margen izquierda, principalmente los provenientes de San José de los Naranjos, Cañada Blanca y Manzanillo, hasta llegar a la altura de Miraflores, en donde cambia su recorrido en dirección al sudeste hasta llegar a la presa derivadora de Santa Anita. En este punto, por margen derecha se desvía parte de su caudal hacia el canal principal que alimenta al Ingenio El Potrero y al sistema de riego ubicado entre las poblaciones de Miguel Alemán (Potrero Nuevo), Yanga, La Concha y San Joaquín.

Aguas abajo de la presa, la corriente menguada del Río Atoyac, sigue su curso original y nuevamente por margen izquierda recibe los escurrimientos del cerro La Perla y otras corrientes efímeras provenientes de Vara Negra, pasa al norte de la población de Atoyac y al pie del cerro Chiquihuite forma una cascada, posteriormente recibe las descargas de un nacimiento, ubicado al sur de la comunidad de Buenos Aires y del arroyo Canaletas. En este nacimiento se desvía parte de su cauce para surtir de agua potable a las poblaciones de Paso del Macho y Pocitos - Cañamazo. Otra parte importante se desvía para la Unidad de Riego Alfredo V. Bonfil y el cauce principal cambia su dirección hacia el sureste, donde recibe las corrientes efímeras de La esperanza y Remudadero; a la altura del poblado Manantial cambia su dirección hacia el este para recibir, a la altura del poblado de Mezcala, por margen derecha al Río Seco y un kilómetro aguas abajo, por margen izquierda recibe a los arroyos Ervira y La Mojarra. Un kilómetro más abajo, también por margen izquierda se le unen los

arroyos Santa Rita y El Nacimiento. Continúa en dirección oriente y aguas abajo se le une, por la izquierda, el arroyo Paso del Macho, que nace al sur de esta población.

Aguas abajo, por margen derecha se le unen los arroyos Tecomate, Azul y Cara Sucia que drenan la zona de Cuitlahuac, Arroyo Azul y el Palmar y el afluente Cuatro Caminos, formado por la unión de los arroyos Tepachero, El Zapote y Tizapa, los cuales drenan la parte sur y sureste de las poblaciones de San José de Gracia, Yanga y Palmillas. Después de esta confluencia, ya fuera del sitio de estudio, el Río Atoyac cambia su nombre por el de Cotaxtla, debido a que pasa cerca de la población del mismo nombre y aproximadamente a 40 Km. aguas abajo, recibe al arroyo Juan de Alfaro, por margen derecha y al Guasimal, por margen izquierda, hasta que en el poblado de Dos Bocas se une con el Río Jamapa y descarga finalmente en el poblado de Boca del Río con el nombre de esta última corriente.

El Río Atoyac y sus afluentes, agrícolamente son muy importantes para el sitio de estudio ya que el gasto hidráulico medido por la CNA, a la altura de Dos bocas es de 4.0 m³/segundo, aún después de que sus aguas se aprovechan para irrigar gran parte de los terrenos de cultivo que abastecen al Ingenio El Potrero y aguas abajo son utilizadas por pequeños sistemas de bombeo y de los altos índices de contaminación que presenta en algunos de sus afluentes (Río Seco).

Arroyos

Los Arroyos que se ubican en la zona de estudio son los siguientes:

- El Arroyo hondo se une al Río Seco antes de llegar a la población de El Maguey.
- El Arroyo Ervira se une al Río Atoyac, así como el Arroyo La Mojarra, los dos pasan por la población de Palo Mulato y son corrientes perennes; Entra las corrientes intermitentes se encuentran los Arroyos Santa Rita, El Nacimiento, Paso del Macho, Paso Grande y Nixtamal las cuales también se unen al Río Atoyac.
- El Arroyo Tepachero que sale de la ciudad de Córdoba pasando por San José de Gracia (Manuel León), Emiliano Zapata, Cacahuatal, de donde toma el nombre de El Zapote pasando por San José del Corral (Juan José Baz), San José de Abajo (Ignacio Vallarta) y Rincón Zapote

Cuerpos de Agua

En la zona de estudio no se apreciaron cuerpos de agua de tamaño considerable, en la cartografía sólo se aprecian cuatro de estas unidades.

Presas o estructuras de almacenamiento

En la parte alta de la cuenca sobre el río Atoyac se sitúa la presa derivadora Santa Anita que abastece el sistema de riego el Potrero.

4.2.2.5 Aspectos técnico productivos

4.2.2.5.1 Uso del suelo

Usos del suelo y vegetación. Al analizar el uso del suelo en estas dos zonas, se observa que la mayor parte de la superficie se encuentra dominada por cultivos anuales como la caña de azúcar y en menor grado por praderas, frutales y plantaciones de cítricos y cafetales y la vegetación nativa que es Selva Baja Caducifolia (Ilanura) y Selva Mediana Subperennifolia (Iomerío).

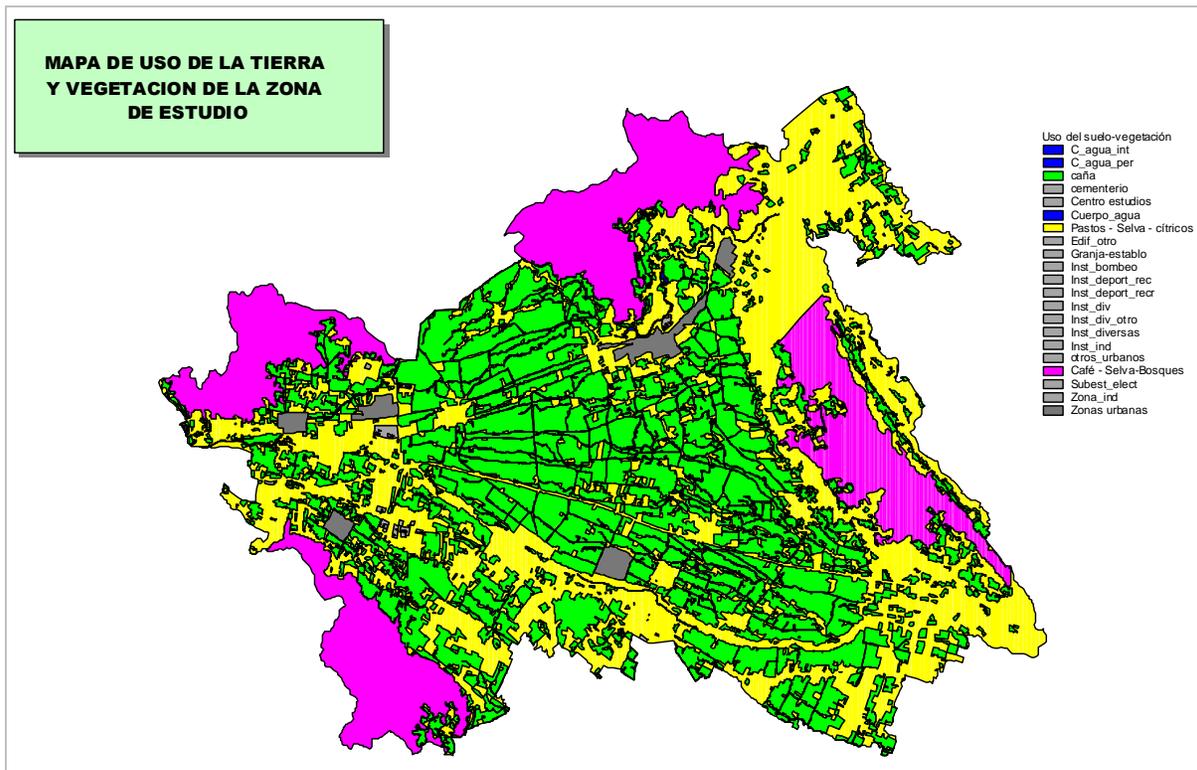


Figura 4-22. Usos del suelo y vegetación

Cuadro 4-23. Usos del suelo y vegetación

Cultivos	Superficie (ha)	% zona de estudio
Café, Selva mediana perennifolia y Bosques	4,379.82	20.86
Caña de azúcar	8,450.00	40.29
Cítricos, cultivos agrícolas, pastos y selva baja caducifolia	7,646.34	36.41
Cuerpos de agua	35.19	0.16
Urbano	315.48	1.50
Otros instalaciones de servicios	173.17	0.78
T o t a l e s	21,000.00	100%

4.2.2.5.2 Sistemas de producción de la zona de estudio

Los usos del suelo identificados muestran que en la zona de llanura ubicada al oriente de la zona de estudio, en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, la ganadería, y la agricultura diferente a caña de

azúcar, se consideran de subsistencia y es a base de ovinos, aves, bovinos de doble propósito, papaya, maíz, y frutales (mango y limón persa), pero en la parte media, en los municipios de Atoyac, Yanga y Cuitlahuac, donde se cuenta con riego, los cultivos predominantes son cítricos, mango y caña de azúcar. En muy pocos casos se encuentran algunas pequeñas explotaciones de mojarra Tilapia.

En la parte limítrofe del sitio de estudio, hacia la zona de lomerío, en el sur del municipio de Paso del Macho, parte de la Sierra de Atoyac, la parte alta de los municipios de Cuitlahuac, Yanga y el sudeste del municipio de Córdoba, junto con la caña de azúcar, se encuentran plantaciones de café, maíz, frijol y chayote.



Figura 4-23. Sistemas de producción de la zona de estudio

La caña de azúcar se siembra en mas del 75% de la superficie estudiada, tanto en riego como en temporal. Algunos otros cultivos, como hortalizas, se siembran de manera ocasional y a veces representan una buena opción económica para los productores, aunque el uso indiscriminado de herbicidas dificulta su cultivo.

La ganadería, presente en la zona oriental del área de estudio, cada vez va adquiriendo mayor importancia a costa de la superficie dedicada a frutales y de la cada vez mas escasa vegetación natural, principalmente a partir de praderas inducidas de los zacates privilegio, estrella, jaragua y pangola y en mayor proporción de pastos nativos, aunque el manejo es extensivo y se encuentra seriamente afectado por la escasa humedad en la temporada de estiaje, en la gran mayoría de los casos.

Las prácticas agrícolas utilizadas son la mecanización, el riego, la fertilización, aplicación de agroquímicos y en algunos casos la utilización de semillas mejoradas. Sin embargo, aparte del cultivo de caña de azúcar, estas no se aplican de manera adecuada u oportuna.

La tracción utilizada en las labores es mixta, con predominancia del uso de la tracción mecánica, principalmente en labores de preparación para la siembra. Las prácticas de riego se utilizan en su mayoría para el cultivo de la caña de azúcar. Como ya se hace mención, los agroquímicos se usan de manera diversificada aunque escasa en cuanto a volumen y se concentran en los cultivos comerciales y de alto valor económico como caña de azúcar, cítricos y papayo.

La fuerza de trabajo empleada en las unidades de producción es familiar y asalariada. La de tipo familiar se utiliza a lo largo de todo el ciclo productivo y la segunda en los períodos pico de siembra y cosecha. La mayoría de los productores venden ocasional, temporal o intermitentemente su fuerza de trabajo dentro de sus mismas comunidades.

En cuanto a la estructura agraria en el sitio de estudio, predomina la propiedad ejidal con el 95% de la superficie de labor. El uso del suelo en este régimen de propiedad es predominantemente de caña de azúcar, con un 75% de la superficie total y solo el 25% es de cultivos perennes, praderas y pastos cultivados, utiliza menor cantidad de tracción mecánica y realiza menos gastos por unidad de superficie pero tiene mayor potencial de fuerza de trabajo no asalariada, lo que le permite depender menos de jornaleros, excepto en periodos pico, como cosecha o siembra.

La pequeña propiedad, con el 5% de la superficie, además de la caña de azúcar, presenta mas terreno ocupado por pastos y praderas cultivadas, así como por frutales y plantaciones, una mayor mecanización de las labores y gastos en insumos y mano de obra asalariada, pero también mejores rendimientos y calidad de sus productos, lo que les permite ser más competitivos al momento de la comercialización.

Vegetación

La vegetación original del sitio, es importante desde el punto de vista de que sirve como indicadora de ciertas características y comportamiento de los elementos del medio físico, entre los que sobresalen el clima y el suelo y de las interrelaciones que se presentan entre estos, pertenece a los tipos descritos por Miranda y Hernández X, como Selva Baja Caducifolia (Llanura) y Selva Mediana Subperennifolia (lomerío).

La Selva Baja Caducifolia, se encuentra en la llanura, por debajo de los 800 msnm, en donde se presentan los tipos climáticos Aw (cálidos subhúmedos), con precipitaciones menores a los 1,500 mm anuales y temperaturas mayores a los 22° C, la temperatura seca es muy marcada y dura hasta 7 meses.

En esta zona el relieve es plano y los suelos son poco profundos, pedregosos y de textura arcillosa, el drenaje interno va de deficiente a moderado. Las comunidades arbóreas por lo general presentan espinas (huizache) y hojas compuestas. Como su nombre lo indica, pierden sus hojas durante la época seca. La presencia de cactáceas como *Acanthocereus*, *Cephalocereus*, *Neobuxbania*, *Nopalea* y *Opuntia*, es notable.

Los componentes arbóreos más característicos en este tipo de vegetación son: *Tabebuia rosea*, *Crescentia alata*, *Ceiba aesculifolia*, *Acacia farnesiana*, *Spondias sp.*, *Cordia dodecandra*, *Ipomoea arborescens*, *Celtis iguanaea*, *Cochlospermum vitifolium*, *Lysiloma acapulcensis*, *Piscidia comunis*.

Selva Mediana Subperennifolia. En este tipo de vegetación entre el 25 y el 50% de los árboles pierden sus hojas en la época mas seca del año coincidiendo con la floración de varias especies. Se encuentra en la zona de lomerío, circundante a la Ciudad de Córdoba y en la parte baja de la Sierra de Atoyac, hasta los 1,000 msnm. En estos sitios la topografía es quebrada con pendientes que llegan a alcanzar hasta un 40% o más. El suelo es de origen sedimentario, constituido principalmente por calizas y arcillas oscuras someras, con alto contenido de carbonato de calcio y pedregosidad aflorante. En la parte baja de las microcuencas se concentran las partículas finas y medias que fueron transportadas por las corrientes provenientes de las partes altas; dando origen a suelos de textura media con una fertilidad moderada. Debido a estas características, al subsuelo pedregoso y a la pendiente, el drenaje es rápido.

El clima en el que prospera este tipo de vegetación es cálido subhúmedo con precipitaciones promedio mayores a 1,500 mm anuales y 4 meses de sequía al año. Los estratos arbóreos presentan tres niveles: a) el superior de hasta 30 m de altura formado por árboles dominantes de copas amplias y frondosas; b) el medio de 10 a 20 m, de altura con orquídeas, bromelias y epífitas de varios géneros, y c) el estrato bajo constituido por especies del sotobosque, especies herbáceas y arbustivas entre las que predominan palmas del género *Chamaedorea spp.*, bejucos y lianas. Las principales especies presentes están representadas por: *Brosimum alicastrum*, *Bernoullia flammea*, *Astronium glaveolens*, *Bursera simaruba*, *Sckingia salvadorensis*, *Coccoloba barbadensis*, *Robinsonella mirandae*, *Acras zapota*, *Manilkara zapota*, *Cedrela odorata*, *Ficus spp.*, *Tabebuia rosea*, *Inga sp.*



Figura 4-24. Vegetación de la zona de estudio

4.2.2.5.3 Aspectos socioeconómicos

El análisis socioeconómico de los productores de caña de azúcar considerados de bajo rendimiento se realizó a través de una investigación de campo a partir de una muestra representativa de ese sector social y se obtuvo un resultado que no ha tenido antecedentes hasta el momento, dado que los estudios que abordan la misma temática han abarcado a otros sectores, más extensos generalmente, y ubicados también en lugares distintos.

El universo total de productores de caña es de 6,059 personas, de los cuales 5,389 producen en condiciones de temporal y de ellos 345 son considerados de bajo rendimiento. Se delimitó un área de estudio en 15 zonas de las 22 en que el ingenio ha dividido su área de abastecimiento y dentro de esa delimitación hay 242 productores de bajo rendimiento, habitantes de 75 localidades de 6 municipios del estado de Veracruz.

La investigación siguió las etapas de gabinete y campo en forma alternada y colateral para fortalecer la delimitación de los puntos de investigación documental y de campo. En la investigación documental se consultaron dos tipos de información, la primera fue la información general proporcionada por el ingenio El Potrero y la relacionada con la producción cañera, con ese ingenio y con los productores de caña en diversas fuentes bibliográficas, hemerográficas, memorias de foros, páginas Web y otra publicaciones.

El segundo tipo de información fue la de carácter censal y estadístico, consistente en los censos generales de población y vivienda y en el padrón de productores de caña del ciclo 2004-2005 y 2005-2006. Con la información seleccionada se acotaron los temas de investigación documental subsecuentes y se afinaron los temas de investigación de campo.

En el aspecto de la investigación de campo se estructuró una guía de campo para un reconocimiento inicial del área de estudio en áreas de cultivo, asentamientos humanos y de las características generales de los sectores de la población.

Posteriormente se integraron temarios para recolectar información a través de entrevistas y observación dirigida a informantes calificados como técnicos y funcionarios del ingenio, representantes de las organizaciones de productores, autoridades municipales y agrarias, investigadores de centros académicos e investigación, técnicos e investigadores de dependencias públicas y otros que potencialmente aportaran información sobre la temática.

Como parte del contexto social de los productores de caña se hizo investigación de campo a través de la entrevista con productores de otros cultivos o mixtos, es decir, que cultivaran caña y otros productos. Se estructuró un temario de investigación sobre los productores de baja productividad, objeto-sujeto central de la investigación y se definió un instrumento de recolección de datos cuantitativos y cualitativos para ser aplicado a través de una entrevista a una muestra de informantes.

Se determinó una muestra del 12.39% estratificada en torno a una subdivisión interna de los rendimientos individuales de los productores y se determinó aleatoriamente su distribución y correspondió a 30 productores de 14 localidades pertenecientes a 5 municipios. Se realizó una prueba piloto del instrumento de entrevista y tras hacer las adecuaciones necesarias se procedió a su aplicación.

La información documental y de campo fue registrándose gradualmente conforme se obtuvo y posteriormente se cuantificaron los datos numéricos y se establecieron subtemas de asociación para agrupar los datos cualitativos, establecer comparación de resultados generales y parciales y esbozar las primeras conclusiones. La información documental de carácter estadístico y del resto de los temas conformó el contexto general de las conclusiones obtenidas en la investigación de campo y finalmente se siguió un método de exposición en el que se muestra el contexto general de los productores de caña, basado principalmente en la investigación documental y posteriormente los resultados de la investigación de campo, que hacen alusión específica a los productores de bajo rendimiento. El instrumento empleado para realizar las encuestas a la muestra de productores y sus resultados se muestra en el **anexo 2**.

Indicadores socioeconómicos del área de abastecimiento del ingenio El Potrero

El área estudiada de los lugares que abastecen al ingenio El Potrero se compone de 159 localidades de los municipios de Amatlán de los Reyes, Atoyac, Cuitlahuac, Paso del Macho, Yanga y Córdoba, Todos en el estado de Veracruz. En esas localidades residen los productores y sus familias, cuyo nivel de rendimiento abarca todos los rangos. En el caso de los productores de bajo rendimiento se ubican también en localidades de todos los municipios pero se concentran más en torno a los terrenos más inclinados y en las inmediaciones de las instalaciones del ingenio. Son 154 localidades básicamente rurales, su población es menor a 1,000 habitantes y 15 las que tienen poblaciones que superan los 1,000 habitantes y de ellas las poblaciones más urbanizadas por ser los centros de población mayores son Potrero Nuevo o General Miguel Alemán, en el municipio de Atoyac con 13,880 habitantes y Cuitlahuac, municipio de igual nombre, con 12,059 habitantes. En las 159 localidades habita una población de 72,358 personas, mayoritariamente de sexo femenino, que representa el 52% y las personas de sexo masculino el 48%

Antecedentes generales de los productores de caña

El rendimiento promedio de la producción de caña de azúcar en el ingenio El Potrero en la zafra de 2005-2006 fue de 77.34 ton. por hectárea y se considera que el rendimiento bajo corresponde a una producción de 35 ton. por hectárea o menos. Las parcelas que tienen un bajo rendimiento en la producción de caña de azúcar corresponden a una parte minoritaria de aquellas que están bajo régimen de temporal. Hay 5,389 parcelas que carecen de riego y están en manos de 3,472 productores. Estas parcelas constituyen la mayoría de las que abastecen al ingenio y tienen rendimientos productivos diversos. Aquellas que tienen baja productividad son 592, es decir, el 10.98%. Así también, este sector de parcelas está en poder de 345 productores cañeros que representan el 9.93% del total de los productores que tienen parcelas de temporal y son habitantes de 75 localidades de los municipios de Atoyac, Amatlán de los Reyes, Carrillo Puerto, Cuitlahuac, Paso del Macho y Yanga, en el estado de Veracruz. El área de abastecimiento del ingenio El Potrero se subdivide en 5 divisiones y éstas en 22 zonas denominadas del número 11 a la 51 y ahí se encuentran los 345 productores con bajo rendimiento. El área de estudio comprende una parte del total de la zona de abastecimiento del ingenio y corresponde a 15 zonas enumeradas entre la 11 y la 41. Ahí se encuentran 255 productores con superficies de tierra con bajo rendimiento y se subdividen en 2 grupos, el primero formado por 13 productores cuya superficie cañera tiene hasta el 25% en bajo rendimiento y el segundo grupo se conforma por 242 productores cuya tierra en dicha condición supera el 25%. Este segundo grupo es el objeto de estudio del presente diagnóstico, incluye a las parcelas y productores en los que más se concentra la baja productividad de la caña de azúcar y no incluye a 90 productores que se ubican en las zonas más alejadas del ingenio y que son en total 7,

enumeradas entre la 43 y la 51. De los 242 productores de bajo rendimiento 238 son personas físicas y 4 son ejidos que tienen a su cargo 4 parcelas escolares

La caña

El cultivo de la caña de azúcar ha tenido épocas de bonanza que han quedado atrás y hoy son un referente de los productores, cuando rememoran los momentos en los que recibían crédito de avío, pago por los subproductos y otras prestaciones. En la actualidad, las condiciones han cambiado, principalmente para el sector de productores minifundistas y de bajo rendimiento. Ellos consideran que a pesar de la situación crítica, la caña es el cultivo más estable y fortalecido por una tradición que han heredado de padres a hijos. En ningún caso se plantea que la caña de azúcar genere ganancias.

Otros cultivos

Además de la caña de azúcar, el 80% de los productores realiza otros cultivos que también contribuyen a complementar el ingreso familiar y el restante 20% sólo cultiva la caña de azúcar. Entre los que hacen otros cultivos, la mayoría, compuesta por el 43.3% hace 1 o 2 cultivos y el 30% hacen de 3 a 5 cultivos diferentes. Se hacen 12 cultivos diferentes, en los que destacan el café, que en varios casos ya son plantaciones virtualmente abandonadas, el maíz como producto para autoconsumo, el limón persa y el plátano de varias variedades. En proporciones menores se cultiva la madera de diversos árboles, el mango, la naranja, el frijol, la incipiente palma camedor la ciruela e inclusive el jitomate en invernadero. Estos cultivos se producen en una superficie de 43.55 ha. que es equivalente al 74.69% de la superficie cultivada con caña. De los 24 productores de caña que cultivan además otros productos diferentes a la caña de azúcar, 10 explican que lo hacen para tener otro ingreso que ayude a la economía familiar y hacen la precisión de que no deben atenerse a un solo cultivo.

Labores técnico productivas de la caña de azúcar

Los productores de caña carecen de toda asesoría técnica para las labores culturales. Actualmente las fuentes de conocimiento emanan de la tradición, de las formas que han heredado de los mayores o bien de la retroalimentación informal que se produce entre los propios productores. En este aspecto, van cobrando importancia los comerciantes de agroquímicos quienes se encargan de indicar productos y dosis para fertilizar, eliminar hierbas y plagas. Se muestra también un cambio en las labores respecto a lo que se hacía pocas décadas atrás, cuando los agroquímicos eran todavía de uso incipiente. En ese entonces todas las labores de limpia eran hechas manualmente y eso implicaba una dedicación intensa por parte de los productores, de manera que nadie podía hacer producir su tierra si no se dedicaba a ella de tiempo completo. En ese tiempo, dicen ahora los campesinos, la caña era de grandes dimensiones e ingresaba al batey completamente libre de impurezas. Actualmente, entre los productores de bajo rendimiento se han establecido prácticas relativamente generalizadas sustentadas principalmente en la carencia de recursos económicos, como es la fertilización insuficiente y fuera de tiempo. Estas deficiencias en el cuidado del cultivo es claramente conocida por los propios productores, aunque también sectores minoritarios de ellos dudan si es incorrecto o no esa manera de cultivar la caña e inclusive hay quienes consideran que es la forma correcta de trabajar. La generalidad de los productores desyerban con herbicidas y pocos complementan con un procedimiento manual, aún con la carencia de recursos económicos que enfrentan. El uso de herbicidas como el de fertilizantes es una práctica necesaria e ineludible en la

actualidad. La totalidad de los productores aplica fertilizantes a sus cultivos, la mayoría sólo hace una aplicación y la minoría, que representa el 37.6% hace dos aplicaciones.

Poco más de la mitad de los productores considera que aplica la dosis de fertilizante suficiente a sus cultivos de acuerdo su propia experiencia o bien, suponen que así sea pero sin contar con otro sustento teórico o práctico. La parte restante, el 43.3%, considera que no es suficiente el fertilizante que aplica, principalmente por la falta de recursos para comprar más, hecho que se agrava con el incremento de precios. Los productores suelen decir que no es suficiente el fertilizante que aplican porque lo hacen rendir al aplicar a toda la superficie cultivada a costa de reducir la cantidad necesaria.

La cantidad de productores que considera que aplica el fertilizante en el momento que lo requiere la planta supera a los que consideran lo hacen en la cantidad debida. Principalmente afirman que lo aplican en el tiempo de la lluvia, pero la disposición de recursos económicos vuelve a ser determinante, algunos plantean que aplican a tiempo el fertilizante si disponen de dinero para aplicarlo y por tanto que es un problema de carácter económico, más aún que de carácter técnico. Los que consideran que no lo aplican a tiempo expresamente lo explican por la falta de dichos recursos. Para los 25 productores activos, 18 de ellos que representan el 60% del total general hacen una limpia y lo explican que lo hacen para no gastar más dinero en herbicida o bien, porque consideran que con esa aplicación es suficiente. Solamente 6 productores hacen de dos a tres aplicaciones y representan al 20%

La mayoría de los productores, compuesta por el 80%, considera que aplica la dosis suficiente de herbicida, principalmente porque aplican las dosis que los comerciantes de los agroquímicos les indican, o por que de acuerdo a la abundancia y grado de crecimiento de la yerbas es que aplican una determinada cantidad de herbicida. Entre los que consideran que no aplican lo necesario plantean que lo hacen por la falta de medios económicos para comprar más y porque consideran que el herbicida o "líquido", según se le llama coloquialmente, daña la tierra. La aplicación de herbicida en el tiempo debido también se considera que se cumple por una alta proporción de los productores para preservar los gastos en agroquímicos y en definitiva el rendimiento del cultivo, pero sin dejar de hacer hincapié en que dependen de la disposición de recursos económicos.

Por el contrario, el uso de plaguicidas es escaso, son 3 los productores que lo hacen y representan el 10%, dado que consideran que no hay plagas o que éstas aún no amenazan seriamente sus cultivos. El principal argumento que fundamenta la falta de uso de plaguicidas es que no hay plagas o bien es poco el comején, salivazo y gusano que afecta a la caña. En segundo plano también se argumenta la carencia de recursos económicos y la toxicidad del agroquímico. La conciencia de los productores respecto al proceso productivo de la caña de azúcar que ellos realizan es de que tienen carencias, que no cumplen con todos los procedimientos, aplicaciones y dosis, así lo considera expresamente el 56.6% y exponen las siguientes causas:

- Falta de recursos económicos e imposibilidad de contraer más deudas para la compra de agroquímicos.
- Han dejado de hacer labores que hacían en el pasado como rotar la tierra para que recupere su fertilidad
- Falta de tecnología moderna
- Falta de dedicación al cultivo

Los que afirman que hacen un buen cultivo de la caña son el 26.6%, menos de la mitad de quienes plantean lo contrario y sustentan su juicio en lo siguiente:

- así es la manera de trabajar de los productores, que se nutre de lo que saben entre ellos mismos y entre ellos mismos se califican.
- porque no usan sustancias químicas.

Las organizaciones

Los productores de caña en su gran mayoría están afiliados a la Confederación Nacional Campesina y a la Confederación Nacional de Productores Rurales. Sólo una cantidad de varios centenares se mantienen al margen y se les llama “libres”. Los afiliados a estas organizaciones deben cumplir con el pago de cuotas para la organización a escala regional y nacional y reciben fundamentalmente créditos personales que se destinan tanto para costear el proceso productivo de la caña como para las necesidades de subsistencia familiar. Además pueden comprar a crédito los agroquímicos y las organizaciones también cumplen diversas instancias de representación de los cañeros ante el ingenio. Entre los productores de caña de bajo rendimiento 23 pertenecen a la CNC y son el 76.6% y 7 a la CNPR, que representan el 23.3%

Descuentos

Entre los productores hay una marcada inconformidad por los descuentos que se les hace en el pago de su caña, mencionan que son atribuidos a que la caña lleva basura, es decir, piedra, raíces, puntas de la caña, tlazole, caña quemada, o a que la caña se corta con retraso, etc. y a estos descuentos les llaman “castigos”. Además se inconforman con los descuentos por conceptos como administración de parcela, caminos, organizaciones, etc. Además de los descuentos por los agroquímicos y los préstamos personales. El 18% de las parcelas se ubican en los cerros, representan el 60% con una consecuente inclinación pronunciada de los terrenos y el 40%, 12 parcelas, en terrenos planos. De acuerdo a la distancia entre las parcelas y el ingenio se paga una cuota determinada por el traslado de la caña. Los costos de traslado para la mayoría de los productores son relativamente altos, dado que además consideran otros pagos ya establecidos como las propinas a los conductores y el pago por bajar del cerro la caña hasta el lugar de la carretera donde es recogida por los camiones.

Compra de agroquímicos

Para los productores hay varias opciones para comprar el fertilizante y el herbicida. Pueden comprarlo a crédito a sus organizaciones o bien, a través de los comercios que se encargan de su distribución y venta. Los productores en ocasiones compran los agroquímicos con las organizaciones y con los particulares, de acuerdo a sus posibilidades económicas. Si cuentan con el dinero mayoritariamente lo compran con los particulares, de lo contrario tienden a comprarlo a crédito con las organizaciones, con los problemas de que dependen del tiempo en que se entregue, de que tienen que aceptar la marca y tipo de agroquímico que se les venda, además de que dudan de la efectividad y cantidad de los mismos. Más de la mitad de los productores compra todo o parte de los agroquímicos directamente con los comerciantes y una cantidad cercana a la mitad, es decir, el 46.6% lo compra con las organizaciones y pagan un interés relativamente bajo cuya magnitud no figura siempre en la memoria de los productores.

Crédito

Respecto al crédito en dinero, las organizaciones proporcionan dinero como préstamo personal, la mayoría recibe el crédito, son 19 productores que representan el 63.6%, de ellos en un caso acude al préstamo con particulares, cuyas tasas de interés son muy elevadas. Las organizaciones cobran un interés también relativamente bajo pero que tampoco es claramente recordado por los productores. Sin embargo, se cobra un interés anual, aún en los casos en que el crédito sea pagado antes de cumplir el año.

Rendimiento de la caña

El rendimiento de caña de azúcar de 35 ton/ha o menos es considerado bajo y entre los productores cuyas parcelas se encuentran dentro de ese rango, una parte de ellos posee además tierra con rendimientos mayores, lo cual obviamente transforma su producción total de caña. El 66.7% de los productores no tuvieron un dato aproximadamente cercano al volumen de producción que obtuvieron en la última zafra, solamente el 33.3% tiene ese conocimiento que resulta fundamental. En el sector de productores estudiado, 20 productores, dos terceras partes del total son poseedores de tierra que en su totalidad es de bajo rendimiento y 10 productores, la tercera parte restante, además de tener tierra de bajo rendimiento tiene otra con rendimientos mayores. En el primer grupo, con parcelas de rendimiento de 8.46 ton/ha a 34.48 ton/ha. obtienen una producción de 12.04 ton. a 112.44 ton, aunque el promedio de producción por productor es de 39.12 ton.

En el segundo grupo, los diez productores tienen parcelas de baja productividad con rendimientos de 11.94 ton/ha a 34.82 ton/ha y su producción es de 10.70 ton. a 80.08 ton., y el promedio por productor es de 31.83. ton. Sin embargo, al poseer además parcelas con rendimientos mayores obtienen una producción total de 50.55 ton. a 261.83 ton y un promedio por productor de 151. ton. Aunque ambos grupos son minifundistas que no exceden individualmente las 4 ha. se muestra una marcada diferencia productiva y con efectos socioeconómicos en una parte de ellos.

La generalidad de los productores consideran que el rendimiento de caña de azúcar que tuvieron en el ciclo 2005-2006 fue menor que el anterior y que esta tendencia se ha repetido desde hace varios años. Tienen plena claridad en que su producción es reducida comparada con la que obtienen otros productores y autocalifican su producción como baja la gran mayoría compuesta por 25 productores, que son el 83.33%, el 13.33% considera que obtuvo una producción regular y sólo el 3.3% considera haber tenido una producción alta.

Sin embargo, la totalidad de los productores expresan cuestionamientos a las condiciones en que producen y que repercuten directamente con un rendimiento disminuido. Las causas identificadas son de carácter técnico-productivo y económico que en diversas situaciones son mixtas, dado que involucran a ambos caracteres. El 27.7% de los productores se manifiestan por la necesidad de sembrar la caña, situación que se torna más urgente por la acción de las alzadoras que arrancan cepa pero que se enfrentan con los costos altos para la resiembra. Actualmente, 23 productores, el 76.67%, cultiva resocas y 7, que representan el 23.3% resocas. El 20% de los productores indica a los fertilizantes como la causa central del bajo rendimiento de sus cultivos. Expresamente manifiestan que el fertilizante recibido aplicado en las mismas dosis y tiempos que en otros años, ahora produjo una merma notoria y que eso fue una situación común para todos los que usaron ese fertilizante, el cual fue recibido de las organizaciones. También hacen mención a la dosis de fertilizante insuficiente y a su aplicación fuera de tiempo. El 18.3% de los productores considera que

la sequía es causante de la baja producción obtenida y el 15% plantea el problema desde el aspecto de la falta de recursos económicos para atender debidamente sus cultivos. En proporción menor hacen mención a la falta de atención y trabajo en los cultivos, a la pérdida de suelo en tierras cerriles, que se incrementa con el arrastre de la caña, al precio bajo que reciben por la caña, al agua contaminada de que disponen y sólo el 6.6% de los productores no manifestó alguna causa del bajo rendimiento de sus cultivos.

4.2.2.5.4 Obtención de resultados del diagnóstico

Una vez obtenido el diagnóstico del medio físico y socioeconómico se empleó esta información para que el equipo multidisciplinario compuesto de hidrólogos, edafólogos, sociólogos, economista, aspectos agropecuarios y especialista en SIG, realizaran recorridos de campo y corroboraran o retroalimentaran este diagnóstico integral con el énfasis en definir los principales procesos de degradación de los recursos naturales a partir de las actividades agroindustriales en la zona. Lo cual permitió identificar, localizar y cuantificar la problemática, así como los principales procesos de degradación y sus causas.

El procesamiento de la Información nos permitió obtener en forma general las siguientes condiciones de la zona:

- Uso del suelo actual
- Suelo, calidad y cantidad
- Los procesos erosivos y de degradación
- Aspectos socioeconómicos
- Disponibilidad del recurso vegetal
- Análisis de percepciones y prácticas de los habitantes
- Alternativas y cartera preliminar de cultivos potenciales

Análisis de la problemática general y alternativas preliminares

A continuación se enumera en forma puntual la problemática encontrada en la zona de estudio, la cual se aborda desde el punto de vista de los aspectos socioeconómicos, de los niveles de tecnología empleada para las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, agroindustriales, aspectos climáticos, aspectos de relieve o topográficos, aspectos de suelos, Aspectos de uso de la tierra y Aspectos de disponibilidad de agua. Asimismo se presentan algunas alternativas preliminares a esta problemática.

Cuadro 4-24. Resultados del diagnóstico – Aspectos socioeconómicos

Aspectos Organizativos	Los productores cuyos rendimientos en la caña de azúcar son de 35 ton/ha o menos son un grupo variable al que cada año unos ingresan a él y otros dejan de pertenecer al mismo, en función de sus incrementos y decrementos productivos, que están determinadas estructuralmente por limitantes de carácter económico, por el minifundismo, por las características físicas de sus tierras e inclusive por los fenómenos meteorológicos. Sin embargo, esta movilidad de esos productores que eventualmente pertenecen y no al sector de quienes tienen un bajo rendimiento, no minimiza la importancia social de estos productores. Ellos representan el sector económicamente más débil de los cañeros y en esa medida dependen de varias actividades productivas agrícolas y no agrícolas para lograr un nivel de subsistencia que frecuentemente es extremo. Aunque constituyen un grupo de productores maduro que tiende a envejecer, la gran mayoría está activa en la producción, tienden a tener familias grandes y en plena edad productiva e individualmente tienen en su mayoría más de una actividad económica. Es decir, no constituyen un sector de productores inactivos por la ancianidad y sus secuelas asociadas.
-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Aspectos Tecnológicos</p>	<p>La generalidad tiene obstáculos, generalmente insalvables, para efectuar los costos necesarios para hacer producir su tierra, y este problema se acentúa más con la crisis agrícola que afecta drásticamente a cultivos como el café, el plátano, el mango y otros con los que suelen complementar su economía. No tienen la superficie necesaria, la infraestructura, la organización ni los recursos económicos para afrontar los costos de producción para que el cultivo de la caña sea fuente del sostenimiento de la economía familiar. Consecuentemente, la estrategia que esos productores siguen es la de diversificar sus actividades económicas y la de incluir la participación de sus respectivas familias como jornaleros, prestadores de servicios, emigrantes laborales, principalmente</p>
<p>Problemática</p>	<p>En contraparte carecen de superficies suficientes para incrementar su producción, además de su productividad. Las organizaciones a las que pertenecen tienen funciones que no se perfilan para que ellos tengan opciones para alcanzar mejoría en su proceso productivo, carecen de opciones para asociarse entre sí en cualquier actividad benéfica para sus intereses. Económicamente una parte de ellos ha caído en una dependencia hacia los préstamos en especie y en dinero, hacia el uso de agroquímicos, que intensifican las carencias en el proceso productivo de la caña. Este sector de productores que económicamente es el de mayor debilidad carece en lo general de capacidad de invertir y simultáneamente continuar produciendo para lograr la subsistencia familiar y tampoco puede renunciar a una seguridad en la comercialización de su producto y en las prestaciones sociales que se derivan, tal como ocurre en la caña de azúcar. Los sectores de productores cuyas condiciones productivas y económicas son mejores son los que se encuentran menos distantes de opciones de una diversificación productiva. Los productores de bajo rendimiento, sin embargo, tienen la posibilidad de ingresar paulatinamente a un proceso de diversificación productiva en función de tres instancias:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. aquellos que tengan una producción total más alta, determinada por tener superficies mayores entre los minifundistas y que sus rendimientos sean de los mayores. ii. Aquellos que siendo productores con tierra de bajo rendimiento tengan además otras superficies con rendimientos mayores. iii. La diversidad productiva que asume la generalidad de los productores es una alternativa para introducir el experimento de nuevas opciones productivas que colateralmente y en lo inmediato no mermen su actual capacidad productiva como productores de caña de azúcar.

Cuadro 4-25. Resultados del diagnóstico – Productividad del suelo y tecnología

<p>Aspectos de relieve</p>	<p>Por su posición en la geoforma, el sitio de estudio presenta características de llanura, dentro de la cual se ubican los municipios de Carrillo Puerto, Cuiclahuac, Yanga y la parte baja de Amatlán de los Reyes, Atoyac y Paso del Macho. Asimismo, la parte alta del municipio de Atoyac, una pequeña parte de Córdoba y Paso del Macho, presentan condiciones propias de lomerío, o de pie de monte, en la falda de la Sierra de Atoyac. Por esta razón, cada una de estas áreas presenta restricciones a la producción agropecuaria y características específicas. Estas restricciones son de orden físico (clima, fisiografía, suelo) y técnico - productivas.</p>
<p>Uso de la tierra</p>	<p>Desde el punto de vista técnico productivo, el sitio de estudio es predominantemente de régimen temporalero, aunque por la presencia de la agroindustria de la caña de azúcar, esta ocupa un lugar importante dentro de la economía regional y estatal. A pesar de esto, algunas actividades agropecuarias están sufriendo actualmente una crisis, como es el caso de los cultivos de mango, maíz y café. Un segundo grupo, se encuentran en pleno desarrollo y crecimiento como es el caso del limón persa y la caña de azúcar; mientras que el tercer grupo de actividades se encuentran estancadas o subexplotadas, aunque muestran algún potencial de desarrollo para la zona, como son la piscicultura, la ganadería ovina, la apicultura, el cultivo de ciruela mexicana, palma camedor, hongos comestibles y plantas de ornato, entre otros, incluidos los sistemas de agricultura protegida. Debido a la disminución relativa de la población rural, por efecto de la migración de los jóvenes y de las gentes en edad productiva, se ha reducido drásticamente la eliminación de la cubierta forestal, por lo que puede decirse que ya no se están abriendo nuevas tierras al cultivo, incluso algunas superficies se están regenerando y se encuentran cubiertas por acahuales jóvenes.</p>

	<p>La estructura de cultivos en esta región ha sufrido cambios radicales a través del tiempo. De esta manera, hasta hace más de 50 años, el sitio era productor de ganado bovino, maíz, frijol, tabaco y ajonjolí. Posteriormente, en la década de 1980, se empezó a abandonar el cultivo de básicos por la plantación de mango y la ampliación de las áreas ocupadas por caña de azúcar y café, ocupando la superficie que se explotaba con maíz y bovinos. Actualmente la estructura productiva del sitio se dirige hacia la especialización basada en la eliminación de los cultivares de mango, en el establecimiento de plantaciones de cítricos y en el cultivo de la caña de azúcar.</p>
<p>Asistencia técnica</p>	<p>A pesar de esto, en todos los casos, es notable la carencia casi total de asistencia técnica especializada; el 97.5% de los entrevistados manifestó que no recibe asesoría técnica y que la tecnología empleada la ha ido adquiriendo (en orden de importancia): de sus padres, de otros productores, de los vendedores de agroquímicos o de alguno de los inspectores de campo del ingenio y esta situación prevalece para todas sus actividades productivas a excepción del cultivo de limón, en el cual los productores que pertenecen a alguna asociación de citricultores si han recibido asesoría especializada.</p>
<p>Financiamiento</p>	<p>El mismo caso sucede respecto a las fuentes de financiamiento e incluso se habla de prácticas de usura y corrupción. El 45% de los productores manifestaron adquirir créditos con particulares que les llegan a cobrar del 10 al 15% de interés mensual y que en el 2% de los casos la insuficiencia de pago ha generado incluso la pérdida de parte de la parcela. Las uniones de productores (CNC, CNPR), mantienen líneas de crédito para sus afiliados, con tasas de interés bajo (2% - 3%), pero no son suficientes para las necesidades de la mayoría de los productores, especialmente para los que obtienen menos de 50 ton/ha de caña de azúcar.</p> <p>Por esta razón la aplicación de las prácticas agronómicas aplicadas a los cultivos, como son mecanización, fertilización, aplicación de agroquímicos, riego y empleo de variedades mejoradas no son las adecuadas o no se aplican de manera oportuna y generalizada por la mayoría de los productores. Únicamente los productores o pequeños propietarios cañeros, más capitalizados y con mayor cantidad de superficie (mas de 15 ha), muestran rendimientos mayores a 80 ton/ha y mayor uso de insumos y mecanización, por lo que su productividad es mayor.</p>
<p>Aspectos técnico productivos</p>	<p>En el llano, para el tipo de tenencia ejidal con uso de riego, la productividad también es alta con rendimientos medios de 80 ton/ha y un mediano uso de insumos.</p> <p>En el lomerío la fuerza de trabajo humana se emplea en mayor medida, la productividad es menor (>80 ton/ha) y los insumos se utilizan de manera limitada.</p> <p>En las URDERALES, instaladas en la llanura, la aplicación del riego está viciada por el tipo de relación que se tenga con el canalero. Las sustracciones y desvíos de agua son muy comunes, principalmente en los casos que haya cultivo de limón, por la necesidad de regar cada ocho o quince días y en pocas ocasiones se respeta el plan de riegos original. El 95% del agua de estas unidades empleada para riego, se ocupa en los cultivos de caña de azúcar y limón persa.</p> <p>El 67% de las labores en la zona de llanura utiliza tracción mecánica para las labores de la caña de azúcar y el 22% utiliza tracción mixta (mecánica y animal). En la zona de lomerío la mayoría de las labores son manuales.</p> <p>El cultivo de caña de azúcar es el que genera mayor demanda de mano de obra, principalmente asalariada, tanto de la zona como de zonas serranas del estado e incluso durante la temporada de zafra, se tienen que traer cortadores de las zonas deprimidas de los estados de Puebla y Oaxaca. También este cultivo es el único que mantiene una infraestructura productiva bastante compleja con más de 30 variedades de cultivo, de las que las de tipo MEX y las CP ocupan la mayoría de la superficie sembrada.</p> <p>De la totalidad del área dedicada a este cultivo en el sitio de estudio, se abastecen el ingenio El Potrero y la recién establecida alcoholera Zapopan, para la producción de azúcar refinada, melaza, alcohol, mascabado y cachazas.</p>

	<p>La producción principal para alimentar a esta agroindustria se obtiene de la zona de llanura en la que el ingenio distribuye y supervisa el uso de maquinaria, insumos y variedades, a través de su departamento de campo. Las cepas se cambian cada 3 o 4 años. Los productores de esta zona productiva solo son poseionarios de la tierra que trabaja el ingenio y se dedican a supervisar los trabajos en sus parcelas. El ingenio les comunica cual fue su rendimiento, en campo y en fábrica y los descuentos a los que se hicieron acreedores.</p>
<p>Sistemas productivos</p>	<p>Caña de azúcar.- Esta situación en la práctica se ha prestado a que el productor no tenga control real acerca de los rendimientos en campo ni de los contenidos de azúcar de la caña, por lo que se encuentra a expensas de los reportes que generen los empleados del ingenio y en muchas ocasiones las ganancias reportadas no concuerdan con las expectativas acerca del rendimiento estimado por el propietario.</p> <p>En contraposición, el ingenio controla a través de los contratos firmados con los productores, todo el sistema productivo de la caña de azúcar por lo que el poder de decisión de los cañeros es muy reducido y todo el proceso obedece a los planes y programas trazados por la dirección técnica de la empresa, pero a pesar de esto, la calidad de la caña a veces no reúne las condiciones que requiere la fabrica por maduración inadecuada, cortes demasiado altos y presencia de impurezas (cogollo, hojas, tierra, basura).</p> <p>Otros factores que influyen directamente en los rendimientos de caña y la calidad de la misma, son: Los tiempos perdidos por campo, como son la carencia ocasional de un número suficiente de cortadores o como en el caso de la presente zafra, huelgas de los trabajadores por motivos gremiales o políticos.</p> <p>También se deben de tomar en cuenta los tiempos perdidos por lluvia, que se dan cuando se presentan precipitaciones tempranas y no permiten la entrada de la maquinaria para la cosecha al "no haber piso" duro para el manejo de la caña.</p> <p>En algunos casos de la producción de caña en la zona de llanura, existen productores que presentan rendimientos muy bajos (menores a 50 ton/ha), similares a los obtenidos en la zona de lomerío, pero la razón de estos bajos rendimientos es diferente a esta última, debido a que esta baja producción se origina por la condición de temporal, en la que la sequía es la causa principal. Esta condición se presenta principalmente en la zona oriente del municipio de Carrillo Puerto.</p> <p>Para el caso de la caña de azúcar en lomerío, la cosecha se realiza generalmente, por medios manuales. Aquí el productor se encarga de todas las labores en su parcela, hasta la zafra; el ingenio únicamente se encarga de mandar transporte para la recolección de la cosecha que tiene que ser acarreada a hombro, hasta un punto en el que pueda acceder el camión, aunque en ocasiones los turnos de corta no son respetados y la caña ya cortada se queda al pie del camino por dos o tres días hasta que es levantada. Por esta razón, aparte de los problemas originados por la topografía, el reducido uso de insumos y el uso de variedades y cepas ya de por sí muy viejas (20 - 40 años), los productores tienen que enfrentar la merma ocasionada por el vaciado de las cañas al permanecer esta en el sol por dos o tres días obteniendo, por lo tanto, muy bajos rendimientos en campo y en fabrica.</p> <p>Café.- El cultivo de café también comparte la zona de lomerío, junto con la caña de azúcar. Anteriormente este cultivo también consumía un alto número de jornales por hectárea, pero debido a la caída de los precios internacionales y al excesivo coyotaje, la superficie cultivada se encuentra a la baja. Actualmente solo se llevan a cabo cosechas parciales, de acuerdo al número de integrantes de cada familia, porque el precio del kilogramo de café cereza es de \$2.00, similar al costo de cosecha, por lo que no le conviene al propietario pagar jornaleros para su acopio.</p> <p>Por esta misma razón la aplicación de insumos es casi nula y no se lleva a cabo ningún tipo de</p>

control fitosanitario. La presencia de roya y de la broca del café está muy difundida, disminuyendo aún más la calidad del mismo. La única labor generalizada en este cultivo es la limpia con herbicidas y en muy pocos casos, en que el productor ha logrado la comercialización directa o como café con algún nivel de proceso (café oro, o pergamino), se encuentran fincas con niveles mayores de atención.

Cítricos.- Los cítricos se localizan principalmente en la llanura, siendo los municipios de Cuitlahuac, Carrillo Puerto y Yanga, los mayores productores dentro del sitio. En todos los casos se trata de plantaciones comerciales de limón persa. El 45% de la superficie ocupada es de riego y en las labores de cultivo y establecimiento se ocupa tracción mecánica, animal y manual. El uso de agroquímicos es elevado, aún en caso de los productores de bajos ingresos.

La Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA), dependiente del gobierno del estado, considera a este como uno de los cultivos con mayores perspectivas dentro del estado, por lo que la superficie cultivada se encuentra en plena expansión. El empleo de mano de obra es alto, principalmente de mujeres. El mercado principal es el de exportación, por lo que se ha impulsado la formación de asociaciones de citricultores que han establecido sus propias empresas empacadoras y transformadoras.

El problema principal de este cultivo es la estacionalidad de los precios, debido a que la variación de los precios alcanza valores extremos de \$4.00 a \$300.00 la caja de 20 Kg. (en junio y febrero, respectivamente), y la existencia de intermediarios para la venta.

Mango.- El mango var. Manila, es otro cultivo que alcanzó una gran demanda en un tiempo, por lo que la superficie sembrada creció de manera desmedida en la década de los 80's. No obstante en la actualidad la mayoría de las huertas se han derribado para el establecimiento de caña de azúcar o de limón. Los problemas que presenta son alta incidencia de plagas (moscas de la fruta), nula utilización de insumos y controles fitosanitarios, plantaciones viejas y mal manejadas, enfermedades e intermediarismo.

El problema de las plagas es el más fuerte de este cultivo, ya que por esta razón la demanda es reducida y el intermediarismo es elevado. Los precios de venta por caja de 35 Kg. fueron de \$15.00 a \$25.00 durante esta última temporada, similares al precio de recolección por caja, por lo que el margen de ganancia fue cero.

Ciruela mexicana.- Esta situación también prevalece para la ciruela mexicana, aunque para esta se empieza a observar una ligera demanda por la expulsión de mano de obra de la región, hacia los E.U. Esta población en el extranjero se considera como un mercado potencial para estos productos regionales, por lo que se piensa en esta especie como en estado de espera.

Ganadería.- La ganadería en la zona se considera incipiente y extensiva. Se desarrolla principalmente hacia la zona oriente del sitio, en el municipio de Carrillo Puerto. El objetivo es la producción de crías para engorda y de manera secundaria la leche. Su principal limitante es la falta de agua en la época de estiaje. La infraestructura empleada es casi nula y en caso de que exista es muy rústica.

El tamaño del hato no rebasa las 10 cabezas en promedio y la alimentación es a partir de pastos naturales, en muy pocos casos cultivados, a partir de zacate estrella, privilegio o llanero, entre otros. Los encastes predominantes son de tipo cebú, suizo y criollo. Los controles sanitarios van de casi nulos a regulares. Las principales enfermedades son: Mal de paleta. Fiebre carbonosa, edema maligno, parásitos externos e internos. El baño garrapaticida es la actividad más difundida. Los niveles de eficiencia productiva son bajos y la comercialización de los animales se hace a pie de corral a intermediarios.

	<p>En las zonas circunvecinas al sitio de estudio la estructura productiva tiende a ser más diversificada y aún mantiene pequeñas superficies dedicadas a básicos. Al poniente y norte del sitio, en los municipios de Amatlán, Córdoba y Paso del Macho, los cultivos principales son chayote, café, hortalizas, y plantas de ornato. Hacia el oriente la actividad agropecuaria se basa en la ganadería bovina de engorda de tipo extensivo, en la fruticultura a partir de papaya maradol, ciruela, limón y en pequeñas superficies dedicadas a la asociación maíz, calabaza, frijol. Se prevé que las actividades ganadera y frutícola tendrán un marcado impulso por la apertura de varios pozos de riego por parte del gobierno del estado para los siguientes 5 años. Los productores entrevistados en esta zona mencionaron que no tienen interés en sembrar caña de azúcar por la gran cantidad de problemas que esta les acarrearía (descuentos, corrupción, pago a asociaciones).</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cuadro 4-26. Resultados del diagnóstico – Resumen de la problemática agropecuaria

- La actividad agropecuaria del sitio de estudio se desarrolla en dos condiciones fisiográficas (llanura y lomerío), en un clima subhúmedo, con una precipitación promedio anual entre los 1,300 y 1,500 mm, con una marcada estacionalidad, de tal manera que la agricultura de temporal está limitada por este factor; pero la de riego se ve igualmente mermada porque, con la condición atrincherada de los ríos para extraer el agua de los mismos se requiere de mayores cantidades de energía e infraestructura.
- La ganadería, desarrollada principalmente en la zona de llano, concretamente en el municipio de Carrillo Puerto, se ve afectada por la carencia de alimento en los agostaderos y los altos costos de producción de los forrajes.
- Situación análoga sufre la vegetación natural y la fauna silvestre ya que, al no haber suficiente lluvia, detiene su ritmo de crecimiento. Los nortes son otro de los factores climáticos que afectan el desarrollo del campo, agregando factores de riesgo a la producción frutícola.
- En cuanto a la erosión del suelo, puede decirse que el mayor impacto se observa en la parte poniente del sitio, en la zona de lomerío del municipio de Atoyac, en donde se cultivan más de 300 hectáreas de caña de azúcar, plátano, palma camedor y café.
- A pesar de las restricciones agroecológicas, el sector agrícola es el de mayor peso y es la rama más dinámica y la que genera la mayor proporción del valor de la producción en el sitio. El cultivo que ocupa gran parte de la superficie sembrada es la caña de azúcar; en frutales, el municipio de Cuitlahuac es un importante productor de limón persa junto con Yanga y Carrillo Puerto que además cuenta con un gran potencial para hortalizas, ciruela y papaya.
- Excepto en el caso de la caña de azúcar, en los demás cultivos la productividad se sitúa muy por debajo de la media estatal.
- Entre los principales problemas que acusa la agricultura, destacan los siguientes factores: predominio de la producción temporalera (sólo el 45% de la superficie cosechada cuenta con riego, aunque se basa en sistemas cuya eficiencia es menor al 15%), alta siniestralidad, falta de liquidez, insolvencia crediticia, impacto negativo de la apertura comercial, limitada aplicación de adelantos tecnológicos, fuerte intermediarismo, incipiente desarrollo agroindustrial, manejo inadecuado de agroquímicos e inapropiadas prácticas de manejo del suelo, que aumentan su degradación.
- La mayoría de los productores son minifundistas que actualmente, no reúnen condiciones para una organización competitiva de la producción. Esta situación plantea la necesidad de avanzar hacia formas asociativas para producir y comercializar los productos agrícolas.
- Al respecto, existen algunas experiencias exitosas, como las integradoras de cítricos promovidas por la COVECA, entre otras. Sin embargo, dentro de la rama avícola y ganadera, en los municipios de Carrillo Puerto, Yanga, Amatlán y Cuitlahuac se sitúa un muy reducido núcleo de productores empresariales que hay que considerar.
- La producción ganadera descansa, principalmente, en el ganado bovino, aunque también es importante el ovino. La mayoría de los hatos son de baja calidad genética, se manejan en el sistema extensivo, con un nivel tecnológico deficiente y problemas de sobrepastoreo.

- El ganado se vende sin engordar y hay un bajo valor agregado a los productos cárnicos y lácteos. La sanidad animal es otro elemento que no se cuida de manera rutinaria para poder comercializar los productos sin restricciones, ya que muy pocos productores tienen certificados de hatos libres de brucelosis y tuberculosis bovina.
- La acuicultura y apicultura son subsectores de la ganadería que pueden hacer un uso sustentable de los embalses de agua y la flora, para generar empleo en el medio rural mediante la producción de peces y miel como alimentos de calidad.



Figura 4-25. Superficies abiertas a la agricultura con presencia de erosión debido a que el suelo queda descubierto de vegetación (cárcavas en formación)

Cuadro 4-27. Resultados del diagnóstico – Aspectos climáticos

- A pesar de contar con buenos niveles de precipitación (mayores a 1,400 mm), la principal limitante para la producción, presente en todo el sitio, es la marcada estacionalidad de la precipitación pluvial que define un largo periodo de estiaje (octubre a mayo) y la presencia de vientos fríos en la temporada invernal.
- La precipitación, presenta una distribución muy marcada por la influencia de los vientos alisios y las corrientes marinas que originan las lluvias de verano (junio a septiembre).
- Durante el mes de agosto, el fenómeno de la canícula trae una reducción en la cantidad del agua precipitada y condiciones elevadas de temperatura y humedad que favorecen la incidencia de poblaciones de organismos considerados como plagas y enfermedades, dañinas a los cultivos establecidos (salivazo, gusano medidor, babosas, hongos). En septiembre la presencia de perturbaciones ciclónicas provoca excesos de humedad que acarrear desbordamiento de los ríos en la parte de llanura y erosión, lixiviación y deslaves en el lomerío. Cuando esta condición termina (octubre), se inicia la época de nortes que trae como consecuencia la aparición de vientos huracanados, que barren y desecan el llano, ocasionan pérdidas a la fruticultura y lluvias pertinaces en la zona de la sierra, y en el lomerío

también provocan la aparición de enfermedades fungosas a las plantaciones de café.

- Estas situaciones, en combinación con el relieve y la condición de llanura o lomerío, traen como consecuencia que en el sitio de estudio se presenten tres zonas bien definidas:
 - **Zona Semiseca.** Ubicada en la porción oriental del sitio, en la totalidad del municipio de Felipe Carrillo Puerto y en la parte oriental de los municipios de Cuitlahuac y Paso del Macho. Junto con una menor precipitación, la temperatura en esta zona se manifiesta por ser muy cálida, por lo que, según se observa en el apartado referente a clima, la evapotranspiración es mayor y productivamente se observan deficiencias de humedad para la actividad agropecuaria, además de la irregular distribución influida por la canícula y la temporalidad de la lluvia. Las actividades agropecuarias establecidas en esta zona son: caña de azúcar, maíz - calabaza, ciruela, mango y ganadería bovina y ovina de carácter extensivo,
 - **Zona Semihúmeda.** Se encuentra en el área plana de los municipios de Cuitlahuac, Yanga, Atoyac y Amatlán de los Reyes, presenta temperaturas cálidas y condiciones favorables de humedad durante casi todo el año. En esta zona es en la que se han establecido con éxito los cultivos de caña de azúcar, cítricos, plátano y anteriormente mango
 - **Zona Húmeda.** Ubicada en la parte oriente de los municipios de Córdoba, Amatlán y en la Sierra de Atoyac; la temperatura va de cálida a templada, pero el efecto de la lluvia, en esta zona, es indirecto debido a que por lo inclinado de la pendiente, la pedregosidad y el relieve, el agua precipitada solo escurre, con muy poca infiltración en los terrenos de cultivo y aumenta el caudal de las corrientes de agua que bajan hacia la llanura. Los principales cultivos en esta zona son café, cítricos, plátano, mango y palma camedor. En las partes más cercanas a la sierra, en el municipio de Córdoba se cultiva chayote, café, anturio y plátano.
- A pesar de que el sitio se encuentra surcado por varias corrientes importantes, la profundidad de las barrancas por las que fluyen los cauces imposibilitan su aprovechamiento por la mayoría de los productores del llano, por lo que más del 55% de la superficie es de temporal y se encuentra supeditada a las variaciones del clima ya mencionados.



Figura 4-26. Plantación de cítricos con evidencias de deficiencias hídricas

Cuadro 4-28. Resultados del diagnóstico – Aspectos de relieve o topográficos

- ◆ La problemática agropecuaria relacionada con la fisiografía, se hace más evidente en la zona de lomerío de los municipios de Atoyac, Amatlán y Cuitlahuac, debido a la erosión actual y potencial presente en el 75% del sitio, que incluso alcanza valores superiores a las 200 ton/ha.
- ◆ En todo el sitio se presenta una marcada diversidad de relieves con altitudes que van de los 100 msnm a los 800 msnm y rangos de pendientes del 1% hasta mayores al 35%, sobre los cuales han evolucionado suelos de origen sedimentario, ígneo y vulcano-sedimentarios, unos más favorables que otros para la actividad agrícola, aunque la mayoría sean usados bajo condiciones de temporal.
- ◆ Originalmente tanto en la zona de lomerío como en la de llano, se encontraban diversos tipos de selvas (mediana subperennifolia en el lomerío y baja caducifolia en el llano), que contribuyeron a la formación y evolución del suelo, pero actualmente estas han sido casi totalmente desmontadas para dar paso a explotaciones agropecuarias, los terrenos son quemados anualmente para facilitar la cosecha de la caña de azúcar y año con año los efectos negativos de la erosión del suelo se hacen cada vez más evidentes.
- ◆ En la zona de lomerío, ubicada en la parte alta de los municipios de Atoyac, entre las comunidades de Atoyac y Buenos Aires y entre las congregaciones de Atoyac, la Esperanza y Cuitlahuac, así como en el municipio de Amatlán de los Reyes, entre los poblados de Cuahutémoc, California y Ojo de Agua Grande, el agua escurre superficialmente sobre los suelos, debido a las fuertes pendientes del terreno, al subsuelo pedregoso y a la falta de cobertura sobre la superficie, por esta razón, no se retiene el agua en el sustrato y disminuye significativamente la recarga de las capas freáticas, por lo que el agua no está disponible para el consumo humano o para la producción agropecuaria.
- ◆ De acuerdo a los testimonios vertidos por los productores de los ejidos de La Esperanza, La Angostura, El Cacahuatal, Caballo Blanco y Corral de Piedra, entre otros, la baja de rendimientos se ha venido agudizando en los últimos 10 años en los que se han derribado hasta un 20% de los cafetales y de la cubierta vegetal original, para plantar caña de azúcar; el agua ahora escurre rápidamente y en esos diez años, pasaron de rendimientos superiores a las 70 ton/ha a solo 20 ton/ha. La reducción de la capa arable, cada año, favorece la muerte de las cepas de caña cuando la profundidad de esta capa es menor a 10 cm., provocando una baja capacidad para almacenar humedad y el sobrecalentamiento de las piedras que favorece la desecación de las plantas. Por esta razón cada ciclo los productores tienen que resembrar hasta un promedio de 1,500 m² de su parcela.
- ◆ El monocultivo de caña de azúcar, ha contribuido a crear condiciones favorables para la acción erosiva del agua debido a que, después de la zafra, se hace la requema del tlazole, se aplican herbicidas y en algunos casos se afloja con azadón la escasa tierra y la materia orgánica, para desmalezar y aterrizar las cepas de caña; por esta razón el suelo permanece desprotegido durante el inicio de la temporada de precipitaciones intensas. De esta forma el arrastre de suelo, y la formación de cárcavas y zanjas, son frecuentes en los terrenos cultivados.
- ◆ Mediante el método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, se estimó para esta zona que el suelo protegido por la vegetación de selva o de un cafetal establecido bajo sombra de árboles nativos, pueden sufrir una pérdida por erosión hídrica de sólo 3 a 7 t/ha/año, pero, al eliminarse esta cobertura, esas pérdidas pueden ser mayores de 360 t/ha/año.
- ◆ Esta situación, entre muchas otras, ha contribuido a la descapitalización de los productores, que a su vez ha dado origen a un círculo vicioso en el que a medida que se descapitalizan, cada vez es menor la aplicación de insumos y labores al cultivo, provocando, a su vez, menores rendimientos y nuevamente menor capacidad de inversión y así continúa hasta que el productor se ve obligado a emigrar al norte o a vender su fuerza de trabajo para sobrevivir.
- ◆ Para el llano la situación es diferente. Aparte de la dificultad de establecer sistemas de riego por la profundidad de los cauces, se presenta la recepción de los materiales de las partes altas que provocan problemas de azolve de arroyos y de las escasas obras de riego, además de la concentración de contaminantes de origen agrícola, que ocasionan problemas a las explotaciones piscícolas ubicadas principalmente en el curso medio del Río Atoyac, a partir del poblado de Carrizal.



Figura 4-27. Caña de azúcar en lomeríos con pendientes altas

Cuadro 4-29. Resultados del diagnóstico – Aspectos de suelos

- ◆ La problemática del sitio, con relación al suelo, se refiere principalmente a su posición fisiográfica y a su textura, aunque en muchos casos también se refiere a problemas de fertilidad, acidez y pedregosidad.
- ◆ La unidad de suelo predominante en la zona de llanura, particularmente en los municipios de Carrillo Puerto, Paso del Macho, Cuitlahuac, Yanga y parte de Atoyac, es el Cambisol vértico+Cambisol eútrico, con diversos niveles de textura. Se le considera como de desarrollo incipiente, en proceso de intemperismo, por lo que su problemática principal es la presencia de pedregosidad superficial en una proporción de 10% a un 50% por lo que se dificulta su laboreo.
- ◆ Esta condición y la de los problemas por los efectos climáticos ya descritos, además de una topografía quebrada permiten una agricultura reducida con base en el maíz y la asociación maíz-calabaza, así como una ganadería de tipo extensivo con escasa tecnificación y la producción semicomercial de ciruela mexicana.
- ◆ En dirección hacia el poniente del sitio, sobre el llano en los municipios de Cuitlahuac, Yanga, parte de Amatlán y el oriente de Córdoba, se encuentra la unidad formada por los Luvisoles verticos + Acrisol + Cambisol eútrico, aunque en algunos casos, también se presentan asociados a rendzinas, como en la zona de lomerío en los municipios de Córdoba, Amatlán y Atoyac. El principal problema de esta unidad se refiere a problemas de drenaje, acidez y la formación de grietas cuando se seca. En el lomerío el material calcáreo de la rendzina llega a producir problemas de fertilidad y bajos rendimientos de caña de azúcar y café.

Hacia la parte más alta de la geoforma, en el municipio de Atoyac, se encuentran algunas superficies con suelos tipo andosol y litosol. El principal problema que presentan es la alta susceptibilidad a la erosión. Se encuentran cubiertos con caña de azúcar y plantaciones de café. Su productividad es media.

4.3 Descripción de los sistemas de producción establecidos y potenciales (3)

Para caracterizar los sistemas de producción prevalecientes en el sitio de estudio, se partió del conocimiento y comprensión de los componentes de los sistemas y sus relaciones, también se buscó clasificar la función objetivo que persiguen los productores con relación al todo y poseer una base para considerar y medir las nuevas alternativas tecnológicas o modificaciones a los componentes de los sistemas en estudio. La información obtenida por medio de encuestas de tipo informal permitió la aplicación de técnicas multivariadas de componentes principales y conglomerados para clasificar y tipificar a los sistemas y productores de cada área en particular.

El proceso empleado para la definición de los sistemas de producción predominantes en el sitio de estudio, parte de la revisión bibliográfica y cartográfica de documentos, información estadística y reportes de trabajo elaborados en este sitio, tanto por parte de instituciones oficiales, como agroindustriales, y de investigación (INEGI, SAGARPA, INGENIO EL POTRERO, INIFAP, C.P.), posteriormente se formularon guías para levantamiento de información, se realizó la investigación y el trabajo de campo, el análisis de los datos, tratamiento estadístico y redacción de resultados.

Para la descripción de los cultivos agrícolas y de las explotaciones ganaderas, se partió de fichas técnicas elaboradas a partir de manuales publicados por el INIFAP y el C.P., para cada especie. En campo se obtuvieron y procesaron frecuencias de actividades, calendarios agrícolas y sanitarios, aspectos ecológicos, tecnológicos y sociales. Asimismo se identificó la variación de especies animales domésticas existentes en la zona, las utilidades que los propietarios obtienen de cada especie, su abundancia e importancia económica.

Para la caracterización de los sistemas productivos se identificaron los componentes y el funcionamiento de cada sistema, limitados por los elementos que participan directamente en los procesos de trabajo controlados por un solo propietario. Estos elementos, según sea el caso de actividad agrícola o ganadera, son: propósito del propietario, localización del sistema, tipo de productor, terreno, tamaño de la explotación, fertilización o alimentación, variedades o razas, reproducción, uso de materiales genéticos mejorados, plagas y enfermedades, prácticas de manejo, tipo de mano de obra empleada, producción, mercado, organización, asistencia técnica y perspectivas.

Para la descripción del medio natural y de las actividades forestales, se definieron y realizaron 7 transectos en los que se ubicaron rutas para el levantamiento de información y se analizó la composición florística desde los puntos de vista ecológico, económico y social, para realizar la descripción de los métodos de aprovechamiento de las especies de uso prominente.

La obtención de estos estimadores se realizó por medio de encuestas, aplicadas de manera probabilística y los resultados se infirieron, para su análisis, a cada una de las diferentes poblaciones de donde fueron extraídas.

Como primer paso, para la determinación del tamaño y diseño de la muestra, se realizó una visita de carácter exploratorio en el mes de abril, con una duración de 15 días. Durante este período se realizaron entrevistas, acopio de información y recorridos de campo para establecer la magnitud y complejidad de la problemática del sitio objeto de este estudio.

El diseño de la población muestral partió del marco constituido por el padrón de productores de los

ejidos y municipios que están dentro del área de influencia del Ingenio El Potrero, seleccionada como área de trabajo para este estudio y las áreas limítrofes, que comprenden la totalidad o parte de los municipios de Atoyac, Cuitlahuac, Yanga, Córdoba y Amatlán de los Reyes, en las que se encuentran establecidos otros sistemas productivos diferentes a caña de azúcar, pero que podrían representar, en un momento dado, una buena oportunidad de desarrollo económico y social para los productores de caña que actualmente obtienen bajos rendimientos.

La técnica empleada para determinar el tamaño de muestra a estudiar fue el muestreo simple aleatorio para estimación de proporciones. Las ecuaciones utilizadas para determinar el tamaño de muestra se aplicaron con dos variantes: **a)** muestreo de una población finita, sin reemplazo y **b)** muestreo de una población en la que se desconoce el número total de la proporción, quedando estas como se muestra a continuación:

$$n = \frac{Nz^2/2 pq}{Nd^2+z^2/2 pq} \dots\dots\dots(a)$$

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2} \dots\dots\dots(b)$$

En donde:

- n** = tamaño de muestra
- N** = tamaño de la población expresada como el número total de productores en el sitio de estudio.
- p** = proporción poblacional, que para este caso se tomo el valor de máxima varianza equivalente a 0.5
- q** = 1 - p = 0.5
- pq** = 0.25 (valor máximo)
- d** = precisión deseada
- z** = valor del cuadro de distribución normal standard para el nivel de confiabilidad buscado

Como en el caso de los cultivos aledaños a la zona de estudio, se desconoce el número total de la proporción de productores para cada cultivo, se utilizó un valor de 0.5 para p (máxima varianza), en la ecuación (b). Por lo tanto se estimó el tamaño de muestra considerando una máxima varianza con una confiabilidad equivalente a una probabilidad o confianza del 95% y para márgenes de error de 0.05, 0.10 y 0.15, en ambos sitios de muestreo.

Con los resultados obtenidos se obtuvieron elementos de juicio para adoptar una decisión acorde a los recursos humanos, financieros y de tiempo con los que se cuentan para determinar el número de muestras necesarias para realizar la investigación, con un grado de precisión aceptable.

Como resultado de la aplicación de esta metodología y bajo el criterio de hacer estimaciones eficientes con un mínimo de recursos, se determinó la utilización del tamaño de muestra calculado con una probabilidad de 95% y 0.15 de precisión, bajo la consideración de varianza máxima.

De esta manera, se aplicaron 43 encuestas en el área circunvecina al sitio y dentro del mismo, con lo que, a partir de su posterior análisis, se identificaron cuatro grandes sistemas de producción predominantes en el sitio de estudio: **I)** cultivos perennes, **II)** cultivos de escarda, **III)** cultivos cíclicos y **IV)** explotaciones ganaderas.

- I. *Cultivos Perennes*. Este sistema se basa en la explotación de plantas cultivadas, de ciclo mayor a cinco años, como ciruela, mango, café y cítricos.
- II. *Cultivos de surco*. La característica más importante en este sistema es la roturación anual del suelo y el incremento del riesgo de erosión, actual y potencial. El cultivo más predominante dentro de este sistema es la caña de azúcar y de manera secundaria el maíz. y la asociación calabaza-maíz.
- III. *Cultivos cíclicos*. Este sistema presenta la mayor diversidad en cuanto a su arreglo espacial y características muy señaladas, de acuerdo al sitio en el que se desarrolla. Dentro de este sistema se incluyen las hortalizas y cultivos considerados para autoconsumo. Las hortalizas son el cultivo más representativo de este sistema.
- IV. *Explotaciones ganaderas*. El sistema ganadero, comprende principalmente, explotaciones de bovinos y de manera secundaria ovinos, Las aves se explotan en gran proporción por grandes empresas y los porcinos solo en pequeñas zahúrdas de traspatio, por lo que no se describen aquí.

La descripción de los sistemas de producción mencionados anteriormente se presenta en el **anexo número 5** “Descripción y costos de los sistemas de producción”

A continuación se hace una descripción general de los sistemas de producción de los cultivos establecidos y potenciales.

Cuadro 4-30. Sistemas productivos de la zona de estudio

I. Cultivos perennes	
Café	<p>El municipio de Atoyac estaba considerado como una región productiva en café de calidad, por esta razón en el sitio se encuentran plantaciones con especies de café árabe (<i>Coffea arabica</i>) y café robusta (<i>Coffea canaphora</i>). Además del municipio de Atoyac, los municipios de Yanga, con 240 ha, Cuitlahuac, Paso del Macho y Córdoba, también presentan superficies importantes cubiertas con este cultivo.</p> <p>Las variedades más importantes de café árabe, en cuanto a la superficie cultivada, son: café Arábica, conocida localmente como nacional, criolla o típica; la siguen en importancia los cultivares de la variedad Bourbon, Mundo nuevo, garnica y Caturra, principalmente se ubican por encima de los 750 msnm.</p> <p>El cultivo alcanzó su mayor desarrollo en la zona de estudio, durante la década del '70 cuando el INMECAFE intensificó el monocultivo de alto rendimiento en sistemas de producción rusticanos. El pico de crecimiento de la superficie cultivada se dio entre los años 1986-1988, cuando se alcanzaron los mejores precios de café y se cultivo incluso hasta los 400 msnm, para decaer entre los años 1992-1996 cuando se inicio el declive de la producción cafetalera en el ámbito mundial. A partir de esta época se ha venido observando el abandono de las áreas cafetaleras, como actividad remunerativa y su reconversión hacia otras actividades como los cítricos y la caña de azúcar. Durante este último ciclo de cosecha (2006), en varias parcelas del sitio, se dejo perder la cosecha por los bajos precios de mercado y el ataque de plagas como la broca.</p> <p>En la mayoría de los casos, se ha cambiado el manejo intensivo de la plantación por un reducido empleo de insumos y mano de obra y cosechas parcializadas, principalmente porque los productores no pueden absorber los costos del fertilizante y el pago de jornales y porque la mano de obra familiar escasea por la acentuada emigración de los jóvenes hacia el norte.</p> <p>Aunque el sistema productivo del café produce un bajo impacto negativo sobre el ecosistema, su cultivo se esta abandonando debido a la baja de precio ocasionado por la competencia del mercado internacional, la</p>

	<p>falta de asistencia técnica y los escasos apoyos gubernamentales</p> <p>La producción de este sitio se dirige al consumo local en el 65% de los casos, el autoconsumo en el 30% y solo el 5% a la exportación, aunque, como se ha mencionado, parte de la producción se considera como pérdida porque no se cosecha.</p> <p>Aún y cuando en la actualidad ya no se establecen plantaciones nuevas de café, se encontró que un 2% de los productores aún están estableciendo plantaciones nuevas.</p>
<p>Palma Camedor</p>	<p>El cultivo y extracción de esta especie representa un alto potencial como fuente de ingresos para los productores ya que la oferta de follaje de palma no satisface la demanda internacional, puesto que el mercado se abastece básicamente de follaje recolectado de palmas silvestres (tepejilote, chapana, relumbrosa). Se estima que la producción mundial de follaje de palma sólo cubre entre 10 y 30 % de la demanda internacional. México aporta el 85 % de esta oferta y el resto Guatemala, Costa Rica y en menor medida otros países centroamericanos (Vargas, 1987).</p> <p>En el sitio de estudio, el municipio de Amatlán de los Reyes y actualmente el municipio de Atoyac, Ver. están promoviendo la siembra de <i>Chamaedora elegans</i> (mestiza), para lo cual, en este último municipio, se tiene establecido un vivero con mas de 2 millones de plántulas, las que se distribuyen a través de una organización de 45 productores que las reciben de manera gratuita, aunque en el mercado tienen un valor de \$2.00/planta</p> <p>En Tepatlaxco, comunidad cafetalera cercana al centro de acopio en Fortín, Veracruz los intermediarios pagan a \$12.00 la gruesa de palma camedor y a \$9.00 la de tepejilote, y en el municipio de La Perla, cercano al volcán Pico de Orizaba, en donde existen mas de 50 intermediarios, los precios medios de compra, por gruesa de 120 hojas, al productor son de \$14.00 para tepejilote, \$11.00 para mestiza, \$10.00 para la chapana y \$10.00 para la relumbrosa</p>
<p>Cítricos</p>	<p>Aunque el estado de Veracruz es el principal productor de lima persa en México (70% de la superficie cultivada), con 332,343 toneladas producidas en 2003, el cultivo de los cítricos en la región es relativamente reciente (12 - 15 años), e incluye plantaciones de lima o limón persa y en muy pocos casos de naranja valencia. Casi la totalidad de plantas son injertadas y provienen de viveros especializados, en muy raras ocasiones se encuentran árboles desarrollados a partir de pie franco. Algunas plantaciones están asociadas a cafetales, aunque la mayoría existe como monocultivo, en los que el grado de tecnificación va de extensivo a altamente tecnificado con sistemas de riego presurizado.</p> <p>Dentro del sitio de estudio, los principales municipios productores son Cuitlahuac con 964 has, y Felipe Carrillo Puerto con 1,085 has, los cuales en 2002 obtuvieron una producción de 23,948 ton y un valor de la producción de \$17'960,000.00 (COVECA, 2004).</p> <p>La comercialización se realiza principalmente a través de coyotes o acopiadores y empacadoras, los cuales destinan la mayor parte de la producción a las centrales del D.F., Guadalajara, Monterrey y al mercado de EUA. Los precios pagados al productor fluctúan de \$1.50 a \$6.00/Kg. e incluso se han presentado valores máximos de \$15.00/Kg., con una marcada estacionalidad que presenta su valor mínimo en la temporada de lluvias, en los meses de octubre - noviembre y un máximo en los meses de marzo - abril.</p> <p>De acuerdo a la secretaría de Finanzas y Planeación, del Estado de Veracruz (SEFIPLAN, 2005), este cultivo tiene bastante potencial de crecimiento y de aporte en materia de divisas y empleos.</p> <p>Por el tipo de comercialización que se da en la zona, a través de intermediarios o coyotes, algunas huertas de pequeños productores que se encuentran atomizadas y de baja calidad, se quedan con los frutos en el árbol por la falta de compradores que paguen buenos precios, ocasionando pérdidas y el desaliento de los dueños que a su vez provoca la falta de interés de los mismos por mejorar la productividad de sus huertas. A pesar de esta situación, en general, la actividad cítrícola en el sitio ha tenido impacto favorable en los mercados nacionales e internacionales lo que ha favorecido que los grandes productores mejoren su calidad y reduzcan sus costos de producción, por lo que esta es la actividad más rentable dentro del sitio de estudio, después del cultivo de caña de azúcar. Los mercados europeo y asiático representan una oportunidad para el desarrollo y</p>

	<p>diversificación de la lima persa, aunque la SEDARPA, considera que la superficie mínima requerida para ingresar al negocio de limón persa de exportación es de 50 ha.</p>
Mango	<p>El mango ocupaba una superficie importante dentro del área de estudio, sobre todo en la parte sur y oriental, en los municipios de Yanga, Cuitlahuac y Carrillo Puerto, aunque actualmente presenta problemas de comercialización y una baja generalizada en su precio, lo cual ha provocado que esta superficie vaya a la baja, ya que se están derribando plantaciones para dedicar la superficie al cultivo de caña o a la citricultura. La mayor parte de los restos de los cultivares que aun quedan en pie son de mango Manila y el resto son de material criollo.</p>
Ciruela	<p>El cultivo de ciruela se realiza principalmente, en la zona oriente del sitio de estudio, hacia el municipio de F. Carrillo Puerto en la colindancia con el municipio de Cotaxtla. Se encuentra establecido como plantaciones no mayores a 0.5 ha o en los linderos de los terrenos como cerco vivo.</p> <p>Debido a la deficiencia de humedad durante los meses de enero a mayo, se considera a este como cultivo de zonas marginales, en las cuales otros tipos de cultivo no logran desarrollarse satisfactoriamente por lo extremo de las condiciones ecológicas adversas en que se desarrolla, siendo éste un cultivo que tradicionalmente se le ha brindado poco manejo y ha sido muy bueno al ofrecer oportunidad de obtener cosechas con el mínimo de esfuerzo.</p> <p>En la zona se conocen varios cultivares, de los cuales la ciruela roja o coscorrón, la amarilla y la ácida, son las más conocidas.</p>
II. Cultivos de surco	
Caña de azúcar	<p>El cultivo de la caña de azúcar es la principal fuente de recursos económicos para la población del sitio. Los terrenos en los que se encuentra sembrada son tanto de lomerío como de llano, por lo que se identificaron dos sistemas de producción para este cultivo, aunque el Ingenio clasifica a las zonas productoras de caña como de alta, media y baja productividad.</p> <p>A pesar de esta situación se encontró evidencia de una diferenciación en el proceso productivo utilizado por los productores en la zona de lomerío, originado por razones ecológicas y económicas.</p> <p>Caña de azúcar en zona de lomerío. Esta variante en el sistema de producción de la caña de azúcar, se presenta prácticamente en toda la zona de lomerío y las pequeñas partes de sierra que comprende la zona de abasto del ingenio El Potrero, en su mayoría sobre suelos marginales y de alta pedregosidad. Aproximadamente entre los 1,000 a 1,500 msnm y pendientes en ocasiones mayores al 25%.</p> <p>En este sistema las labores de cultivo son básicamente las mismas que las que se realizan en la zona de llano, pero la cantidad y calidad de las mismas son menores debido a las características microclimáticas y a las condiciones de los terrenos, que generalmente presentan de un 10% a un 25%, e inclusive hasta 40% de pendiente.</p> <p>En el 85% de los casos las cepas de caña tienen una edad promedio de 35 años con extremos de 20 a 50 años. El 65% de las plantaciones se establecieron en terrenos anteriormente ocupados por plantaciones de café o que fueron abiertos al cultivo para sembrar maíz. El resto fue establecido en terrenos desmontados para este fin.</p>
Maíz	<p>El cultivo de maíz, hasta hace diez años atrás, era uno de los cultivos principales en el sitio, pero debido al escaso valor comercial la superficie sembrada ha venido cambiando y el uso del suelo ha evolucionado a favor del cultivo de caña de azúcar.</p> <p>Actualmente su cultivo se restringe a pequeñas parcelas en la zona de llanura y en mayor proporción en los sitios de lomerío. En el 85% de los casos encontrados su fin es el autoconsumo y solo en un 15% la superficie excede a una hectárea.</p> <p>La siembra se efectúa en condiciones de temporal, con dos variantes: labranza convencional y labranza de conservación. En todos los casos existen también diferencias en la fórmula de fertilización ya que, dependiendo de los recursos del productor, pueden utilizar desde la 80-00-00, en una sola aplicación a la</p>

	<p>160-60-00, fraccionada en dos aplicaciones.</p> <p>Como ya se menciona anteriormente, la cosecha de grano se aprovecha en su totalidad para el autoconsumo, una parte para los animales de traspatio (cerdos y gallinas) y otra parte para las necesidades de alimentación, aunque en la porción occidental del sitio, los productores no son autosuficientes y tienen que comprar el grano durante los meses de mayo y junio a precios que oscilan entre los \$2.00 y los \$2.40 por kg. El rastrojo se emplea para alimentar al ganado bovino.</p> <p>Maíz de temporal en P-V con labranza convencional. Este sistema es igual al anterior, en cuanto a fechas de siembra y aplicación de agroquímicos, la diferencia está en el uso de implementos agrícolas de tracción animal o mecanizada. El uso de este sistema esta generalizado en las partes planas del área de estudio, sobre todo en las que existe el cultivo de caña. Lo llevan a cabo los productores que cuentan con mayores recursos.</p> <p>El promedio de superficie sembrada en este sistema es semejante al de labranza de conservación y va de media a una hectárea por productor.</p> <p>Se espera un auge en el establecimiento de superficies con maíz debido a los incrementos que se han presentado en productos derivados del maíz como es la tortilla, y al aumento del precio de garantía de \$ 1,500.00 a \$ 3,000.00, esto a principios del 2007.</p>
Frijol	<p>El frijol negro y algunas otras variedades (Jamapa, Negro Veracruz, Tacaná, criollo), se siembran en pequeña escala, durante el ciclo otoño-invierno, del primero al 15 de septiembre ya sea como relevo del maíz, o bien como monocultivo; su desarrollo depende del agua de lluvia y de la humedad residual. En promedio se siembran de 5 a 6 tareas y en muy pocas ocasiones se siembran hectáreas completas; una tarea consume de 3 a 4 Kg. de semilla y se obtiene un rendimiento de 100 a 120 kg. El kilo de semilla, comprada en la misma región varía de los \$10.00 a los \$15.00/ kg.</p>
Calabaza	<p>Tradicionalmente, en el sitio de estudio, la calabaza se ha sembrado asociada con el cultivo de maíz, para darle un mayor valor por unidad de superficie, obtener otro componente para complementar la dieta alimenticia, controlar la maleza y en algunos casos se utiliza como forraje para los animales de traspatio. En la zona de riego de los municipios de Atoyac, Cuitlahuac, Carrillo Puerto y Yanga, este cultivo ha dejado de cultivarse por el uso indiscriminado de herbicidas, pero en la región oriental de Carrillo Puerto, la calabaza se siembra junto con el maíz en el ciclo de primavera verano, al inicio de la temporada de lluvias.</p>
III. Cultivos cíclicos	
Chayote	<p>El cultivo de Chayote se realiza en la zona de lomerío a partir de los 1,000 msnm, en los municipios de Córdoba y Amatlán de los Reyes, así como en algunos huertos de traspatio en el municipio de Atoyac, aunque en la zona que se cultiva caña de azúcar se ve muy afectado por la aplicación de herbicidas.</p> <p>La variedad que más se cultiva es de tamaño medio, sin espinas, de color verde claro. La semilla casi siempre se selecciona del mismo cultivar de cada productor, atendiendo estas características.</p>
Platano	<p>El cultivo de plátano se hace por tareas y en muy raras ocasiones rebasa las 0.5 ha, y en el 80% de los casos se encuentra en la zona de lomerío, asociado a café y cítricos.</p> <p>El precio de venta es en promedio de \$2.00/Kg. y en la mayoría de los casos se hace a coyotes de Puebla, México y Xalapa o a comerciantes de la zona de Córdoba, en muy pocas ocasiones (5%) la venta es en el ámbito local.</p>
Papaya	<p>La siembra de papaya se realiza en temporal y en algunos casos bajo riego presurizado. Cuando se siembra en temporal las plántulas se producen en el mes de marzo para tener lista la planta en las primeras lluvias.</p> <p>Cuando se siembra bajo riego, la plantación se realiza en los meses de diciembre a enero, buscando la cosecha entre los meses de junio a septiembre, que es cuando se tiene mejor precio.</p> <p>Para esta siembra se usan terrenos quebrados o planos, como los que se ubican en las cercanías de la población de Carrillo Puerto.</p>

IV. Sistema de producción ganadera	
Ganadería bovina	<p>Dentro del área de estudio la actividad pecuaria reviste gran importancia después del cultivo de caña de azúcar, tanto por su participación en la economía, como por la superficie y población que a ella se dedican.</p> <p>La explotación ganadera más relevante es la de vacunos para la producción de carne y leche, y secundariamente ovinos (carne), equinos, porcinos (carne) y aves (carne y huevo).</p> <p>Los tipos raciales predominantes del ganado bovino son; <i>Bos taurus</i> y <i>Bos indicus</i>, destacando las cruces de razas cebuínas con la europeas de Pardo suizo y su mestizaje con crollas, Simmental y Holstein friesland.</p> <p>Los productos obtenidos en las unidades de producción bovina están enfocados parcialmente a dos líneas generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Producción de becerros al destete y en mucho menor importancia obtención láctea (doble propósito) y ➤ Media engorda o media ceba de becerros.
Sistema pecuario de media engorda o media ceba de becerros	<p>Este sistema de explotación lo efectúan productores del municipio de Carrillo Puerto, generalmente del estrato medio a alto, que no producen caña de azúcar, con superficies que promedian 50 a 120 ha, muchas de las cuales han cambiado su uso agrícola-cañero a ganadería.</p>
Ganadería ovina	<p>A pesar de que este tipo de actividad presenta algún potencial para la región, las características principales de la explotación ovina en el sitio de estudio presentan la problemática de poseer una baja calidad genética en los rebaños, una inadecuada transferencia y escasa adopción de la tecnología y deficientes canales de comercialización, entre los principales, que no han permitido el desarrollo de la actividad. El tipo de explotación que predomina en el sitio de estudio es la que se considera como de traspatio o de subsistencia. En este sistema los borregos son alojados en corrales hechos de materiales de la región, y pueden o no contar con comederos; generalmente estos animales pastorean durante el día, y no reciben suplementos alimenticios.</p>
Acuacultura	<p>En el área de estudio, existen varias corrientes de tipo permanente entre las cuales sobresale el río Atoyac. La región presenta potencial hidrológico para la acuacultura. Actualmente la población en general se dedica a la pesca deportiva en la corriente referida y en un nivel muy bajo a la pesca con fines comerciales. Esta es aún una actividad incipiente y de tipo extractivo, además de que esta actividad se encuentra afectada por la contaminación en casi todas las vías de agua. El río Atoyac y sus afluentes se encuentran contaminados por las descargas del ingenio Potrero en la temporada de zafra y ocasiona una gran mortandad de especies. El resto de los ríos, como el río Seco recibe descargas de aguas negras provenientes de las ciudades de Córdoba, Potrero y Oasis y de algunos poblados de importancia ubicados en sus márgenes, todos los ríos y arroyos reciben descargas de restos de agroquímicos y azolves provenientes de los campos de cultivo aledaños, sobre todo de los agroquímicos aplicados a los cultivos de caña, entre ellos sobresalen los herbicidas y los excesos de fertilizantes nitrogenados.</p> <p>De este modo se tiene que en la temporada seca, las aguas de los ríos y arroyos presentan una mayor concentración de contaminantes orgánicos por las descargas domésticas recibidas y el menor volumen de escurrimiento de origen pluvial, y en la temporada de lluvias predomina la concentración de contaminantes de origen químico, producido por el lavado y los arrastres de la lluvia sobre los campos de cultivo. A pesar de esto, aún se pueden pescar animales tales como mojarra (<i>Oreochromis spp</i>), Bagre (<i>Ictalurus spp.</i>), camarón de río, acamaya, y diferentes tipos de tortugas (blanca, pinta, tres lomos). Asimismo, aún es posible encontrar iguanas (<i>Iguana iguana</i>), entre la vegetación riparia. Los volúmenes de producción actuales y su valor son difíciles de cuantificar por la ausencia de registros y debido a que esta actividad se realiza de manera ocasional. Sin embargo, algunos productores de Atoyac y Paso del Macho, están tratando de aprovechar el potencial para la cría de peces en estanques, rústicos, y se han iniciado algunos intentos, de este modo, actualmente existen en la zona algunas explotaciones en funcionamiento pero a la mayoría les falta asesoría para controlar los problemas de contaminación y de organización.</p>



Figura 4-28. Sistemas de producción predominantes, caña de azúcar y cítricos

4.4 Descripción del sistema de producción caña de azúcar en los niveles de rendimiento alto, medio y bajo (4)

Con el objeto de conocer caracterizar en forma adecuada el sistema de producción caña de azúcar y poder diferenciar en que consiste que se obtengan diversos niveles de rendimiento se requiere investigar cada uno de los niveles encontrados en la zona de estudio: alto, medio y bajo. Esta actividad se realiza en forma conjunta con personal técnico de la superintendencia de campo e inspectores del ingenio “El Potrero”, de esta manera se describirán las diferencias entre estos niveles, así mismo se dispondrá de un mapa donde se identifiquen las superficies del cultivo de caña diferenciadas por niveles de rendimiento. En el caso de este ingenio se cuenta con una base cartográfica digital de las parcelas que constituyen la zona de abasto del Ingenio, esta base se encontró en formato shape lo cual facilitó su inserción y manejo en el SIG.

La descripción de cada uno de estos niveles se presenta a continuación:

Nivel bajo. Se le considera así ya que se encuentra debajo del punto de equilibrio, es decir que no alcanza a aportar al ingenio el tonelaje considerado por hectárea para cumplir con la cantidad de caña a moler de acuerdo a la capacidad del ingenio, y el rendimiento considerado bajo es menor de 35 ton/ha/año, ya que debajo de esta producción no alcanza a cubrir los costos de producción y su relación beneficio costo es negativa. Se puede considerar de subsistencia, no aplican en forma completa el paquete tecnológico y/o lo hacen con limitantes, en ocasiones faltándoles alguna labor cultural, aplicación de fertilizante o control de plagas y herbicidas, no reciben asesoría técnica, y se debe correlacionar si las condiciones del medio físico influyen en estos rendimientos. Uno de los aspectos de mantener este sistema de producción es

eminentemente social, ya que no se realiza el cambio de sistema de producción a otro cultivo para no perder el derecho al seguro social y a la pensión, la cual una vez que se obtiene, la unidad de producción pasa a poder de otro familiar, es decir se hereda, hasta que éste familiar consigue este beneficio y así sucesivamente. En esta unidad de producción es el productor quien realiza la mayor parte de los trabajos, y el mismo busca contratarse con productores del nivel medio o alto, o en otro tipo de actividades laborales para complementar sus ingresos.

Nivel medio. El nivel de rendimientos donde se pudiera considerar como medio comienza a partir de las 35.1 ton/ha/año y se puede definir su tope al alcanzar el rendimiento promedio que oscila entre 70 ton/ha/año. Los productores aplican el paquete tecnológico completo. Se considera que es la única actividad productiva que realizan estos productores.

Nivel Alto. El nivel Alto se considera arriba del promedio de rendimientos 70 ton/ha hasta rendimientos arriba de 100 ton/ha donde se pueden considerar producciones muy optimas. Estos productores además de aplicar el paquete tecnológico completo, realizan aplicaciones complementarias como cachaza, encalados para mejoramiento del suelo y otros, lo que les permite obtener excelentes rendimientos, además de realizar otro tipo de actividades laborales que les permite aspirar a mejores niveles de vida.

Cuadro 4-31. Indicadores económico-financieros por nivel de rendimiento

Concepto	Nivel alto		Nivel medio		Nivel bajo	
	Plantilla	Soca-resoca	Plantilla	Soca-resoca	Plantilla	Soca-resoca
Costo directo	14,995.00	13,312.00	14,995.00	6,925.00	18,256.75	6,420.50
Costos totales	22,095.00	19,152.00	20,805.00	12,735.00	26,776.75	15,000.50
Rendimiento	80 ton	80 ton	65 ton	65 ton	50 ton (35)	50 ton (35)
P.M.R.	404.00	404.00	404.00	404.00	404.00	404.00
Valor de la producción	32,320.00	32,320.00	26,260.00	26,260.00	20,200.00 (14,140.00)	20,200.00 (14,140.00)
R.B.C.	1.46	1.69	1.27	2.05	0.75 (0.52)	1.35 (0.94)
Nivel de rendimiento		Utilidad (\$/ha)		R.B.C. Sistema de producción		R.B.C. del productor
Bajo 0-30 ton/ha		5,200.00		1.35		0.83
Medio 35-70 ton/ha		13,707.74		2.30		1.13
Alto > 70 ton/ha		20,492.00		2.52		1.18

4.5 Obtención de variables Agroecológicas a emplearse en la Diversificación productiva (5)

4.5.1 Conocimiento de la información climática, disponibilidad de agua para los cultivos potenciales

Este paso se refiere al análisis de la información de tipo climática e hidrológica para conocer el comportamiento climático, así como la disponibilidad de agua en la zona de influencia del ingenio para los cultivos establecidos y potenciales mediante un balance hídrico de los mismos. Para poder realizar este tipo de análisis se parte de la información que se obtiene de las estaciones experimentales ubicadas en la zona de estudio, y en caso de ser necesario, las aledañas a esta zona, con lo que se elabora el climograma de Gausson para la zona de estudio. Como ejemplo, se presenta el caso del Ingenio el Potrero, Veracruz.

EVALUACIÓN DEL DÉFICIT Y EXCEDENTES DE AGUA PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL INGENIO EL POTRERO, VER.

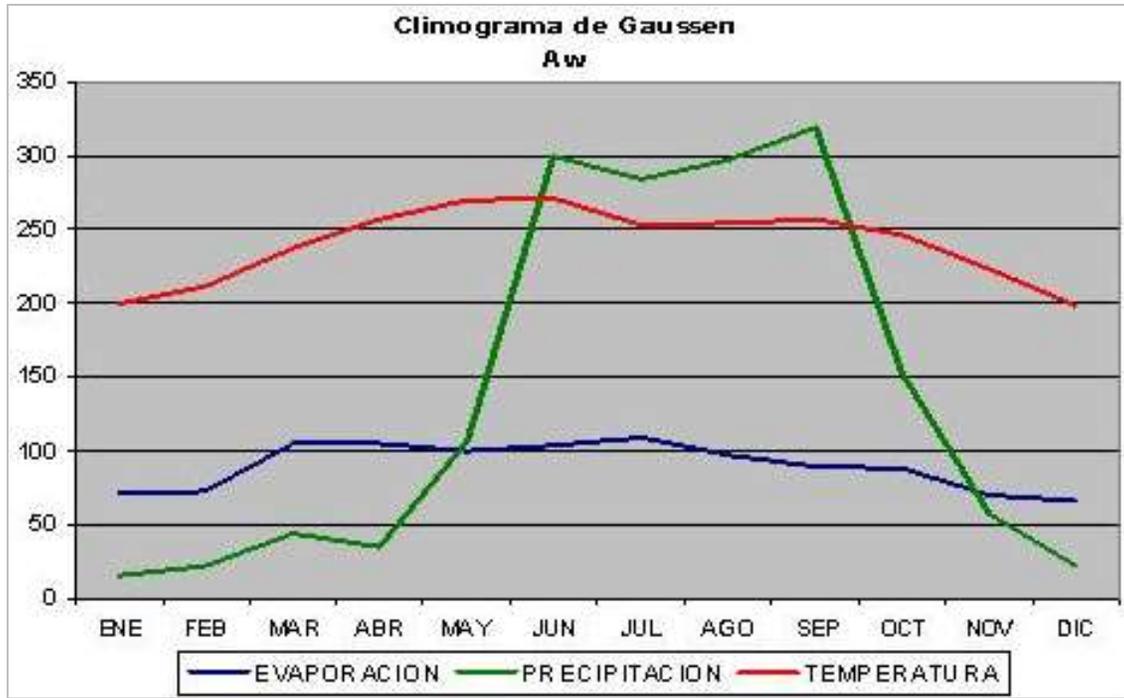


Figura 4-29. Climograma de Gausen

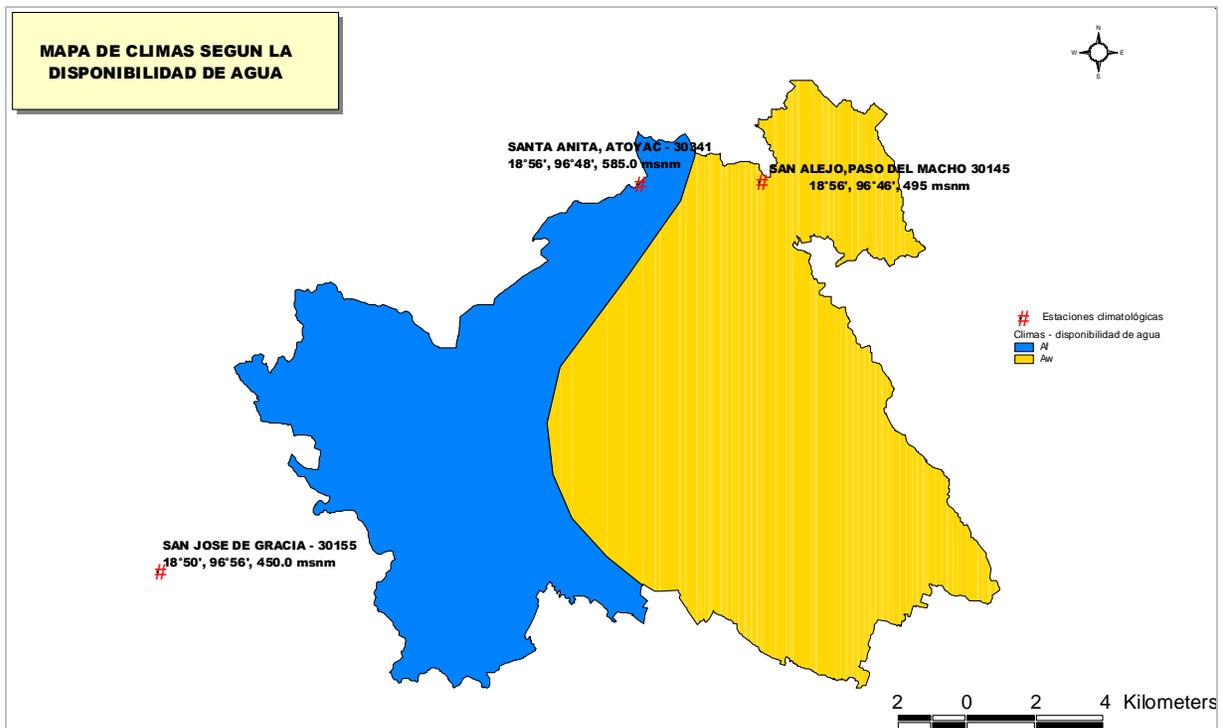


Figura 4-30. Mapa de climas según la disponibilidad del agua

Al hacer el análisis de los datos de precipitación y del climograma de Gausson, del capítulo de climatología del presente estudio, se observó que para las zonas de clima Aw los meses de noviembre a mayo son secos y de manera similar, para las zonas de clima Af este período va de noviembre a abril. En todo ese período, en promedio para ambos tipos de clima, se precipita el 14.43% de la lluvia media anual, mientras que en los 5 meses restantes, de junio a octubre, cae el 85.57% de la precipitación media anual. La distribución de las zonas climáticas según la disponibilidad de agua se observa en la **figura 4-30**.

En el mismo climograma, se puede observar que la evaporación es superior a la lluvia en los meses de noviembre a mayo. Se observa asimismo que lo contrario ocurre de junio a octubre e incluso durante la canícula la precipitación es superior a la evaporación.

Para conocer, de una manera rápida y sencilla, si los niveles de precipitación y evapotranspiración encontrados en el sitio de estudio representan un freno físico a la producción agropecuaria, se utilizó el método de comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual, para cada uno de los cultivos de importancia económica y social que se explotan en la zona de trabajo.

Como primer paso, se determinó la probabilidad al 50% de lluvia esperada para cada uno de los meses del año, de acuerdo a los datos climáticos generados, durante diez años, en las estaciones cuyos registros tienen influencia dentro del sitio, las cuales fueron las estaciones ubicadas dentro de los ingenios Potrero (80329) y Central Progreso (San Alejo, Paso del Macho, 18°56' de latitud norte y 96°46' de longitud oeste) para el clima **Aw**, y la del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados de Chapingo, como representativa del clima **Af**.

Cuadro 4-32. Precipitación media anual considerada

Mes	Tipo climático	
	Aw	Af
Enero	15.76	49.26
Febrero	21.045	37.06
Marzo	21.484	41.71
Abril	46.895	72.09
Mayo	113.101	175.98
Junio	297.175	344.94
Julio	274.06	309.31
Agosto	271.731	385.74
Septiembre	293.636	411.77
Octubre	211.394	274.36
Noviembre	63.687	74.63
Diciembre	26.708	52.67
T o t a l	1,656.7	2,229.5

Para calcular la lluvia esperada se consideraron los valores medios mensuales de estas estaciones durante 10 años de registro, se ordenaron de mayor a menor y se estableció la probabilidad de ocurrencia de acuerdo a la fórmula:

$$P = \frac{m}{n + 1} * 100$$

Donde:

P – Probabilidad de ocurrencia (%)

m – número de orden
n – número total de observaciones

El nivel de certeza seleccionado fue del 50%, debido a que es la probabilidad normalmente utilizada (Anaya et al, 1994), y a que este nivel de probabilidad permite conocer el valor de la lluvia que se puede esperar cada dos años, en promedio, sin mucho riesgo de sesgar la observación hacia una mayoría de años de excedencias o de años deficitarios.

Los valores obtenidos se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 4-33. Cálculo de la probabilidad de lluvia al 50%

Mes	Aw	Af
Enero	15.4	28.1
Febrero	21.6	21.8
Marzo	44.4	34.4
Abril	34.95	49.8
Mayo	105.9	134.9
Junio	300.0	261.1
Julio	283.5	236.2
Agosto	296.5	349.7
Septiembre	318.5	335.3
Octubre	152.9	397.5
Noviembre	56.67	100.9
Diciembre	21.78	44.9

El análisis probabilístico de la lluvia confirma que en los meses de diciembre a abril la probabilidad de que se presenten lluvias aprovechables por los cultivos es baja y que el mes de mayo es de transición entre el periodo seco y el lluvioso con gran irregularidad pluvial.

Como siguiente paso, se determinaron las necesidades mínimas de agua que requieren los cultivos de importancia económica y social, dentro del sitio de estudio y definir si la cantidad de agua que llueve es suficiente para el cultivo, mediante la comparación del consumo de agua por cada uno de ellos (**uso consuntivo**), durante cada mes de su desarrollo y el aporte de agua por la precipitación pluvial en ese mismo periodo.

El uso consuntivo o la cantidad de agua que requieren las plantas para transpirar y formar tejido celular, más el agua que se evapora del suelo donde crece, se determinó mediante el método de Blaney y Criddle. La fórmula que utiliza este método es la siguiente:

$$UC = KF$$

Donde:

UC – uso consuntivo
K – coeficiente que depende del cultivo

$$F = \sum_{i+1}^n (f)$$

(f) – Valor mensual que esta en función de la temperatura y el porcentaje de horas-luz del mes con respecto al total anual, que se determina mediante la siguiente fórmula:

$$f = Kt * P$$

Donde:

Kt – Coeficiente que depende de la temperatura media mensual expresada en °C y se toma del cuadro 1A del apéndice del Manual de Conservación del Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo.

P – Porcentaje de horas luz del mes, que se obtiene del cuadro 2A del apéndice del Manual de Conservación del Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo.

Una vez determinado el valor **F**, se obtiene el valor **K**, dividido en las diferentes etapas de desarrollo para cada cultivo (coeficiente de desarrollo) y se identifica como **Kc**.

Cuadro 4-34. Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos

Mes	Papaya	Maiz	Calabaza	Caña	Citricos	Mango	Pasto	Café	Chayote	Ciruella	Frijol
1	1.00	0.60	0.56	0.30	0.65	0.60	0.48	0.65	0.20	0.20	0.73
2	1.00	0.90	0.75	0.35	0.67	0.75	0.60	0.67	0.23	0.25	1.05
3	1.00	1.08	0.80	0.50	0.69	0.85	0.75	0.69	0.30	0.35	1.10
4	1.00	1.00	0.72	0.60	0.70	1.00	0.85	0.70	0.50	0.65	0.87
5	1.00	0.85	0.65	0.77	0.71	1.10	0.87	0.71	0.70	0.85	0.62
6	1.00			0.90	0.72	1.12	0.90	0.72	0.80	0.95	
7	1.00			0.98	0.72	1.12	0.90	0.72	0.80	0.98	
8	1.00			1.02	0.71	1.05	0.87	0.71	0.75	0.85	
9	1.00			1.02	0.70	1.00	0.85	0.70	0.67	0.50	
10	1.00			0.98	0.68	0.85	0.80	0.68	0.50	0.30	
11	1.00			0.90	0.67	0.75	0.75	0.67	0.35	0.20	
12	1.00			0.78	0.65	0.60	0.60	0.65	0.25	0.20	

NOTA: Los valores de **Kc**, para cada cultivo, se fraccionaron entre el número de meses que tarda el cultivo en alcanzar el 100% de su desarrollo. (Fuente: Colegio de Postgraduados).

Para el cultivo de papayo se considero a la constante **Kc** con un valor similar durante todas las etapas de desarrollo de la plantación, debido a que en la zona de Carrillo Puerto y Paso del Macho, que es en donde se localiza el cultivo de papayo, se considera a este como de alta productividad y con altas poblaciones de plantas en el que casi todas las plantaciones cuentan con sistemas de riego por goteo.

Bajo estas condiciones, es necesario que la planta de papaya disponga de aproximadamente el 60% de la fracción de agua útil en todo su desarrollo, esto significa que el agotamiento permitido no debe sobrepasar el 40% de esta fracción puesto que se corre el riesgo de afectar el rendimiento.

Por lo tanto, se considero a este como un cultivo que requiere mucha agua en sus diferentes estadios de desarrollo y que cuando no se suministran todas las necesidades de agua al cultivo, el déficit de humedad puede disminuir el crecimiento y en consecuencia el rendimiento.

Por esta razón y para este caso, el valor de **Kc** se considero como 1.0 para todas las etapas de desarrollo del cultivo.

Cálculo de los coeficientes P y Kt

El valor de **P** se obtiene de cuadros a partir de los promedios de temperatura para cada uno de los meses en los que se encuentra establecido el cultivo y el porcentaje de horas-luz en el día, para cada mes del periodo considerado, en relación al número total en un año y para la latitud del sitio de estudio (en este caso 18° de latitud Norte). Acto seguido, se calculó a partir de cuadros, el coeficiente **Kt**, que depende de la temperatura media mensual.

Cuadro 4-35. Valores de (P) y (Kt) para el cálculo de usos consuntivos

M e s	P (18° lat. N)	Aw		Af	
		temperatura	Kt	temperatura	Kt
Enero	7.83	20.51	1.542	18.60	1.367
Febrero	7.30	21.54	1.639	19.27	1.421
Marzo	8.42	24.06	1.892	20.34	1.523
Abril	8.50	26.18	2.119	25.13	2.010
Mayo	9.09	27.76	2.300	27.12	2.232
Junio	8.92	27.34	2.255	24.89	1.977
Julio	8.16	26.06	2.108	23.65	1.851
Agosto	8.90	26.09	2.108	23.38	1.819
Septiembre	8.27	26.16	2.119	23.17	1.799
Octubre	8.21	24.93	1.988	22.01	1.688
Noviembre	7.66	23.03	1.798	20.34	1.523
Diciembre	7.74	20.84	1.571	17.87	1.296

El valor de **(f)**, que es el valor de la temperatura y el porcentaje de horas-luz, se obtiene al multiplicar los valores de **P** y **Kt** para cada tipo climático.

El UC, mensual se obtiene al multiplicar los valores de **Kc** por los de **(f)** y se obtienen las necesidades de agua para cada cultivo mes por mes. La suma de todos estos dará el UC durante todo el ciclo de cultivo.

Evaluación del déficit y excedentes de agua para el sitio de estudio del ingenio El Potrero, Ver.

Al contar con los resultados del análisis de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia al 50% y del consumo de agua para cada cultivo, el siguiente paso es el de determinar si el agua precipitada es suficiente o en que cantidad es deficitario el cultivo y los meses durante los que ocurre este evento. Con este fin se hace una comparación entre los valores del uso consuntivo mensual y de la lluvia media, mes a mes. El resultado será el valor de excedencia o de déficit durante el ciclo de desarrollo del cultivo.

Cuadro 4-36. Uso consuntivo, cultivo: Maíz

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40				
Febrero	21.80	21.60				
Marzo	34.40	44.40				
Abril	49.80	34.95				
Mayo	134.90	105.90				
Junio	261.10	300.00	119.46	123.10	141.64	176.90
Julio	236.20	283.50	145.19	165.61	91.01	117.89
Agosto	349.70	296.51	177.92	202.62	171.78	93.89
Septiembre	335.30	318.50	150.43	174.33	184.87	144.17
Octubre	397.50	152.90	125.54	147.87	271.96	5.03
Noviembre	100.90	56.67				
Diciembre	44.90	21.78				
T o t a l	1,994.60	1,652.11	718.54	813.53	861.26	537.88

Cuadro 4-37. Uso consuntivo, cultivo: Caña de azúcar

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	32.11	36.22	-4.01	-20.82
Febrero	21.80	21.60	36.31	41.88	-14.51	-20.28
Marzo	34.40	44.40	64.12	79.65	-29.72	-35.25
Abril	49.80	34.95	102.51	108.07	-52.71	-73.12
Mayo	134.90	105.90	156.22	160.98	-21.32	-55.08
Junio	261.10	300.00	158.71	181.03	102.39	118.97
Julio	236.20	283.50	148.02	168.57	88.18	114.93
Agosto	349.70	296.51	165.13	191.36	184.57	105.15
Septiembre	335.30	318.50	151.75	178.75	183.55	139.75
Octubre	397.50	152.90	135.81	159.95	261.69	-7.05
Noviembre	100.90	56.67	105.00	123.95	-4.10	-67.28
Diciembre	44.90	21.78	78.24	94.84	-33.34	-73.06
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,333.94	1,525.27	660.66	126.84

Cuadro 4-38. Uso consuntivo, cultivo: Calabaza

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40				
Febrero	21.80	21.60				
Marzo	34.40	44.40				
Abril	49.80	34.95				
Mayo	134.90	105.90				
Junio	261.10	300.00	98.76	114.89	162.34	185.11
Julio	236.20	283.50	113.28	138.01	122.92	145.49
Agosto	349.70	296.51	129.51	150.09	220.19	146.42
Septiembre	335.30	318.50	107.12	125.52	228.18	192.98
Octubre	397.50	152.90	90.08	113.08	307.42	39.82
Noviembre	100.90	56.67				
Diciembre	44.90	21.78				
T o t a l	1,994.60	1,652.11	538.75	641.58	1,041.05	709.83

Cuadro 4-39. Uso consuntivo, cultivo: Frijol

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40				
Febrero	21.80	21.60				
Marzo	34.40	44.40				
Abril	49.80	34.95				
Mayo	134.90	105.90				
Junio	261.10	300.00				
Julio	236.20	283.50				
Agosto	349.70	296.51	118.18	136.96	231.52	159.55
Septiembre	335.30	318.50	156.22	184.00	179.08	134.50
Octubre	397.50	152.90	152.44	179.54	245.06	-26.64
Noviembre	100.90	56.67	101.50	119.82	-0.60	-63.15
Diciembre	44.90	21.78	62.19	75.39	-17.29	-53.61
T o t a l	1,994.60	1,652.11	590.53	695.71	637.77	150.65

Cuadro 4-40. Uso consuntivo, cultivo: Lima persa

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	69.57	78.48	-41.47	-63.08
Febrero	21.80	21.60	69.50	80.16	-47.70	-58.56
Marzo	34.40	44.40	88.48	109.92	-54.08	-65.52
Abril	49.80	34.95	119.60	126.08	-69.80	-91.13
Mayo	134.90	105.90	144.05	148.44	-9.15	-42.54
Junio	261.10	300.00	126.97	144.83	134.13	155.17
Julio	236.20	283.50	108.75	123.85	127.45	159.65
Agosto	349.70	296.51	114.94	133.20	234.76	163.31
Septiembre	335.30	318.50	104.14	122.67	231.16	195.83
Octubre	397.50	152.90	94.24	110.99	303.26	41.91
Noviembre	100.90	56.67	78.16	92.28	22.74	-35.61
Diciembre	44.90	21.78	65.20	79.04	-20.30	-57.26
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,183.61	1,349.93	810.99	302.18

Cuadro 4-41. Uso consuntivo, cultivo: Mango

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	64.22	72.44	-36.12	-57.04
Febrero	21.80	21.60	77.80	89.74	-56.00	-68.14
Marzo	34.40	44.40	109.00	135.41	-74.60	-91.01
Abril	49.80	34.95	170.85	180.12	-121.05	-145.17
Mayo	134.90	105.90	223.18	229.98	-88.28	-124.08
Junio	261.10	300.00	197.51	225.28	63.59	74.72
Julio	236.20	283.50	169.17	192.65	67.03	90.85
Agosto	349.70	296.51	169.99	196.99	179.71	99.52
Septiembre	335.30	318.50	148.78	175.24	186.52	143.26
Octubre	397.50	152.90	117.80	138.73	279.70	14.17
Noviembre	100.90	56.67	87.50	103.30	13.40	-46.63
Diciembre	44.90	21.78	60.19	72.96	-15.29	-51.18
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,595.97	1,812.84	398.63	-160.73

Cuadro 4-42. Uso consuntivo, cultivo: Pasto

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	51.38	57.95	-23.28	-42.55
Febrero	21.80	21.60	62.24	71.79	-40.44	-50.19
Marzo	34.40	44.40	96.18	119.48	-61.78	-75.08
Abril	49.80	34.95	145.22	153.10	-95.42	-118.15
Mayo	134.90	105.90	176.51	181.89	-41.61	-75.99
Junio	261.10	300.00	158.71	181.03	102.39	118.97
Julio	236.20	283.50	135.94	154.81	100.26	128.69
Agosto	349.70	296.51	140.85	163.22	208.85	133.29
Septiembre	335.30	318.50	126.46	148.96	208.84	169.54
Octubre	397.50	152.90	110.87	130.57	286.63	22.33
Noviembre	100.90	56.67	87.50	103.30	13.40	-46.63
Diciembre	44.90	21.78	60.19	72.96	-15.29	-51.18
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,352.04	1,539.06	642.56	113.05

Cuadro 4-43. Uso consuntivo, cultivo: Café

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	69.57	78.48	-41.47	-63.08
Febrero	21.80	21.60	69.50	80.16	-47.70	-58.56
Marzo	34.40	44.40	88.48	109.92	-54.08	-65.52
Abril	49.80	34.95	119.60	126.08	-69.80	-91.13
Mayo	134.90	105.90	144.05	148.44	-9.15	-42.54
Junio	261.10	300.00	126.97	144.83	134.13	155.17
Julio	236.20	283.50	108.75	123.85	127.45	159.65
Agosto	349.70	296.51	114.94	133.20	234.76	163.31
Septiembre	335.30	318.50	104.14	122.67	231.16	195.83
Octubre	397.50	152.90	94.24	110.99	303.26	41.91
Noviembre	100.90	56.67	78.16	92.28	22.74	-35.61
Diciembre	44.90	21.78	65.20	79.04	-20.30	-57.26
T o t a l	1,994.60	1,652.11	1,183.61	1,349.93	810.99	302.18

Cuadro 4-44. Uso consuntivo, cultivo: Ciruela

M e s	Lluvia media (mm)		Uso consuntivo (mm)		Balance hidrico (mm)	
	Af	Aw	Af	Aw	Af	Aw
Enero	28.10	15.40	21.41	24.15	6.69	-8.75
Febrero	21.80	21.60	25.93	29.91	-4.13	-8.31
Marzo	34.40	44.40	44.88	55.76	-10.48	-11.36
Abril	49.80	34.95	111.05	117.07	-61.25	-82.12
Mayo	134.90	105.90	172.46	177.71	-37.56	-71.81
Junio	261.10	300.00	167.53	191.09	93.57	108.91
Julio	236.20	283.50	148.02	168.57	88.18	114.93
Agosto	349.70	296.51	137.61	159.47	212.09	137.04
Septiembre	335.30	318.50	74.39	87.62	260.91	230.88
Octubre	397.50	152.90	41.58	48.96	355.92	103.94
Noviembre	100.90	56.67	23.33	27.55	77.57	29.12
Diciembre	44.90	21.78	20.06	24.32	24.84	-2.54
T o t a l	1,994.60	1,652.11	988.25	1,112.18	1,006.35	539.93

A excepción de los cultivos de maíz y calabaza, la escasez de agua de lluvia durante los meses de diciembre a mayo y su mala distribución durante el resto del año, provocan que en el sitio de estudio se presente un temporal deficiente para la producción agropecuaria. Además de esto, cada vez más aumentan las áreas con problemas de erosión, debido al mal manejo del suelo y el agua de lluvia, lo cual agrava aun más la problemática agropecuaria y la alta incidencia de organismos considerados como plagas.

Los cultivos de ciruela y mango, merecen un análisis más detallado en el que se incluya la variación del nivel de agua freática y el tipo de suelo, aún a pesar de los problemas de comercialización que enfrentan, ya que en el caso del primero se considera a este como el cultivo mejor adaptado a las condiciones del sitio por su alta resistencia a la sequía estival y su alto potencial productivo. En el caso del mango, aún a pesar de que para la zona climática **Aw** muestra un balance hídrico globalmente negativo, físicamente presenta un buen desarrollo productivo, principalmente en la zona climática **Af** y en la zona de transición entre ambos tipos climáticos.

Cuadro 4-45. Análisis realizado del balance hídrico para los cultivos actuales y potenciales de la zona de estudio

Cultivo	Zona climática	Precipitación	Uso consuntivo	PP aprovechada	Deficiencias de PP	Excedentes de PP	Potencial
Maíz	Af	1994.60	718.54 mm	718.54 mm	0.00 mm	1007.06 mm	36.02%
	Aw	1652.11	813.53 mm	813.53 mm	0.00 mm	616.33 mm	50.05%
Caña	Af	1994.60	1333.94 mm	1174.22 mm	159.71 mm	820.38 mm	58.86%
	Aw	1652.11	1525.27 mm	1180.36 mm	352.04 mm	578.8 mm	72.36%
Frijol	Af	1994.60	590.53 mm	572.64 mm	17.89 mm	1152.96 mm	28.7%
	Aw	1652.11	695.71 mm	578.95 mm	143.40 mm	877.55 mm	35.62%
Mango	Af	1994.60	1595.97 mm	1204.65 mm	391.34 mm	789.95 mm	60.39%
	Aw	1652.11	1812.84 mm	1229.49 mm	583.25 mm	422.52 mm	75.65%
Pasto	Af	1994.60	1352.04 mm	1089.52 mm	459.77 mm	920.37 mm	54.62%
	Aw	1652.11	1539.06 mm	1125.92 mm	459.77mm	573.82 mm	69.28%
Café	Af	1994.60	1183.61 mm	961.4 mm	242.50 mm	1053.50 mm	48.2%
	Aw	1652.11	1349.93 mm	1029.81 mm	413.70 mm	715.87 mm	63.36%
Limón	Af	1994.60	1183.61 mm	961.4 mm	242.50 mm	1053.5 mm	48.2%
	Aw	1652.11	1349.93 mm	1092.81 mm	413.70 mm	715.87 mm	63.36%

Para determinar de una manera más exacta la excedencia o déficit de agua para los diferentes cultivos en el sitio de estudio, podría evaluarse a la humedad disponible mediante la valoración de la precipitación efectiva (agua almacenada en la zona de raíces) y utilizar esos datos en lugar de la probabilidad de precipitación ya que no toda el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo puede realmente ser utilizada por las plantas.

Parte del agua de lluvia se infiltra a través de la superficie y parte fluye sobre el suelo en forma de escorrentía superficial. Cuando la lluvia cesa, parte del agua que se encuentra en la superficie del suelo se evapora directamente a la atmósfera, mientras que el resto se infiltra lentamente en el interior del suelo. Del total del agua que se infiltra, parte percola por debajo de la zona de raíces, mientras que el resto permanece almacenada en dicha zona y podría ser utilizada por las plantas.

El agua de lluvia evaporada, la de percolación profunda y la de escorrentía superficial no pueden ser utilizadas por el cultivo, o sea no son efectivas.

En otras palabras, el término "precipitación efectiva" es utilizado para definir esa fracción de la lluvia que esta realmente disponible para satisfacer al menos parte de las necesidades de agua de las plantas. Este parámetro puede determinarse por experimentos o se estima por medio de ecuaciones empíricas (FAO, 1993); aunque para esto habría que tomar en cuenta otros factores como son tipos de suelo y profundidad del mismo, capacidad de campo, relieve, coeficientes de escorrentía y en general hacer un balance hídrico dentro de cada cuenca en el área de estudio.

La ecuación del balance hídrico comprende la precipitación realmente recibida en la superficie del suelo (**P**), y las aguas superficiales y subsuperficiales recibidas dentro de la cuenca (**Q**). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación y transpiración (**ET**) y la salida de las aguas superficiales, o sea la escorrentía (**ES**), y las aguas subterráneas (**ST**).

$$P + Q = ET + ES + ST$$

De cualquier modo, se considera que el método seguido para hacer esta evaluación del déficit y excedencias de agua mediante la comparación del uso consuntivo mensual con la lluvia media mensual para la zona de influencia del ingenio El Potrero, es un método gráfico sencillo que permite visualizar de una manera objetiva y rápida la necesidad de agua para los cultivos establecidos e interpretar más claramente los frenos físicos en el sitio de estudio.

La evaluación realizada indica que en un periodo de siete meses consecutivos, la lluvia no es suficiente para abastecer las necesidades de agua de los cultivos y que es necesario realizar de manera generalizada:

- a) obras de captación y conservación de agua de lluvia
- b) mejorar las prácticas de labranza para que a su vez mejoren las condiciones físicas del suelo y así aumentar su capacidad de almacenamiento (subsoleo, surcado en contorno, zanjas de infiltración, tinas ciegas)
- c) incorporación de materia orgánica y evitar la quema y la requema de residuos al término de la cosecha como ya lo hacen algunos productores.

Para concluir, es necesario realizar obras de captación y conservación del agua que se presenta en exceso durante 5 meses del año para asegurar las cosechas y aumentar los rendimientos de los cultivos actuales (principalmente del cultivo de limón que alcanza su mayor valor durante la temporada invernal), y además, para que los productores del sitio puedan hacer con éxito cultivos de secano que les permitan obtener mayores ingresos y estar ocupados durante todo el año.

4.5.2 Obtención de potencialidad del suelo

Otra de las variables agroecológicas que se emplean en esta metodología son las características de los suelos para determinar su potencialidad, lo cual se puede obtener a través de diversos medios:

Disponibilidad de estudios agrológicos o de suelos

- Estudios agrológicos de suelos detallados o semidetallados de la región donde se ubique la zona de estudio
- Estudios de Uso potencial del suelo
- Estudios o diagnósticos del recurso suelo como Inventarios,
- Cartografía de perfiles de suelo de INEGI.

Cuando se cuenta con los estudios mencionados es necesario analizarlos ya que en ellos se describen las principales características de las unidades de suelo, sus series y fases, y de donde se obtiene mediante la evaluación de los factores de demérito las clases potenciales de suelos para la producción de cultivos y la ubicación de zonas con niveles de acidez y alcalinidad del suelo PH. Lo anterior permitirá sistematizar la información para su manejo en el SIG y correlacionarla con los requerimientos agroecológicos relacionados a suelos de los cultivos actuales y potenciales propuestos para la diversificación productiva.

En el caso del Ingenio El Potrero los estudios encontrados están desarrollados a escalas menores, es decir 1:250,000 por lo cual debido al tamaño de la zona de estudio no se consideró conveniente emplearlos directamente, ya que se generalizaba demasiado la información, por lo cual sólo se consideraron como de referencia.

Los estudios e información consultada son los siguientes:

- Inventario de áreas erosionadas, rangos de pendiente y unidades de suelo del estado de Veracruz, realizado por la Universidad Autónoma Chapingo para la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua de la SARH, en el año de 1982.
- Uso potencial del suelo en la región norte del estado de Veracruz, estudio elaborado por la compañía ICATEC, S.A. para la Comisión del Plan Nacional Hidráulico según contrato No. CPNH-78-10, en Marzo de 1979.
- Uso potencial del suelo. Anexo B Planicie costera del estado de Veracruz, Documentación de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, 1977.
- Los suelos de la cuenca del Papaloapan. Ing. Gaudencio Flores Mata, SARH, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Subdirección de Agrología, 1978.
- Documentos técnicos y planos proporcionados por el personal técnico del Ingenio El Potrero.
- Documentación digital proporcionada por personal del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados de Chapingo, como foros de la caña de azúcar.
- Trabajos de tesis y proyectos desarrollados por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Veracruzana

- Trabajos de tesis y proyectos desarrollados por la Facultad de Química- Especialidad Químico Agrícola de la Universidad Veracruzana.
- Cartografía INEGI como ortofotos, cartas digitales e impresas.
- Documentación de trabajos realizados por personal del Instituto de Geografía de la UNAM.

La información anterior fue recopilada en una intensa búsqueda y procesada para su análisis, de lo cual se desprende que existen diversas versiones en relación a los suelos de la zona de abasto, por lo cual se analizaron todas las fuentes mencionadas para obtener el siguiente documento.

Debido a que se requería mayor detalle en la información del potencial de los suelos, se procedió a obtenerla mediante un levantamiento de suelos.

Levantamiento de suelos

El levantamiento de suelos se apoyó como referencia en los estudios mencionados anteriormente. Esta actividad se desarrolló con trabajo de campo definiendo transectos y empleando perfiles naturales, artificiales o mediante barrenaciones, En entrevistas directas con productores de bajos rendimientos se empleó el formato de características de suelos diseñado en el IMTA (Guía Técnica para producción y conservación en el Trópico) donde se obtienen las principales características de los suelos.

Cuadro 4-46. Formato para obtener características de suelos

Nombre del productor	Unidad de producción
Nombre del técnico	Municipio
Ingenio	División
Zona	Suelo

Pendiente % *	Textura (incluir pedregosidad)			Estructura			Consistencia			Color	Reacción (pH)	Salinidad			
				Granular	Laminar	Blocosa Subangular	Blocosa Angular	Prisma	Suelto			Friable	Firme	Ba-ja	Media
Capa Arable															
Subsuelo															
Profundidad del suelo	Fertilidad natural			Almacenamiento de humedad			Permeabilidad			Escurrimiento superficial			Profundidad del nivel freático	Esquema del perfil	
	Baja	Media	Alta	Baja	Moderada	Alta	Lenta	Moderada	Rápida	Lento	Medio	Rápido			
Inundación	Clase de drenaje				Riesgo de erosión			Erosión actual			Forma de erosión				
	Excesivo	Bueno	Moderadamente pobre	Pobre	Hídrica	Eólica		Hídrica	Eólica						
					Baja	Media	Alta	Ligera	Moderada	Severa					
Uso actual		Cobertura		Clasificación por capacidad de uso						Geoforma					
		% o Kg. /ha		Tipo											
Limitaciones															
Alternativas de manejo															

* Se puede emplear el mapa de pendientes obtenido a través de los Modelos de Elevación digital o de la carta topográfica.

Mediante el empleo del formato anterior es posible conocer los suelos de acuerdo con sus características en subclases de suelos y considerando los siguientes factores:

- ↻ Subclases de suelos erosión E, factores:
 - Susceptibilidad a la erosión y/o erosión actual,
- ↻ Drenaje
 - Clase de drenaje
- ↻ Topografía
 - Pendiente (%)
- ↻ Suelo S
 - Textura (0 a 100 cm de profundidad)
 - Profundidad (cm)
 - Salinidad
 - Piedras superficiales o rocosidad (%)
- ↻ Retención de humedad

En el resto de la superficie se llevó a cabo el levantamiento en sitios de muestreo establecidos mediante transectos que cubrieran toda la zona del proyecto.



Figura 4-31. Muestreo de suelo mediante barrenación

En la zona de estudio del Ingenio El Potrero se ubicaron 118 sitios de muestreo, y se analizaron los estudios realizados en la zona, de tal forma que una vez realizado el transecto se definieron los siguientes perfiles: a) hechos con barrena Barr, b) bancos de materiales C-BM, c) cortes por canales C-CAN, d) corte por caminos C-CM, e) corte natural en ríos C-RIO, f) zanjas excavadas C-ZJ y g) perfiles superficiales SUP.

Las texturas en cada perfil fueron determinadas con base en el reconocimiento al tacto y corroboradas con estudios de suelos realizados anteriormente, sólo que a escalas mayores, las clases texturales encontradas fueron: a) Arena – S, b) Limo – L, c) Arcilla – R, d) Franco – F, e) Arcilla francosa – RF, f) Franco arenoso – FS, g) Franco arcilloso – FR, h) Gravilla – g, i) Tepetate – T, j) Tepetate, arcilloso – Tr, k) Tepetate arenoso – Ts, l) Tepetate arenoso – gravoso – Tsg y m) Tepetate Francoso – Tf

Los colores de suelo encontrados fueron: Amarillo – am, Blanco – bl, Café claro – Cf-c, Café oscuro – Cf-o, Gris – GRI, Naranja – NAR, Negro – NEG, Ocre – OCR, Rojo – Roj y Rosa – ROS

La pedregosidad encontrada se clasifico de la siguiente manera: Ausente 0, Escasa 1, Abundante 2, Más piedra que suelo 3, Gravilla g, Piedra redonda pr, Piedra angular f y Rocas (> 1m diámetro) r.

Para poder ubicar los suelos en áreas con las características homogéneas se cartografiaron 54 unidades de paisaje, las cuales se diferenciaron por textura, color y pedregosidad, las cuales se ubican en seis unidades de relieve: Lomerío Potrero, Temporal Sta. Rita, Sierra Esperanza, Sierra San Rafael, Sierra Atoyac y Sierra Tepetzala.

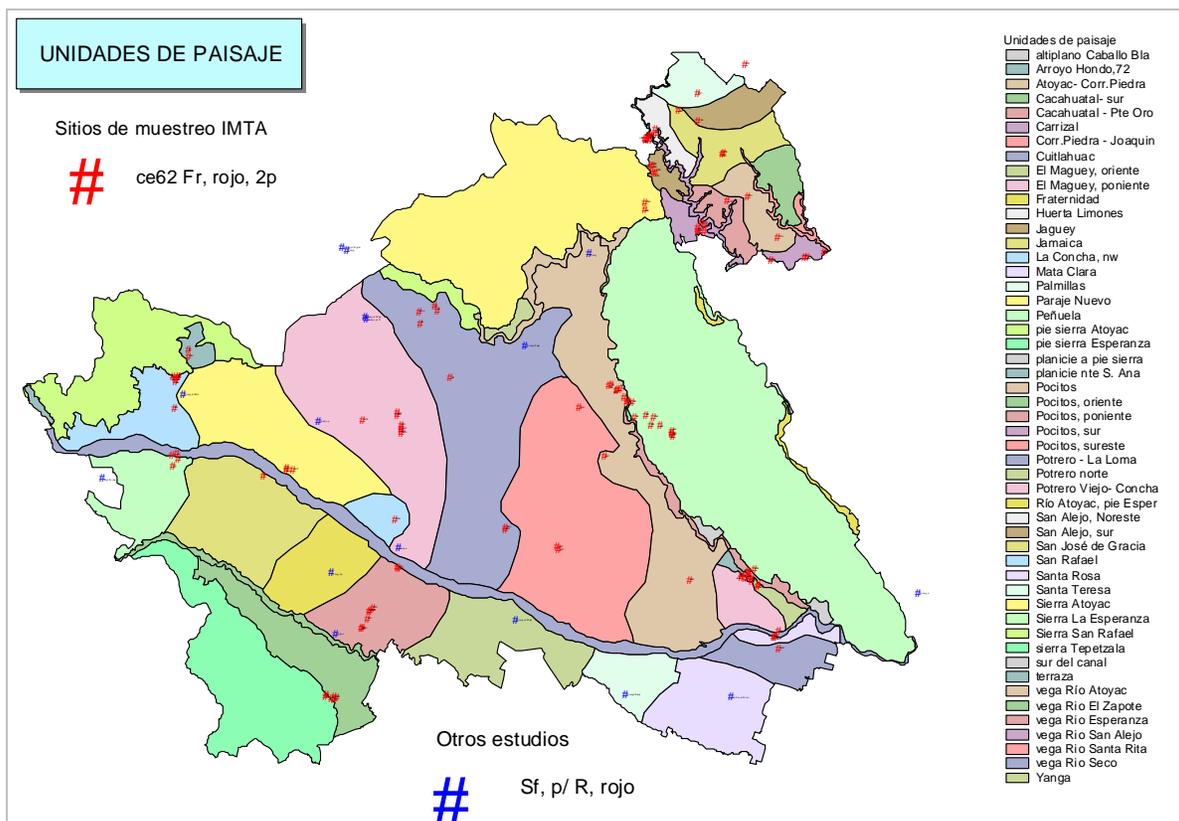


Figura 4-32. Unidades de paisaje

Cuadro 4-47. Unidades de paisaje en la zona de estudio

No.	Unidad de paisaje	Clave	Textura	Color	Pedregosidad	Rango de pH
1	San Rafael	Frneg,2p/R-ocr/Tsg oc	Franco Arcilloso/Arcilla/ Arena gravosa	Negro/ocre/ ocre	Abundante piedra angular	5-5.75
2	Peñuela	Rf-neg,2p/R- rosa/Tr+Ts	Arcilla francosa/Arcilla/ tepetate arcilloso + tepetate arenoso	Negro/rosa	Abundante piedra angular	5-5.75
3	Paraje Nuevo	Rf-neg,2p/R-ocr/Tsg, ocr	Arcilla francosa/arcilla/ Arena gravosa	Negro/ocre/ Ocre	Abundante piedra angular	5.5-6.5
4	San José de Gracia	Rf-neg,2p/R-ocr/Tsg, ocr	Arcilla francosa/Arcilla/ Arena gravosa	Negro/ocre/ Ocre	Abundante Piedra angular	5.56-5.70
5	Cacahuatal-sur	Rf-neg,2p/R-ocr	Arcilla francosa/ Arcilla	Negro/ocre	Abundante Piedra angular	5.5-6.5
6	cacahuatal – Pte. Oro	R-neg,2p	Arcilla	Negro	Abundante piedra angular	5.5-6.5
7	Planicie nte. S. Ana	R-rojo, 2p	Arcilla	Rojo	Abundante piedra angular	5-5.75
8	Potrero Viejo-Concha	R-rojo, 2p	Arcilla	Rojo	Abundante piedra angular	4.48-5.36
9	La Concha nw	FS-neg,2p,g	Franco arenoso /gravilla	Negro	Abundante piedra angular	5.5-6.5
10	Fraternidad	F-neg,2p	Franco	Negro	Abundante piedra angular	5.5-6.5
11	Potrero- La Loma	R-rojo	Arcilla	Roja	Nula	6.16-6.95
12	Corr. Piedra Joaquín	Fr,cf,2p/Rf-rojo/Tsg, ocr	Franco arcillosa/arcilla francosa/areno gravosa	Café(roja/ Ocre	Abundante piedra angular	6.16-6.95
13	Pie Sierra Atoyac	R-negro	Arcilla	Negro	Nula	4.48-5.36
14	Potrero Norte	R-negro	Arcilla	Negro	Nula	5.5-6.5
15	Atoyac- Corr. Piedra	R-negro	Arcilla	Negro	Nula	6.62-6.99
16	Planicie a pie de sierra	R-negro	Arcilla	Negro	Nula	5.5-6.5
17	Cuitlahuac	R-negro	Arcilla	Negro	Nula	6.62-6.99
18	Arroyo hondo, 72	Rf-cf,2p/F- ocr/Tsg,ocr	Arcilla francosa /franco/arena gravosa	Café/ocre	Escasa piedra angular	5.5-6.5
19	Pie Sierra Esperanza	Rf-neg,2p)	Arcilla francosa	Negro	Abundante-piedra angular	5.5-6.5
20	El Maguey, poniente	Rf,cf,2p/R-rosa	Arcilla francosa /arcilla	Café/rosa	Abundante piedra angular	6.62-6.99
21	El Maguey, oriente	Rf-neg,2p/R- rosa/Tsg, gris	Arcilla francosa /arcilla/arena gravosa	Negro/rosa/ Gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
22	Planicie a pie de sierra	Rf-neg,2p/R- rosa/Tsg, gris	Arcilla francosa/arcilla/arena Gravosa	Negro/rosa /gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
23	Santa Rosa	R-cf,2p/R,rojo/Tf-gri	Arcilla/Arcilla /tepetate francoso	Café/rojo /gris	Abundante piedra angular	6.62-6.99
24	Yanga	R-neg,2p/R-rojo	Arcilla/arcilla	Negro/rojo	Abundante piedra angular	5.5-6.5
25	Palmillas	R-neg/R-rojo	Arcilla/arcilla	Negro/rojo	Nula	6.62-6.99
26	Mata Clara	Fr/cf,2p/R-ocr	Franco arcillosa /arcilla	Café/ocre	Abundante piedra angular	6.62-6.99
27	Vega Río Atoyac	Fs-neg/roca(P)	Franco arenoso /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
28	Vega Río Esperanza	R-neg(P)	Arcilla	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
29	Vega Río Esperanza	R-rosa(P)	Arcilla	Rosa	Escasa piedra angular	5.5-6.5
30	Vega Río Seco	Fs-neg/roca(P)	Franco arenoso /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
31	Vega Río El Zapote	Fs-neg/roca(P)	Franco arenosa/roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
32	Santa Teresa	Fr,cf-o,2p/Rf,nar	Franco arcilloso /franco arcilloso	Café oscuro/naranja	Abundante Piedra angular	5.5-6.5
33	Jagüey	RF,cf,2p/Fr- gri+nar/Tsg	Arcilla francosa /franco arcilloso	Café/gris/ Naranja	Abundante piedra angular	5.5-6.5

No.	Unidad de paisaje	Clave	Textura	Color	Pedregosidad	Rango de pH
			/arena gravosa			
34	Jamaica	Fr,-neg,2p/Tsg, ocre+gris	Franco arcillosa /arena gravosa	Negro/ocre+ Gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
35	San Alejo, Noreste	R-rojo,2p/Tr,nar+ Tsg,gris	Arcilla/tepetate Arcilloso/arena Gravosa	Rojo/naranja /gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
36	Pocitos, poniente	Fr/R-rojo,2p/Tsg,gris	Franco arcillosa /arcilla/arena Gravosa	Rojo/gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
37	Pocitos	Rf-neg,2p/Tsg-ocr	Arcilla francosa /Arena gravosa	Negro/ocre	Abundante piedra angular	5.5-6.5
38	Pocitos, oriente	Rfneg,2p/tsg-ocr	Arcilla francosa /arena gravosa	Negro/ocre	Abundante piedra angular	5.5-6.5
39	Pocitos, sur	F-neg,2p/Tsg,gri+ ocre	Franco/arena Gravosa	Negro/gris+ Ocre	Abundante piedra angular	5.5-6.5
40	Pocitos, sureste	F-neg,2p/Tsg+ Gris+ocre	Franco/arena Gravosa	Negro/gris+ Ocre	Abundante piedra angular	5.5-6.5
41	Huerta limones	Tsg-gris	Arena gravosa	Gris	Escasa piedra angular	5.5-6.5
42	San Alejo, sur	Fr/R-rojo/Tr+tsg	Franco arcillosa /arcilla/tepetate Arcilloso + arena gravosa	Rojo	Nula	5.5-6.5
43	Carrizal	Rf/R,rojo,2p/Tsg, gris	Arcilla francosa /arcilla/arena gravosa	Rojo/gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
44	Sur del canal	RF/R-rojo,2p/Tsg gris	Arcilla francosa /arcilla/arena Gravosa	Rojo/gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
45	Altiplano Caballo Blanco	R-rojo,2/Tr,nar+tsg Gris	Arcilla/tepetate Arcilloso/arena gravosa	Rojo/naranja/ Gris	Abundante piedra angular	5.5-6.5
46	Vega Río Santa Anita	Fs-neg/roca(P)	Franco arenoso /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
47	Vega Río San Alejo	Fs-neg/roca(P)	Franco arenoso /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
48	Río Atoyac, pie sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Franco arenosa /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
49	Río Atoyac, sierra Esperanza	Fs-neg/roca(P)	Franco arenosa /roca	Negro	Escasa piedra angular	5.5-6.5
50	Sierra San Rafael	Fr-neg,3p/roca	Franco arcillosa /roca	Negro	Excesiva piedra angular	5-5.75
51	Terraza	Fr-neg,2p/roca	Franco arcillosa /roca	Negro	Abundante piedra angular	5-5.75
52	Sierra Atoyac	Fr-neg,3p/roca	Franco arcillosa /roca	Negro	Excesiva piedra angular	4.48-5.36
53	Sierra La Esperanza	Fr-neg,3p/roca	Franco arcillosa /roca	Negro	Excesiva piedra angular	5.5-6.5
54	Sierra Tepetzala	Fr-neg,3p/roca	Franco arcillosa /roca	Negro	Excesiva piedra angular	5.5-6.5



Figura 4-33. Pedregosidad abundante en lomeríos de la Sierra La Esperanza

Para poder clasificar los suelos se empleó el cuadro que contiene los elementos para poder clasificar los suelos de acuerdo a su potencial (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 4-48. Clasificación de suelos de acuerdo a su potencial

Subclases de suelos	Factores	Clases de suelos							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Erosion E	Riesgo de erosión y/o erosión actual	Ligera	Moderada	Moderada	Fuerte	Ligera	Fuerte	Fuerte	Áreas no capaces de producir plantas comerciales. Ejemplos: Afloramientos de roca, playas.
Drenaje D	Clase de drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno o moderadamente pobre	Bueno o moderadamente	Excesivo, bueno, moderadamente pobre o	Excesivo, bueno, moderadamente pobre	
Topografía T	Pendiente (%)	0 – 2	0 – 4	0 – 7	0 - 20	0 – 2	0 - 40	Sin límite	
Suelos	Textura (0 a 100 cm de profundidad)	Todas las clases texturales Excepto arena, arena francosa y arcilla	Todas las clases texturales excepto arena, arena francosa y arcilla muy pesada	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas	Todas	Todas	
	Profundidad (cm)	> 100	> 100	> 50	> 50	> 100	> 25	Sin límite	
	Salinidad	Baja	Baja	Baja	Baja o	Baja o	Baja o alta	Baja o alta	

Subclases de suelos	Factores	Clases de suelos							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
					media	media			
	Piedras superficiales o jocosidad (%)	0	< 0.1	< 2	< 10	< 25	< 25	< 90	
	Retención de humedad	Alta	Alta	Alta o media	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	
	Humedad (hasta 1 m de profundidad)	Humedad más de 9 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Saturado de 2 a 5 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo menos de 3 meses del año. Saturado más de 5 meses del año	Saturado, húmedo a seco	

Asimismo la relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra se presenta en el siguiente cuadro (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 4-49. Relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra

Clases por capacidad de uso	Aumento en intensidad de uso →								
	Vida silvestre	Forestal	Severa limitacion para pastos	Moderada limitacion para pastos	Sin limitacion para pastos	Severa limitacion para cultivos	Moderada limitacion para cultivos	Ligera limitacion para cultivos	Sin limitacion para cultivos
Aumento De limitaciones y riesgos* ↓	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VII								
	VIII								

* Disminución de adaptabilidad y libertad de escoger usos.

La obtención de estas variables agroecológicas y su clasificación nos da un escenario sobre las clases potenciales del suelo de acuerdo a sus características lo que permitirá realizar una correlación con los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y potenciales y ubicar las superficies que correspondan a cada uno de ellos en la zona de estudio. La correlación para determinar las clases potenciales de suelo mediante el empleo de factores de demérito nos arrojó los resultados que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-50. Clases de suelos de la zona de estudio

Clase de suelo	Factores de demérito	Superficie (ha)	% zona
III (pH, pf)	pH ácido y profundidad del suelo	339.23	1.90
III (t)	Textura	4,320.00	20.57
III (t, pf)	Textura y profundidad del suelo	2,717.23	12.94
III (t,pH)	Textura y pH ácido	3,632.84	17.30
III (t, pH, pf)	Textura, pH ácido y profundidad del suelo	2,052.60	9.77
IV(t)	Textura	1,489.32	7.09
IV (t, pf)	Textura y profundidad del suelo	46.84	0.22
IV (t, pH)	Textura y pH ácido	85.65	0.41

Clase de suelo	Factores de demérito	Superficie (ha)	% zona
IV (t, pH, pf)	Textura, pH ácido y profundidad del suelo	3.92	0.02
VI (t, pf)	Textura y profundidad del suelo	211.80	1.01
VI (t, pH)	Textura y pH ácido	1,761.62	8.39
VI (t, pH, pf)	Textura, pH ácido y profundidad del suelo	4,278.95	20.38
Totales		21,000.00	100

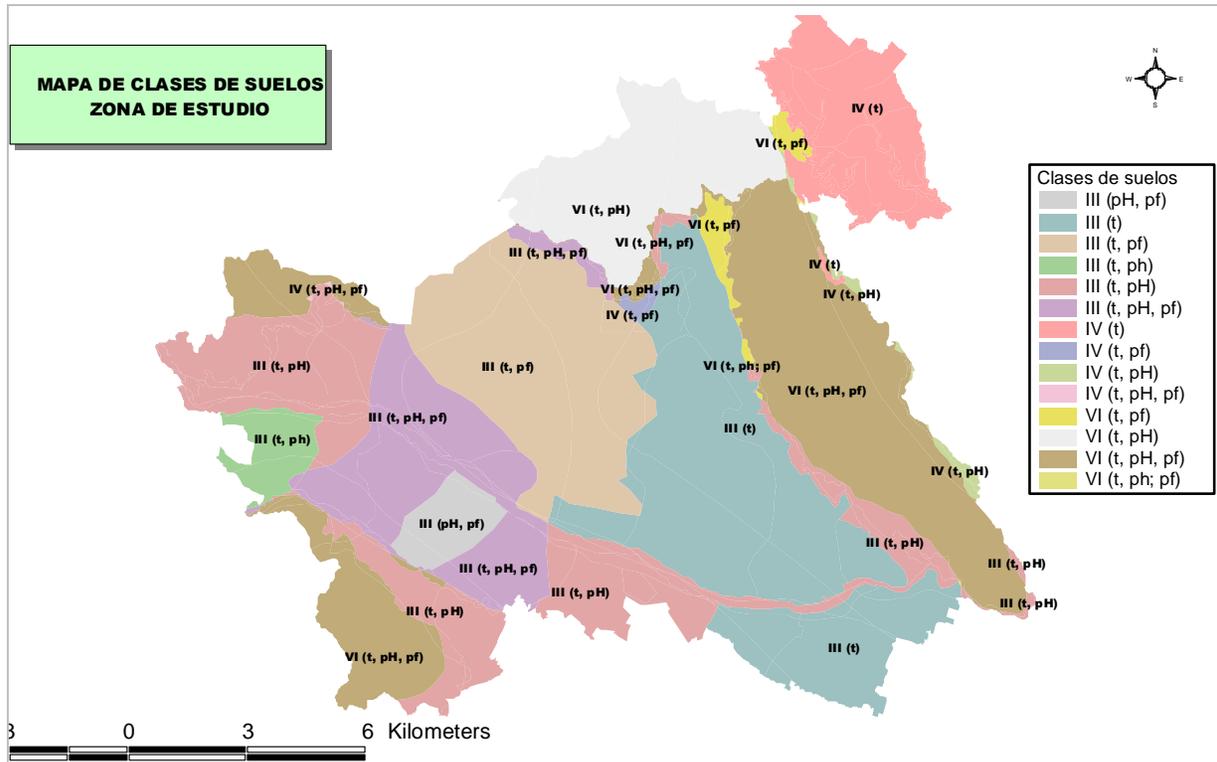


Figura 4-34. Clases de suelo de la zona de estudio

Descripción de las clases de suelo de acuerdo a su aptitud

Esta primera clasificación nos da un escenario sobre las clases potenciales del suelo y de acuerdo a sus características poder ubicar los cultivos actuales y potenciales que correspondan a las mismas. En este paso se requiere intersectar el mapa de unidades de suelo con el mapa de pendientes para poder contar con todas las variables requeridas para la clasificación por suelos.

El siguiente paso es elaborar el mapa de diversificación productiva por disponibilidad de agua y requerimientos agroecológicos para lo cual se empleará el mapa de climas con sus variables de temperatura °C, precipitación mm, tipo de clima correlacionado con la disponibilidad de agua para los cultivos actuales y potenciales y con los requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales.

CLASE I.- Los suelos de esta clase presentan pocas limitaciones que restringen su uso. Pueden ser cultivados intensamente, usados para pastos, cultivos, bosques o incluso jardines. Los suelos son profundos, bien drenados. Son fértiles. La capacidad de retención del agua es alta. Requieren de prácticas de laboreo para mantener su productividad, como fertilizaciones y encalado, incorporación de residuos de cultivo, abonos verdes y orgánicos, rotación de cultivos.

CLASE II. Presentan algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos o se pueden cultivar con moderadas prácticas de conservación, pueden ser usados por los mismos cultivos de la clase I, para sostener sistemas de cultivos requieren prácticas de conservación. Los factores limitantes son pendientes suaves, peligrosa aunque moderada erosión, humedad inadecuada del suelo, estructura del suelo y capacidad de trabajo por debajo del ideal y drenaje restringido. Las prácticas de conservación que se requieren son: formación de terrazas, surcado al contorno, rotación de cultivos.

CLASE III. Presentan severas limitaciones para la elección de cultivos y prácticas especiales de conservación. Los mismos cultivos de las clases I y II pueden crecer en la clase III. Se debe de procurar mayor cobertura del suelo. Los factores limitantes son: pendientes moderadamente pronunciadas, grandes riesgos de erosión, permeabilidad baja, baja retención de humedad, baja fertilidad, moderada alcalinidad o salinidad, estructura inestable.

CLASE IV. Puede usarse para agricultura con severas restricciones en la selección de cultivos. Los cultivos con cobertura abundante deben ser empleados. Los factores limitantes son: pendientes fuertes, erosión severa, suelos delgados, baja capacidad de retención de humedad, drenaje deficiente. Generalmente no son suelos apropiados para agricultura y sí para ganadería.

CLASE V. No son empleados para cultivos. Están limitados por: sujetos a frecuentes avenidas de agua, estación favorable para el crecimiento demasiado corto para cultivos, suelos pedregosos o rocosos, drenaje deficiente e inundación.

CLASE VI. Presentan grandes restricciones para su uso, sólo utilizables para pastos, bosques o plantas silvestres. Son propicias para pastos con resiembras, encalados, fertilización, control de avenidas mediante zanjas de desviación. Las limitaciones que presentan son: pendientes pronunciadas, riesgo de erosión severa, pedregosidad, suelos delgados, inundaciones o humedad excesiva, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o modicidad, clima severo.

CLASE VII. Presentan mayores limitaciones y son empleados para pastos, bosques o vegetación nativa. No es posible aplicar sistemas de mejoramiento a las praderas o pastizales tales como resiembras, encalados, fertilización y control de agua con surcado en contorno, zanjas o bordos de desviación. Limitantes son: pendientes muy pronunciadas, erosión presente, suelos delgados, pedregosidad, exceso de humedad, salinidad o modicidad, climas desfavorables.

CLASE VIII. Su uso está restringido a “recreo”, vegetación nativa, zonas de reserva. Las limitaciones presentes son: Erosión o riesgo de erosión, clima severo, exceso de humedad, pedregosidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o modicidad.

4.6 Requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales (6)

En este paso se realizará la búsqueda de los requerimientos agroecológicos de los cultivos encontrados en la zona de estudio y de la cartera de cultivos potenciales que en condiciones de temporal se adapten bien y que sean recomendados por instancias de investigación y existan antecedentes en la zona. Se desarrolló una ficha técnica para capturar los requerimientos agroecológicos de los cultivos (agrícolas, pecuarios y forestales) más prometedores para la zona.

Cuadro 4-51. Requerimientos agroecológicos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	1,500 – 2,500 mm
Temperaturas (°C)	Mayor de 20°C como media anual, temperatura de germinación 32-38°C, óptima de crecimiento 27°C y de retraso en el crecimiento <0°C
Suelos	
Drenaje	Buen drenaje interno y externo
Textura	Todo tipo, ideal franco limoso a franco arenoso con mucha materia orgánica. Texturas medias y finas, baja fertilidad, bajos contenidos de m.o.
Profundidad efectiva	Profundo, tierra blanda 1ª. Clase más de 90 cm.
Pedregosidad	Media
Humedad disponible	Media
Rangos de pH	Óptimo de 5.5 a 7.8 ácidos o ligeramente ácidos
Relieve	Plano 65% ligeramente ondulado 20%, quebrados 10% y con pendientes pronunciadas 5%

Cuadro 4-52. Requerimientos agroecológicos del Café (*Coffea arabica linn*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación mm	1,500 – 2,500 mm de 8 a 9 meses y 3 – 4 meses sin pp
Temperaturas °C	Óptima de 18 a 21°C, superior a 24°C comienza a declinar, menor de 12°C se inhibe el desarrollo
Suelos	
Drenaje	En suelos húmedos buen drenaje y aereación
Textura	Arcillo-silíceas de origen granítico como de origen volcánico, basaltos, tobas y aluvión. Luvisoles y cambisoles, rendzinas, ferrosoles, regosoles, vertisoles, fluvisoles, andosoles y litosoles.
Profundidad efectiva	> 75 cm
Pedregosidad	Baja
Humedad disponible	Media
Rangos de pH	Óptimo de 4.5 a 7.0
Relieve	lomeríos

Cuadro 4-53. Requerimientos agroecológicos del Maíz: (*Zea Mays*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	900 a 1,500 Mm. / año, Seco durante maduración y cosecha
Temperatura (°C)	20 – 35°C, óptimo 22 – 35°C
Suelos	
Drenaje	Buen drenaje,
Textura	Franco limoso o suelos volcánicos jóvenes, pero prospera casi en todo tipo de suelo (arena hasta arcilla)
Profundidad efectiva	1m. con 30 - 40 cm. de profundidad de barbecho
Pedregosidad	Hasta 20%, preferentemente nula
Humedad disponible	Buena
Rangos de pH	5.5 a 6.8, ligeramente ácido - hasta neutro
Relieve	Plana (0 -3 %) y prácticas conservacionistas cuando se siembra en laderas

Cuadro 4-54. Requerimientos agroecológicos del Frijol: (*Phaseolus vulgaris*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	No en áreas muy húmedas, debe estar seco en fase de maduración y cosecha 900 a 4,300 Mm/año, Se adapta a una pp. que varía de 1,623 a 2,500 Mm.
Temperaturas (°C)	óptima mensual 15.6 a 21°C, máxima 27°C, mínima 10°C, > 30°C caen inflorescencias, > 35°C desaparece fructificación
Suelos	
Drenaje	Bien drenado
Textura	Franco arenoso, neutros o ligeramente alcalinos
Profundidad efectiva	30 cm. (profundidad de barbecho)
Pedregosidad	Baja o nula
Humedad disponible	Buena
Rangos de pH	pH 4.2 a 8.7; pH 5.5 a 6.8; pH 5.5 a 7.5, pH 6 – 7; opt. 6.4
Relieve	Plana de 0 – 3% y prácticas conservacionista cuando se siembra en laderas

Cuadro 4-55. Requerimientos agroecológicos de la Calabaza

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	900 – 1,500 Mm./año
Temperaturas (°C)	Temperatura de 18 a 25° C, máxima de 32 ° C y mínima de 10 ° C
Suelos	
Drenaje	Buen drenaje
Profundidad efectiva	>40 cm.
Textura	Suelos ligeros, como los arenosos
Profundidad efectiva	
Pedregosidad	Baja o nula
Humedad disponible	suelos con suficiente humedad, Buena
Rangos de pH	pH de 6 a 7.5
Relieve	Plano (0-3%) y laderas con prácticas de conservación de suelos

Cuadro 4-56. Requerimientos agroecológicos de los Cítricos: (*Citrus sp.*) Limón Persa

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	1,000-1,500mm Limón: exitoso principalmente en regiones de lluvias ligeras
Temperaturas (°C)	Temperatura promedio 26.1°C, variando entre 24-26°C No soporta árbol joven, ni fruto; árbol viejo soporta 10 hasta -4°C descanso invernal 2-10°C sensitiva a Fríos prolongados, y con temperaturas entre -2 a -4 hasta 40°C.
Suelos	
Drenaje	Buen drenaje
Textura	Arena fina, limo, franco. Limos arenosos, limos y tierras de aluvión o limos arcillosos, profundos y bien drenados. (Acrisoles y Cambisoles) sensitiva a arcilla y suelos alcalinos y suelos pesados
Profundidad suelo	1 m Suelos someros
Pedregosidad	No mayor al 20%
Humedad disponible	Sensitiva a altos niveles freáticos. Requiere humedad baja durante la época de maduración
Rangos de pH	Desde 5.8-8.9, en Veracruz para naranja se reportan valores entre 4.0-5.5
Relieve	Ondulada, en algunos casos en áreas de laderas fuertes lo que afecta su rendimiento

Cuadro 4-57. Requerimientos agroecológicos del Mango: (*Mangifera indica*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	Mínimo de 1000, hasta 2000 Mm., con temporada seca de 4 a 6 meses. Se tiene reportes de rangos desde 250 a 2,500mm con riego de auxilio sensitiva a Lluvia durante la floración
Temperatura (°C)	Entre 4.4-10°C y 42-43°C, con un promedio entre 23.7 a 26°C, y temperatura mínima mayor a 18°C sensitiva a temperaturas menores a 15°C.
Suelos	
Drenaje	Bien drenados sensitiva a Falta de drenaje
Textura	Evitar suelos delgados con capas de cascajo o arcilla a poca profundidad prefiere arenas y limos.
Profundidad efectiva	Profundos, rico en materia orgánica >1.0 m. Sensitiva a suelos poco profundos
Pedregosidad	Baja <10%
Humedad disponible	Buena
Rangos de pH	Requiere pH de 6.5 a 7.0
Relieve	Requiere suelos planos

Cuadro 4-58. Requerimientos agroecológicos de la Ciruela (*prunus doméstica*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	2,733 mm
Temperatura (°C)	16 a 34.4, media 25.5°C
Suelos	
Drenaje	Bien drenado a estacionalmente inundados
Textura	Arcillosa, de arcillos a franco
Profundidad efectiva	Someros, Poco profundos <50 cm
Pedregosidad	Media
Humedad disponible	Soporta el exceso de humedad
Rangos de pH	4.5 a 6.5
Relieve	Llanos o escarpados

Cuadro 4-59. Requerimientos agroecológicos de Estrella de África o grama estrella (*Cynodon plectostachyus*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	Precipitación: 800 a 1,500 Mm./año
Temperatura (°C)	Temperatura: entre 25 y 38° C
Suelos	
Drenaje	Requiere buen drenaje
Textura	Prefiere suelos francos de alta fertilidad Gran variedad de suelos desde arenosos hasta arcillosos. Crece mejor en suelos de textura media a fina
Profundidad efectiva	<50 cm
Pedregosidad	Media
Humedad disponible	Media
Rangos de pH	Se adapta a suelos pobres y pH ácido pero disminuye sensiblemente su población y persistencia con el tiempo y el pastoreo 4.0 a 5.5
Relieve	Plano o laderas

Cuadro 4-60. Requerimientos agroecológicos del Pasto Guinea, privilegio o zacatón: (*Panicum maximum*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	>900 Mm. Precipitación: mayor a 900 Mm./año
Temperaturas (°C)	Temperatura 18 a 30° C Sensible a heladas
Suelos	
Drenaje	Suelos bien drenados, y profundos
Textura	Amplia gama de texturas incluso los arenosos, suelos de fertilidad media a alta
Profundidad efectiva	>1 m
Pedregosidad	Media
Humedad disponible	Húmedos, pero no en exceso, media a alta
Rangos de pH	6.0-7.0
Relieve	Plano o laderas

Especies Forestales:

Cuadro 4-61. Requerimientos agroecológicos del Cedro: (*Cedrella mexicana*, *C. Odorata*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación (mm)	1500 a 5000 mm.
Temperaturas (°C)	18 a 35°C
Suelos	
Drenaje	Bien drenado,
Textura	Calizos, soporta suelos arcillosos. Franco, no soporta suelos pantanosos
Profundidad Efectiva	Profundo, en valles, >1.0 m
Pedregosidad	Media
Humedad disponible	Media
Rangos de pH	soporta suelo ácido a alcalino 5.5 a 7.0
Relieve	Valles, plano

Cuadro 4-62. Requerimientos agroecológicos de Primavera, Rosamorada, Roble: (*Tabebuia rosae*)

Condición	Principales requerimientos
Clima	
Precipitación	1,250 a 2,500 Mm.
Temperaturas (°C)	18 a 35°C
Suelos	
Drenaje	Bien drenado,
Textura	Franco, franco arcilloso
Profundidad efectiva	Profundo, >1.0 cm.
Pedregosidad	Baja
Humedad disponible	Media
Rangos de pH	Ácido a alcalino 5.5 – 8.0
Relieve	Valles , Lomeríos

Una vez que se obtuvieron los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y potenciales estos se correlacionan con las características de los suelos encontrados en la zona de estudio, lo que permitirá ubicar espacialmente las superficies que cuentan con el potencial para el establecimiento de los mismos, tal y como aparece en el **cuadro 4-63**.

Cuadro 4-63. Correlación variables requerimientos agroecológicos cultivos actuales y potenciales con características de suelos

Variables Agroecológicas Cultivos	Textura	Retención de humedad	pH	Profundidad	Precipitación	Pedregosidad	Temperatura °C	Drenaje	Relieve
Caña	Todo tipo, *franco limoso o f. arenoso con mucha o poca m.o., texturas medias y finas, baja fertilidad	Media	5.5 a 7.8	Profundos > 1m	1,500-2,500	Media	>20°C	Bueno	Plano o ligeramente ondulado
Café	Arcillas	Media	4.5 a 7.0	>75 cm	1,500-2,500	Baja	13 a 21°C	Bueno	Lomeríos
Maíz	Franco limoso – arena hasta arcilla	Buena	5.5 a 6.8	Media >1 m	900 a 1,500	20%, baja o nula	20-35°C	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Fríjol	Franco arenoso	Buena	4.2 a 8.7	Bajo > 30 cm	900 a 4,300	Baja o nula	15.6 a 21	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Ciruela	Arcillosa y francos	Media a alta	4.5 a 6.5	<50 cm	2,733	Media	25.5°C	Bueno	Plano o escarpado
Calabaza	Suelos ligeros arenosos	Buena	6 a 7.5	>40 cm	500-1,500	Baja o nula	18 a 25°C	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Cítricos	Arena fina, limo, franco, limos arenosos, limos, arcilla	Buena	4.0 – 5.5 y 5.8 a 8.9	> 1 m	1,000-1,700	Menor de 20%	26.1°C	Bueno	Ondulado
Mango	Arenas y limos	Buena	6-5 a 7.0	> 1 m	1,000-2,000	Baja >10%	23.7 a 26°C	Bueno	Plano
Estrella de África	Francos	Media	4.0 – 5.5	>50 cm	800-1,500	Media	25 a 38°C	Bueno	Plano o laderas
Pasto guinea	Todos los tipos	Media a alta	6.0 a 7.0	> 1 m	900	Media	18 a 30°C	bueno	Plano o laderas
Cedro	Calizos. Arcilla, franco	Media	4.5 – 7.0	>1 m	1,500-5,000	Media	18 a 35°C	Bueno	Valles, plano, cerril
Primavera	Franco, franco arcilloso	Media	5.5 – 8.0	> 1 m	1,250-2,500	Baja	18 a 35°C	Bueno	Valles, lomerío, cerril

4.7 Análisis de rentabilidad de los sistemas productivos (7)

Este paso permite realizar el análisis de la rentabilidad del cultivo de caña de azúcar y hacer una comparación con la rentabilidad de los cultivos potenciales propuestos para poder conocer cuales cultivos se pueden utilizar como referencia al momento de proponer la diversificación productiva en base a indicadores económicos como la Relación Beneficio Costo (R.B.C.) que permitan conocer si existen ganancias o pérdidas en cada cultivo propuesto.

Información fuente para el análisis económico:

Para cada uno de los sistemas de producción actuales y con potencial de desarrollo se determinan dos valores:

- a) El costo de producción de manera sintetizada es un resumen de la información desde la iniciación del proceso productivo de cada uno de los cultivos actuales y con potencial de producción para el área de estudio, suministrando datos resumidos o detallados conforme se requieran y se definan previo a su obtención en campo, su unidad de expresión es en pesos por hectárea (\$/ha).

Los costos que se obtienen pueden ser costos directos y costos indirectos y ambos integran el costo total de producción de cada uno de los cultivos o sistemas productivos que se pretendan analizar.

Los costos directos o internos comprenden los costos de material o insumos, equipo y mano de obra directos necesarios para la ejecución de la actividad productiva de que se trate, debe considerarse toda la actividad que pueda medirse, aunque sea aproximadamente en una expresión monetaria.

El costo se calcula a partir de la preparación del terreno y se consideran las labores subsecuentes hasta la cosecha.

Los costos indirectos o externos del sistema productivo corresponden a los costos que no pueden asignarse a una actividad, o aun, a un conjunto de ellas, pueden incluirse las tasas de interés, los seguros, los impuestos, los imprevisibles o distribuides, las multas, sanciones o castigos que puedan imponerse por calidad o requisitos no cumplidos. Y demás porciones comúnmente identificadas como indirectas, que no tienen un efecto directo en el rendimiento productivo.

- b) Otra información indispensable a obtener es el rendimiento y su precio de compraventa para determinar el ingreso de la producción, su unidad de expresión es en toneladas por hectárea (ton/ha):

$$I = R * P$$

Donde:

I = Ingreso o valor de la producción

R= Rendimiento en toneladas por hectárea

P= Precio de compra – venta normalmente (se puede usar el precio medio rural, el precio vigente al momento de la transacción o bien el establecido en la industria o empresa a la que el productor vende).

Modelo de Comparación

Una vez que las alternativas de cultivo o sistema productivo han sido descritas en términos de sus costos y beneficios, las mismas pueden ser comparadas entre si mismas para determinar un valor ponderado o bien el cultivo principal (en este caso es el de la caña de azúcar) comparado con otros con potencial de acuerdo a sus características agroclimáticas, que sustenta a cualquier alternativa de reconversión productiva agropecuaria y forestal en México.

El modelo de comparación puede ser expresado como un modelo “desafiante campeón”² en el que cada alternativa es comparada con su “desafiante” de donde resulta un nuevo “campeón”, si el nuevo campeón es el cultivo de la caña (desafiante campeón) se compara con otro cultivo alternativo hasta que se encuentra al nuevo campeón, un cultivo que se desarrolla mejor bajo las condiciones agroclimáticas en la que actualmente está la caña de azúcar. El nuevo campeón que puede desarrollarse adecuadamente en las condiciones actuales de la zona o área específica y puede ser o no ser mejor desde el punto de vista de ingreso o utilidad económica productiva, pero nunca negativo, es definido así como el cultivo alternativo para una posible diversificación productiva.

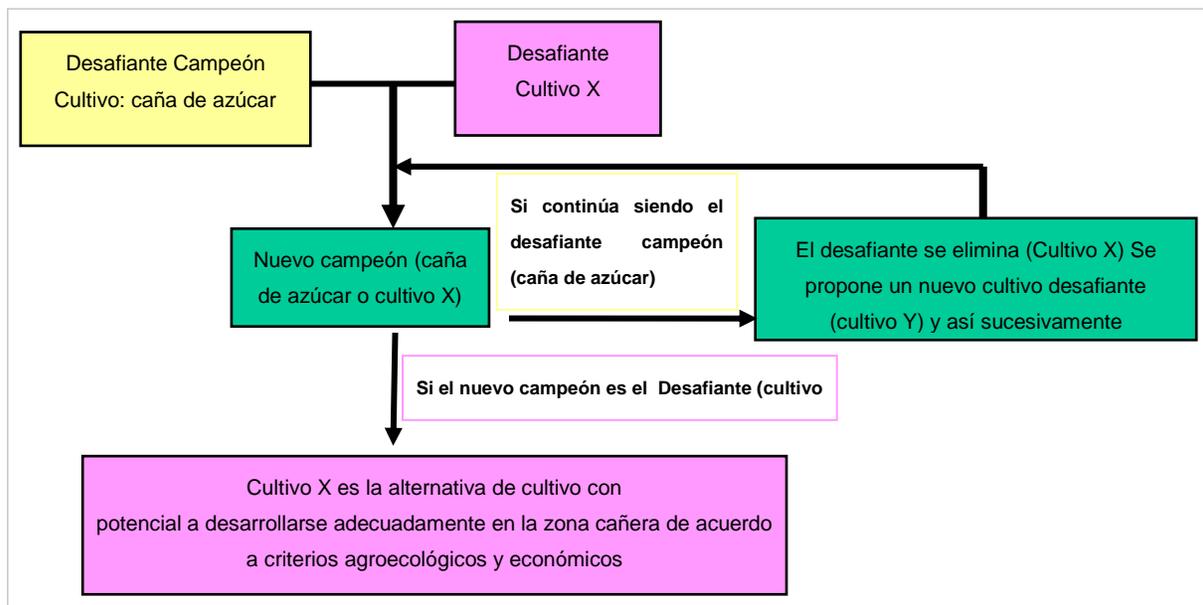


Figura 4-35. Proceso del modelaje de comparación

Fuente: Elaboración propia.

Los cultivos potenciales para las zonas potenciales no son excluyentes, es decir una misma zona puede tener potencial para varias especies. Es importante considerar en esta selección que para que una especie exprese su máximo potencial, además de establecerla en la zona adecuada, se debe aplicar la adecuada tecnología de producción.

Para poner en práctica el modelo de comparación se requiere disponer de las fichas técnicas que contienen la conjunción de requerimientos agroclimáticos de las especies en cuestión a partir de

² SOLOMON, Morris J. Análise de proyectos para o crescimento econômico. Rio de Janeiro, APEC, 1972. Pág. 144.

confrontar información obtenida de revisión bibliográfica y del conocimiento de las condiciones por investigadores de la zona de estudio.

Las fichas tecnológicas deben contener como datos mínimos los siguientes: cultivo, ciclo, régimen de humedad, zona ecológica, clase o tipo de suelo, profundidad, pH, pedregosidad, resistencia a sales si es el caso, limitantes a su desarrollo, y complementarse con los paquetes tecnológicos que incluyen: variedad, densidad de siembra, época de siembra, fertilización, programa de riegos si es el caso, control de plagas, control de malezas, control de enfermedades, rendimiento actual y potencial, costo de producción.

Aplicación del indicador económico en el análisis de selección de cultivos

Para determinar la rentabilidad económica se aplica el indicador denominado Razón Beneficio Costo (RBC) que consiste básicamente en tomar los valores del flujo de beneficios y dividirlo por los valores de los costos en valor presente, con lo que hallaremos un cociente llamado de beneficio – costo, que mide la importancia relativa de diferentes alternativas o diferentes proyectos. Su expresión matemática es por lo tanto:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

Y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Relación Beneficio Costo} = \frac{\text{Suma de valores actualizados de beneficios}}{\text{Suma de valores actualizados de costos}}$$

La determinación del indicador económico ponderado de varios sistemas de producción de un mismo cultivo se obtiene de la investigación directa de campo. Primeramente se clasifica el rango de productividad en la caña de azúcar de acuerdo al nivel socioeconómico y productivo. Para el Ingenio Azucarero de El Potrero se identifican tres rangos de productividad:

- Rango **A**: Rendimientos de 0 a 35 ton/ha
- Rango **B**: Rendimientos de 35.1 a 70 ton/ha
- Rango **C**: Rendimientos >de 70.1 ton/ha

Para cada uno de los rangos se realiza una entrevista con el productor y se determina el costo directo y el indirecto que en la mayoría de los casos oscila este último entre el 40% y el 50% del ingreso por venta de la producción, aplicando para el cálculo un valor medio del 45%.

Ejemplo: Mediante entrevista directa a 16 productores del nivel productivo alto (>70 ton/ha) se obtuvo información económica y productiva que una vez procesada permite determinar el indicador económico siguiente:

Cuadro 4-64. Análisis económico de 16 productores cañeros

Lugar	Rendimiento (ton/ha)	Costo directo	Costo indirecto	Costo total	Beneficio	RBC para el productor	RBC del sistema de Producción
Molino Potrero	77.5	13,654	14,090	27,743	31,310	1.13	2.29
Paraje Nuevo	70	14,192	12,726	26,918	28,280	1.05	1.99
Ampliación manantial	78.25	11,745	14,226	25,971	31,613	1.22	2.69
Palmillas	80	12,856	14,544	27,400	32,320	1.18	2.51
La Concepción	90	13,829	16,362	30,191	36,360	1.20	2.63
Fraternidad	90	14,834	16,362	31,196	36,360	1.17	2.45
Cacahuatal	90	13,139	16,362	29,501	36,360	1.23	2.77
Corral de Piedra	90	14,450	16,362	30,812	36,360	1.18	2.52
Manuel León	73.3	12,151	13,326	25,477	29,613	1.16	2.44
Vista Hermosa	71.4	10,940	12,981	23,920	28,846	1.21	2.64
Francisco Paz	85	14,702	15,453	30,155	34,340	1.14	2.34
Santa Ana	115	15,793	20,907	36,700	46,460	1.27	2.94
La Pesca	85.7	12,640	15,580	28,220	34,623	1.23	2.74
La Pesca	85	13,195	15,453	28,648	34,340	1.20	2.60
Ojo Chico	90	11,914	16,362	28,276	36,360	1.29	3.05
Potrero y anexas	80.2	18,039	14,580	32,619	32,401	0.99	1.80
						1.18	2.52

Se determina a partir de este procedimiento el indicador aplicable al modelo económico comparativo que de manera real es una RBC de 1.18 para productores cañeros de nivel alto y una RBC de 2.52 del sistema productivo (sin considerar costos indirectos).

Siguiendo este mismo procedimiento se tiene las diferentes RBC de los tres niveles productivos, los cuales presentan variaciones por tres elementos fundamentales: nivel socioeconómico, interés por el recurso tierra y un efecto directo en el interés por el cultivo, y variación en el nivel de fertilización, dosis no sustentada técnicamente a las necesidades del cultivo y a los niveles nutrimentales aportadores de la tierra.

Cuadro 4-65. Relación Beneficio Costo de los tres niveles productivos de la caña de azúcar

Rango de productividad (ton/ha)	RBC del sistema productivo	RBC del productor
• De 0 a 35	1.35	0.83
• De 35.1 a 70	2.3	1.13
• Mayor de 70	2.52	1.18

Interpretación del indicador económico RBC

En el caso del proyecto que se excluyen mutuamente (alternativas de un mismo proyecto) se seleccionará aquel coeficiente positivo superior a los demás pero a su vez deberá ser sustentado técnicamente con las características definidas en la ficha tecnológica, se ordenaran empezando por el de mayor coeficiente (siempre superior a la unidad) y descendiendo hasta el límite menor o igual a la unidad o hasta el límite de la tasa financiera más uno, es decir si se cobra una tasa del 8% en un financiamiento, entonces la RBC debe tener como valor límite el de 1.08.

El beneficio costo es otra manera de expresar el valor relativo de los proyectos o las alternativas a partir de la consideración sus valores de beneficios y costos actualizados.

De manera sencilla se presenta una forma de interpretación de los cultivos actuales y potenciales de la zona de influencia del ingenio El Potrero:

Cuadro 4-66. Interpretación del indicador económico RBC

Cultivo	RBC	Interpretación
Café	0.71	No recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, cultivo que no recupera la inversión y presenta un déficit en su recuperación del 29%. En otra expresión Por cada peso que se invierte se pierden 29 centavos.
Cítricos	2.3	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, bajo el régimen de humedad del riego, presenta una recuperación de la inversión y por cada peso que se invierte se recuperan \$1.30.
Mango	0.73	No recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, cultivo que no recupera la inversión y presenta un déficit en su recuperación del 27%. En otra expresión Por cada peso que se invierte se pierden 27 centavos.
Ciruela	1.37	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, presenta una recuperación de la inversión y por cada peso que se invierte se ganan 37 centavos.
Maíz LC	1.19	Recomendable como sustituto de la caña de azúcar, presenta recuperación de inversión y utilidad de 19 centavos por cada peso invertido.
Fríjol	1.98	Recomendable como cultivo sustituto de la caña de azúcar, presenta recuperación de la inversión y una ganancia de 98 centavos por cada peso invertido
Caña 0-40	1.35	Cultivo de referencia
Caña 40 – 70	2.3	Cultivo de referencia
Caña mayor de 70	2.52	Cultivo de referencia

De manera complementaria se maneja el dato de utilidad o pérdida del sistema de producción como un elemento de decisión en la recomendación que se deba hacer:

Cuadro 4-67. Utilidad de los sistemas productivos y su interpretación

Cultivo	Utilidad del sistema productivo (\$/ha)	Interpretación
Caña alto	20,492	Cultivo de referencia
Caña medio	13,707.74	Cultivo de referencia
Caña bajo	5,200	Cultivo de referencia
Café	-4,000	No puede ser sustituto o para reconversión
Palma Camedor	-880	No puede ser sustituto o para reconversión
Cítricos	18,065	Cultivo sustituto potencial con riego para caña de nivel medio y bajo.
Mango	-1,471	No es cultivo sustituto
Ciruela	2,905	No presenta potencial económico como cultivo sustituto
Maíz LC	658	No presenta potencial como cultivo sustituto
Fríjol	4750	Puede ser sustituto de caña con baja productividad sin ser potencialmente sustituto
Chayote	60,463	Potencial sustituto en caña alto y medio por sus requerimientos agroecológicos

Una vez consideradas las perspectivas económicas que se presentan para cada cultivo y su potencial económico de ser un cultivo sustituto se usan estos elementos para diseñar el cuadro de alternativas agroecológicas y económicas de reconversión de cultivos.

4.8 Procesamiento en SIG para la definición de cultivos potenciales para la diversificación productiva (8)

Para poder realizar la definición de cultivos potenciales y actuales a emplearse en la diversificación productiva se analiza la información obtenida de los insumos mencionados y que son requeridos para realizar el proceso en el Sistema de Información Geográfica (SIG) y así obtener los cultivos potenciales a emplearse en la diversificación productiva. En el SIG se sistematiza la información del uso del suelo identificando primero las áreas sembradas con caña de azúcar que presentan productividad de baja a muy baja y que son las áreas donde se enfatizó el análisis hacia la búsqueda de cultivos alternativos. Otros insumos empleados para la sistematización son la capa de características de los suelos para conocer la potencialidad de los mismos considerando los factores de demérito, la información climática como tipo de climas, temperatura y precipitación, la disponibilidad de agua y uso consuntivo de los cultivos, los requerimientos agroecológicos de los cultivos actuales y los considerados con mayor potencial, Estos mapas se interceptan y se correlacionan con las fichas de requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales y actuales, este proceso permite tener conocimiento de las superficies en donde se pueden establecer los cultivos con alto potencial productivo precisamente en aquellas en que el cultivo de la caña tiene limitantes (áreas identificadas como de baja y muy baja productividad).

A continuación se realiza una correlación con los resultados del análisis de rentabilidad realizado, lo que permite la correlación para de los cultivos que presentan el mayor potencial para su establecimiento y producción y que presentan una rentabilidad mayor, con esto se tendrán las condiciones para generar la propuesta de diversificación productiva en zonas cañeras de temporal realizando un uso eficiente del agua de lluvia disponible.

Una vez concluido el ejercicio y en el caso se de que se presentarán situaciones donde las condiciones para obtener resultados satisfactorios en relación al análisis realizado se obtienen resultados negativos, estas unidades de producción se deben analizar considerando los aspectos socioeconómicos que darán respuestas supuestas a estas situaciones del porqué se ubican estas unidades de producción en rendimiento considerados bajos.

Se pueden considerar elementos como la magnitud del minifundismo y la carencia de recursos económicos de los productores y sus familias como los factores determinantes para que se produzca un cultivo técnicamente deficiente de la caña y una productividad disminuida que retroalimenta a la vez los niveles de consumo productivo y doméstico.

Sin embargo, entre los productores de alto, mediano y bajo rendimiento hay diversidad de características en torno a:

- la dependencia económica y laboral respecto de la caña
- las características técnico-productivas de la tierra
- el conocimiento de los paquetes tecnológicos
- el proceso de cultivo realizado
- la dependencia respecto al crédito
- la superficie cultivada
- la magnitud del descuento al pago de la caña

La posibilidad de transformar una o varias características posibilita la opción de que una parte de los productores de cada sector pueda incrementar los rendimientos en la producción de caña de azúcar.

Procesamiento en SIG

Para desarrollar el procedimiento en el Sistema de Información Geográfica ArcView que permita el desarrollo del procedimiento se requieren los siguientes mapas e insumos:

- ⇒ Mapa de Uso del suelo
- ⇒ Mapa de Superficies con caña de azúcar
- ⇒ Mapa de Caña de azúcar por niveles de rendimiento
- ⇒ Mapa de Caña de azúcar nivel de rendimiento bajo
- ⇒ Mapa de Tipo de climas
- ⇒ Mapa de temperaturas °C
- ⇒ Mapa de precipitaciones mm
- ⇒ Disponibilidad de agua para cultivos potenciales mediante el balance hídrico
- ⇒ Mapa de Unidades de paisaje-o Mapa de unidades de suelos con las siguientes variables en su base de datos:
 - Textura
 - profundidad del suelo
 - pedregosidad
- ⇒ Mapa de pH
- ⇒ Modelos de Elevación digital
- ⇒ Mapa de Pendientes
- ⇒ Fichas de Requerimientos agroecológicos de los cultivos
- ⇒ Resultados del análisis de Rentabilidad económica de los sistemas de producción
- ⇒ Resultados del análisis de los aspectos socioeconómicos.

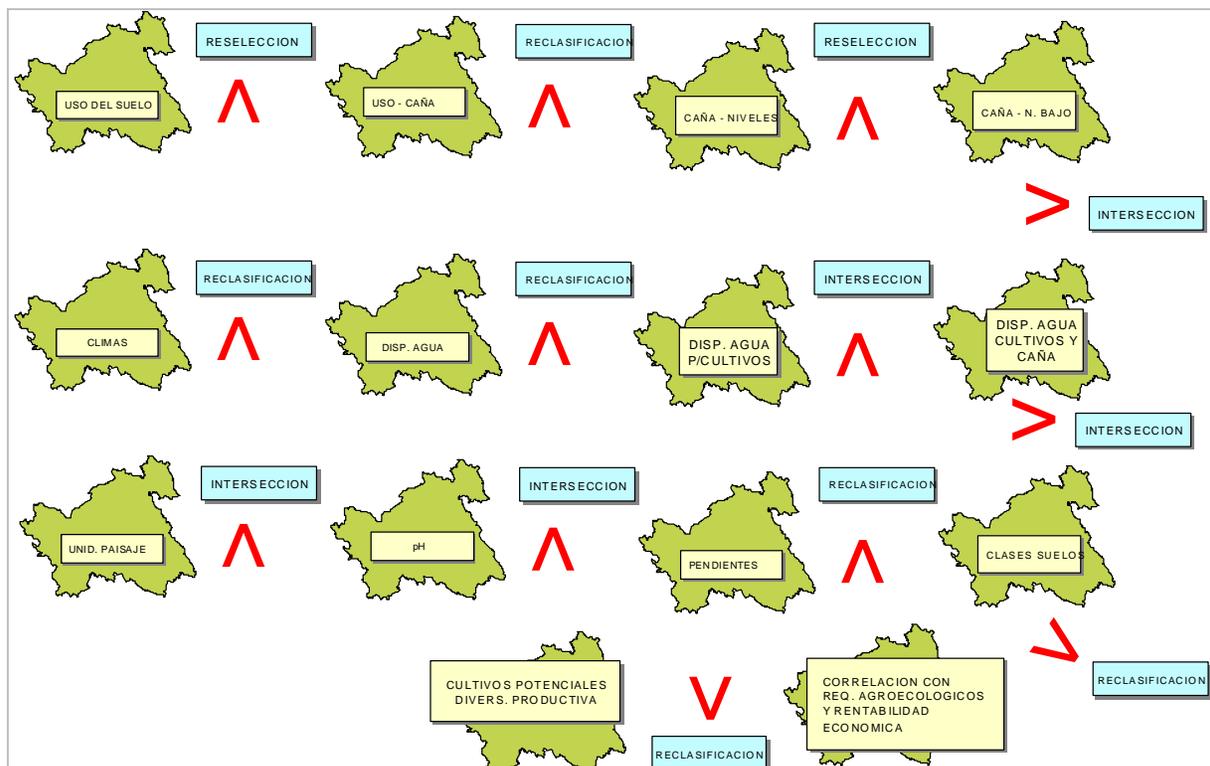


Figura 4-36. Procedimiento en el SIG

Descripción de procesos en el SIG

● **Obtención de Cultivos establecidos actualmente (uso del suelo y vegetación)**

De acuerdo con los resultados que se obtengan en el diagnóstico de la zona de estudio se podrán conocer los cultivos establecidos actualmente en la zona de estudio (mapa de uso del suelo y vegetación).

● **Cultivos potenciales obtenidos del diagnóstico para ser valorados en el ejercicio de diversificación productiva.**

Algunos de los cultivos potenciales se mencionan en el diagnóstico, y otros se deben proponer como parte del trabajo directo con instituciones de investigación y del sector que permitan conocer cuales cultivos se consideran como potenciales para la zona, ya sea por trabajos de investigación desarrollados o por políticas de fomento agropecuario. De esta manera se estará en la posibilidad de contar con una cartera potencial de cultivos recomendables para su análisis y propuesta para la diversificación productiva.

● **Obtención del mapa de bajos rendimientos de caña de azúcar**

Se emplea el mapa de uso del suelo, en donde se identifican las diferentes clases de uso del suelo y vegetación así como de la caña de azúcar, de este mapa se realiza una reelección para obtener otro mapa que contenga sólo la superficie de caña, aquí se procede a realizar una reclasificación de las parcelas de caña en los tres niveles de rendimiento:

- Alto > 70 ton/ha/año
- Medio 36-70 ton/ha/año
- Bajo 0 – 35 ton/ha/año

De este mapa se realiza una reelección quedando sólo las parcelas de bajos rendimientos.

● **Obtención del mapa de tipo de climas, temperaturas y precipitación**

El mapa de climas se reclasifica de acuerdo a los tipos de climas, y empleando las isotermas e isoyetas se obtienen los mapas de temperaturas y precipitación.

● **Obtención del mapa de disponibilidad de agua para los cultivos actuales y potenciales**

Se emplea el mapa de climas, al cual de acuerdo al análisis realizado en la determinación de disponibilidad de agua en la zona de estudio y al uso consuntivo de los cultivos derivándose el balance hídrico por dos zonas climáticas F_w y A_w , se le asignan los cultivos de acuerdo a los resultados obtenidos en el balance hídrico que nos indica si existe disponibilidad o deficiencia de agua durante el ciclo vegetativo de los cultivos que repercutirá en su desarrollo y rendimientos. La asignación se puede realizar considerando si la disponibilidad de agua para los cultivos es: a) suficiente y b) deficiente.

● **Obtención del Mapa de pendientes**

El proceso para la obtención del mapa de pendientes se ejemplifica tomando el ejercicio realizado en el diagnóstico para obtener este mapa. Se emplea el Modelo de Elevación Digital clave E14B57 escala 1:50,000 de INEGI el cual se procesa en el modulo Spatial Analyst de donde en forma inicial se convierte en GRID, posteriormente se realiza la generación del mapa de pendientes, el cual se da en grados, para convertirlo a % por ciento se realiza una reclasificación, considerando la regla de correspondencia grados-porciento, la clasificación en rangos de pendiente es la siguiente: 0 - 2%, 2 - 5%, 5 - 10% y > 10%.

● **Mapa de características de suelos**

Para obtener este mapa se emplean la capa de unidades de paisaje de donde se obtienen las siguientes características: Textura, color, retención de humedad, pedregosidad, pH, relieve, pendiente, profundidad del suelo, Permeabilidad y drenaje interno.

El empleo de las unidades de paisaje en lugar de unidades de suelo se puede realizar cuando no se dispone de información a mayores escalas de suelos, y en caso de que la escala de la información sea de 1:250,000 y si se quiere emplear escalas mayores para obtener mayor detalle de esta información se pueden generar unidades de paisaje para manejar escalas de 1:50,000 o 1:20,000.

El mapa se complementa al realizar la intersección con el mapa de rangos de rangos de pendiente y pH, con lo cual es posible contar con características que nos permitan realizar una evaluación empleando la matriz para clasificación de suelos de acuerdo a su potencial productivo para lo cual se emplea el siguiente cuadro (Tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el Trópico”).

Cuadro 4-68. Clasificación de los suelos de acuerdo a su potencial

Subclases de suelos	Factores	Clases de suelos							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Erosion E	Riesgo de erosión y/o erosión actual	Ligero	Moderado	Moderado	Fuerte	Ligero	Fuerte	Fuerte	Áreas no capaces de producir plantas comerciales.
Drenaje D	Clase de drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno o moderada mente pobre	Bueno o moderada mente	Excesivo, bueno, mo Deradamen Te pobre o Pobre	Excesivo, bueno, mo Deradamen Te pobre o Pobre	Ejemplos: Afloramientos de roca, playas.
Topografía T	Pendiente (%)	0 – 2	0 – 4	0 – 7	0 – 20	0 – 2	0 -40	Sin límite	
Suelo S	Textura (0 a 100 cm de profundidad)	Todas las clases texturales Excepto arena, arena francosa y arcilla	Todas las clases texturales excepto arena, arena francosa y arcilla muy pesada	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas las clases texturales excepto arena y arena francosa	Todas	Todas	Todas	
	Profundidad (cm)	> 100	> 100	> 50	> 50	> 100	> 25	Sin límite	
	Salinidad	Baja	Baja	Baja	Baja o media	Baja o media	Baja o alta	Baja o alta	
	Piedras superficiales o jocosidad (%)	0	< 0.1	< 2	< 10	< 25	< 25	< 90	
	Retención de humedad	Alta	Alta	Alta o media	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	Alta o baja	
	Humedad (hasta 1 m de profundidad)	Humedad más de 9 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Saturado de 2 a 5 meses del año	Húmedo más de 6 meses del año	Húmedo menos de 3 meses del año. Saturado más de 5 meses del año	Saturado, húmedo a seco	

A continuación se emplea el cuadro con la relación entre las clases de capacidad de uso y el uso racional de la tierra (tomado de IMTA “Guía Técnica para producción y conservación en el trópico”).

Cuadro 4-69. Relación entre las clases de capacidad y el uso racional de la tierra

Clases por capacidad de uso		Aumento en intensidad de uso →							
		Vida silvestre	Forestal	Severa limitación para pastos	Moderada limitación para pastos	Sin limitación para pastos	Severa limitación para cultivos	Moderada limitación para cultivos	Ligera limitación para cultivos
Aumento de limitaciones y riesgos* ↓	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VII								

* Disminución de adaptabilidad y libertad de escoger usos.

Obtención del mapa de cultivos potenciales para la diversificación productiva

Para obtener este mapa final se lleva a cabo la intersección de los siguientes mapas obtenidos anteriormente:

- Mapa de clases potenciales de suelo que incluya información de textura, retención de humedad, pH, profundidad del suelo, precipitación en mm, temperatura en °C, pedregosidad, drenaje y relieve.
- Mapa de disponibilidad de agua, isoyetas e isotermas.

El mapa de disponibilidad de agua presenta el análisis de los resultados obtenidos en el balance hídrico el cual nos indica cuales son los cultivos que presentan mejores condiciones en relación a satisfacción de sus necesidades hídricas y la zona de disponibilidad de agua en que se ubican (Af o Aw), lo cual indicará cuales son las necesidades de obras o prácticas de conservación de humedad y captación del agua de lluvia para el manejo y/o establecimiento de los cultivos para la diversificación productiva.

El mapa resultante se correlaciona con las fichas de requerimientos agroecológicos de los cultivos de la zona y potenciales, con lo cual es posible tener conocimiento de las superficies en donde es posible el establecimiento de cultivos con alto potencial productivo en aquellas áreas en que el cultivo de la caña tiene limitantes (áreas identificadas como de baja y muy baja productividad).

Cuadro 4-70. Correlación variables requerimientos agroecológicos de cultivos actuales y potenciales con características de suelos

Variables Agroecológicas Cultivos	Textura	Retención de humedad	pH	Profundidad	Precipitación	Pedregosidad	Temperatura °C	Drenaje	Relieve
Caña	Todo tipo, *franco limoso o f. arenoso con mucha o poca m.o., texturas medias y finas, baja fertilidad	Media	5.5 a 7.8	Profundos > 1m	1,500-2,500	Media	>20°C	Bueno	Plano o ligeramente ondulado
Café	Arcillas	Media	4.5 a 7.0	>75 cm	1,500-2,500	Baja	13 a 21°C	Bueno	Lomeríos
Maíz	Franco limoso – arena hasta arcilla	Buena	5.5 a 6.8	Media >1 m	900 a 1,500	20%, baja o nula	20-35°C	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Frijol	Franco arenoso	Buena	4.2 a 8.7	Bajo > 30 cm	900 a 4,300	Baja o nula	15.6 a 21	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Ciruela	Arcillosa y francos	Media a alta	4.5 a 6.5	<50 cm	2,733	Media	25.5°C	Bueno	Plano o escarpado
Calabaza	Suelos ligeros arenosos	Buena	6 a 7.5	>40 cm	500 – 1,500	Baja o nula	18 a 25°C	Bueno	Plano y laderas (CONSA)
Cítricos	Arena fina, limo, franco, limos arenosos, limos, arcilla	Buena	4.0 – 5.5 y 5.8 a 8.9	> 1 m	1,000 – 1,700	Menor de 20%	26.1°C	Bueno	Ondulado
Mango	Arenas y limos	Buena	6-5 a 7.0	> 1 m	1,000 – 2,000	Baja >10%	23.7 a 26°C	Bueno	Plano
Estrella de África	Franco	Media	4.0 – 5.5	>50 cm	800 – 1,500	Media	25 a 38°C	Bueno	Plano o laderas
Pasto guinea	Todos los tipos	Media a alta	6.0 a 7.0	> 1 m	900	Media	18 a 30°C	bueno	Plano o laderas
Cedro	Calizos. Arcilla, franco	Media	4.5 – 7.0	>1 m	1,500 – 5,000	Media	18 a 35°C	Bueno	Valles, plano, cerril
Primavera	Franco, franco arcilloso	Media	5.5 – 8.0	> 1 m	1,250 – 2,500	Baja	18 a 35°C	Bueno	Valles, lomerío, cerril

A continuación se realiza una correlación con los resultados del análisis de rentabilidad económica realizado, lo que permite la correlación con los cultivos que presentan rentabilidades mayores y que son utilizados como cultivos de referencia para sustituir a la caña de bajos rendimientos, .con esto se estaría en condiciones de poder generar una propuesta de diversificación productiva en estas zonas cañeras realizando un uso eficiente del agua de lluvia disponible.

El paso siguiente es interceptar el mapa con las parcelas de bajos niveles de rendimiento, el cual permitirá realizar la propuesta de diversificación productiva en las unidades de producción hacia los cuales se orientó esta metodología.

Se presenta el formato de escenarios potenciales de sistemas de producción a establecer en áreas de bajo rendimiento de la caña de azúcar.

Cuadro 4-71. Escenarios potenciales de sistemas de producción a establecer en áreas de bajo rendimiento de la caña de azúcar

Cultivo actual	Características de suelo por variables agroecológicas	Caña en áreas inadecuadas ha	Disponibilidad de agua		Orientación por aptitud	RBC		
			Af	Fw		Caña	Cultivo	Variación
Caña	III (pH, pf) por pH ácido y profundidad del suelo	1.07	1.07		Caña, ciruela y P. guinea	1.35	Cir. 1.37	0.02
	III (t) por textura	39.63		39.63	Caña, maíz, cítricos, ciruela, e. de África- guinea	1.35	Mz 1.19, Cit 2.3, Cir 1.37	-0.16, 0.95, 0.02
		0.17		0.17	Caña, maíz, ciruela, p. guinea	1.35	Mz 1.19, Cir 1.37	-0.16, 0.02
		20.52		20.52	Caña, cítricos, mango, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, Mg 0.73, Cir 1.37	0.95, -0.30, 0.02
		5.17		5.17	Caña, ciruela, p. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
	III (t, pf) por textura y profundidad	60.41	15.48	44.93	Caña, maíz, cítricos, ciruela, e. de África, guinea	1.35	Mz 1.29, Cit 2.3, Cir 1.37	-0.06, 0.95, 0.02
		2.56	2.56		Caña, maíz, ciruela, p. guinea	1.35	Mz 1.29, Cir 1.37	-0.06, 0.02
		98.41	55.89	42.52	Caña, cítricos, ciruela, p. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
		25.72	Af		Caña, ciruela, p. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
	III (t, pH) por textura y pH ácido	1.86	1.78	0.08	Caña, cítricos, mango, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, Mg 0.73, Cir 1.37	0.95, -0.62, 0.02
		13.56	10.59	2.97	Caña, ciruela, p. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
		3.57	3.57		Caña, ciruela	1.35	Cir 1.37	0.02
		1.51		1.51	Café, cedro	1.35	Cf 0.71	-0.64
		0.81		0.81	Caña, maíz, cítricos, ciruela, p. guinea	1.35	Mz 1.29, cit 2.3, cir 1.37	-0.06, 0.95, 0.02
		5.29		5.29	Caña, frijol, calabaza, cítricos, ciruela, e. de África	1.35	Fr 1.98, mz 1.29, cit 2.3, cir 1.37	0.63, -0.06, 0.95, 0.02
		4.46		4.46	Caña, cítricos, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, cir 1.37	0.95, 0.02
		8.43	2.52	5.91	Café, cedro, primavera	1.35	Cf 0.71	-0.64
	III(t, pH, pf) por textura, pH ácido y profundidad del suelo	5.51	2.42	3.09	Cítricos, Ciruela, E. de África	1.35	Cit 2.3, Cir 1.37	0.95, 0.02
		2.38	2.38		Ciruela	1.35	Cir 1.37	0.02
		0.26	0.26		Caña, frijol, calabaza, cítricos, e. de África y p. guinea	1.35	Fj 1.98 Cit 2.3	0.63
		3.63	3.63		Caña, cítricos, mango, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, Mg 0.73	0.95, -0.62
		1.25	0.35	0.90	Caña, cítricos, e. de África y P. Guinea	1.35	Cit 2.3	0.95
		3.51	3.51		Caña, ciruela, P. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
		0.28		0.28	Café, cedro	1.35	Cf 0.71	-0.64
		9.87	9.87		Caña, cítricos, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, cir 1.37	0.05, 0.02
	IV (t) por textura	26.47		26.47	Cítricos, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, Cir 1.37	0.95, 0.02
		1.78		1.78	Calabaza, Ciruela	1.35	Cir 1.37	0.02
	IV (t, pH) por textura y pH ácido	5.08		5.08	Cedro, primavera	1.35		
		0.68		0.68	Calabaza, ciruela	1.35	Cir 1.37	0.02

Cultivo actual	Características de suelo por variables agroecológicas	Caña en áreas inadecuadas ha	Disponibilidad de agua		Orientación por aptitud	RBC		
			Af	Fw		Caña	Cultivo	Variación
VI (t, pf) por textura y profundidad del suelo	VI (t, pf) por textura y profundidad del suelo	6.63		6.63	Caña, maíz, cítricos, ciruela, e. de África y p. guinea	1.35	Mz 1.19, Cit 2.3 Cir 1.37	0.16, 0.95, 0.02
	VI (t, pH) por textura y pH ácido	75.97	27.36	48.62	Café, cedro	1.35	Cf 0.71	-0.64
VI (t, PH, pf) por textura, pH ácido y profundidad del suelo		0.08	0.08		Cítricos, ciruela, E. de África	1.35	Cit 2.3, Cir 1.37	0.95, 0.02
		28.06		28.06	Cedro, primavera	1.35		
		0.86		0.86	Caña, maíz, cítricos, ciruela, E. de África y P. Guinea	1.35	Mz 1.19, Cit 2.3, Cir 1.37	-0.16, 0.95, 0.02
		0.96		0.96	Caña, frijol, calabaza, cítricos, e. de África y p. guinea	1.35	Fj 1.98, Cit 2.3	0.63, 0.95
		0.20	0.20		Caña, cítricos, mango, ciruela, p. guinea	1.35	Cit 2.3, Mg 0.73, Cir 1.37	0.95,-0.62, 0.02
		0.96		0.96	Caña, ciruela, p. guinea	1.35	Cir 1.37	0.02
		108.94	5.44	103.50	Café, Cedro	1.35	Cf 0.71	-0.64

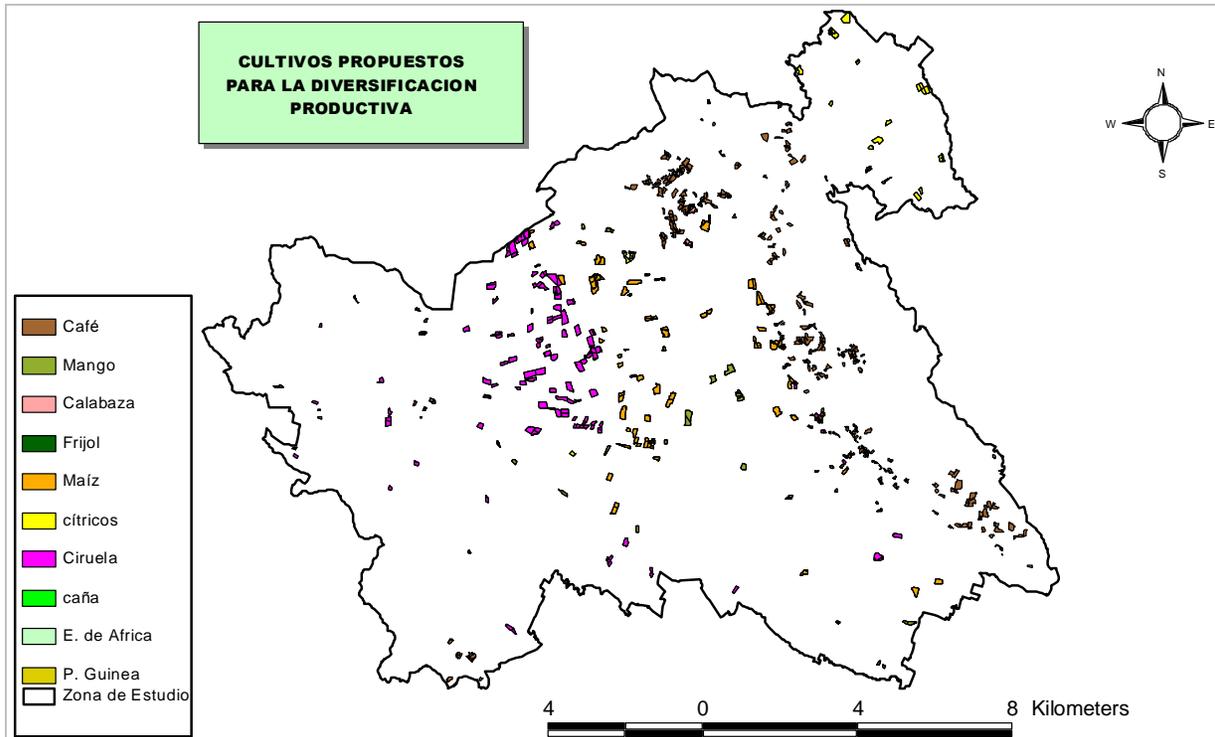


Figura 4-37. Cultivos propuestos para la diversificación productiva

Como resultado de la interpretación de este cuadro se puede conocer la cartera de cultivos propuestos para la diversificación productiva, En esta se puede observar las Clases de suelo y los factores de demérito que ubican a los suelos en dichas clases la superficie de caña de azúcar con bajos niveles de rendimientos en áreas inadecuadas, para las cuales se realiza la propuesta cultivos en la diversificación productiva, considerando las variables agroecológicas de disponibilidad de agua, y requerimientos agroecológicos de los cultivos, lo cual arroja como resultado la propuesta de diversos cultivos que surgen por la orientación de la aptitud de los suelos, esto indica que pueden proponerse uno o varios cultivos para una superficie, la decisión de cual establecer puede orientarse por la rentabilidad del mismo mediante el indicar Razón Beneficio Costo o R.B.C. o la respuesta a las condiciones del suelo que presenta dicho cultivo, y en caso de contar con ellas las políticas de desarrollo de la zona en relación a determinado cultivo, que puede estar apoyado por programas de gobierno o por su comercialización.

De acuerdo con los análisis realizados en el SIG para determinar cuales son los cultivos con mayor potencial para la diversificación productiva y se presenta la superficie por municipios, en el cuadro siguiente se puede observar que en este ingenio el cultivo de la caña presenta predominancia sobre los demás cultivos, por los elementos ya mencionados como son el aseguramiento en la entrega de la producción al ingenio, el acceso a servicios como el seguro social y las pensiones económicas, lo cual se refleja con mayor claridad en los productores de baja productividad.

Considerando los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología se concluye que este cultivo debe ser apoyado para incrementar la productividad mediante prácticas de conservación de la humedad y/o captación de agua de lluvia, además de emplear variedades tempranas y adaptadas a las condiciones de la zona. Las unidades de producción con caña en relieves de loma o cerril deben de ser reorientadas a otra actividad productiva en apoyo al sistema de producción caña, debido a que

por esta situación se encuentran en desventaja al producir por las condiciones de alta pedregosidad, pendientes fuertes, escorrentía y erosión, y el difícil acceso para las labores a realizar y a la cosecha, por lo tanto se deben apoyar con frutales de rápido crecimiento y pronta producción, o en su caso reorientar el sistema productivo, lo cual se considera remoto por el acceso a los servicios mencionados anteriormente.

Entre los cultivos que resultaron con mayor rentabilidad económica y buena adaptación de acuerdo a sus requerimientos agroecológicos se considera el cultivo del limón persa, el cual ha estado creciendo en superficie y solo se ve limitado por la disponibilidad de agua, presentando deficiencias hídricas en su proceso fenológico, lo cual se reduciría con el acceso al riego, además de que los mercados se encuentran un poco saturados, pero se considera como una de las opciones más viables.

Otro cultivo que se adapta a diversas condiciones es la ciruela, la cual se considera como de traspatio o en huertos pequeños y no se ha presentado crecimiento en su superficie, quedando como un cultivo potencial en un período próximo.

Entre los cultivos básicos se considera con fuerte potencial al maíz, después del incremento en el precio de garantía, este cultivo se observó en las partes alta y en laderas, y pudiera ser una buena opción de diversificación, en concordancia con este cultivo se considera al frijol el cual se cultiva asociado con el maíz, o en forma individual, pero en pequeñas superficies, presentan rentabilidades similares a la caña o un poco más altas, asimismo se debe considerar a la calabaza en asociación con el maíz.

El mango se consideró como un cultivo que presenta estancamiento, pero que aún se encontraron huertas en producción, sólo que son árboles ya con poca producción por la edad de los mismos, y que tiende a ser sustituido por la caña de azúcar.

Los pastos que se consideraron son el guinea y el estrella los cuales se producen bien en suelos ácidos y con bajas condiciones de humedad, estos son potenciales en los casos donde se establezcan explotaciones pecuarias, que se han dado fuera de la zona de estudio, pero que debido a sus requerimientos agroecológicos no tienen problemas en adaptarse y obtener buena producción.

El café por sus condiciones de requerimientos de altura, y temperaturas, se ha cultivado muy bien en laderas y partes altas, el limitante para este cultivo es el precio de venta, el cual ha disminuido así como su demanda, por lo que se considera como un cultivo a la baja, pero aún así se encontraron nuevas plantaciones.

Las explotaciones forestales por sus condiciones se establecen en áreas cerriles y montañosas, siendo parte de la vegetación todavía presente en la zona de estudio, en el caso de establecer estas se debe considerar el tiempo de crecimiento y la etapa de producción, por lo cual se deben de establecer en asociaciones silvopastoriles o con frutales y cultivos que apoyen los costos de producción y que sean una alternativa de ingresos para el productor.

Cuadro 4-72. Análisis de los resultados de cultivos potenciales para la diversificación productiva

Clase de suelo	Factores de demérito	Superficie Ha - Municipios	Descripción de cultivos potenciales para la diversificación productiva
III(t,pf)	Textura arcillosa y profundidad del suelo >50 cm.	187.10 Amatlán de los Reyes 91.50 ha, Atoyac 16.92 ha, Yanga 78.68 ha	Se pudo observar que el cultivo con mayor superficie son los cítricos, la ciruela y el maíz, y que presentan mejor rentabilidad o similar a la caña, y que responden en forma adecuada a las condiciones de textura y profundidad del suelo. En el caso de los cítricos este cultivo ha presentado mucho auge, sólo que requiere de riegos auxiliares al temporal y la comercialización se encuentra controlada por grandes productores de limón y se debe considerar el tiempo de desarrollo y producción; La ciruela que ocupa el segundo lugar por su rentabilidad y adaptación a casi todas las condiciones agroecológicas, sólo que este cultivo se explota en traspatio o pequeñas huertas, y otro cultivo que podría tener auge es el maíz por el incremento en el precio de garantía y su adaptación a diversos tipos de suelos. La propuesta de diversificación tendría que considerar los aspectos socioeconómicos que se dan con la caña como es la seguridad de la entrega al ingenio del producto cosechado, así como las prestaciones que se tienen como es el seguro social y las pensiones económicas. Los pastos deberán ser considerados sólo en caso de contar con recursos para iniciar una explotación pecuaria.
VI(t,pH,pf)	pH ácido y profundidad del suelo	140.06 Amatlán de los Reyes 5.64 ha, Atoyac 114.38 ha, Cuitlahuac 14.79 ha, Yanga 29.44 ha, Paso del Macho 5.26 ha	Es considerada de acuerdo a las características del relieve cerril para el establecimiento de explotaciones forestales como el cedro, y la primavera, así como café, se debe de considerar que las explotaciones forestales conllevan periodos de crecimiento y explotación, y que el café ha presentado reducciones en el precio y en la superficie establecida, en esta misma clase se presentan superficies con condiciones de relieve para el establecimiento de cultivos como maíz, frijol, calabaza, ciruela y pasto. Se deben de considerar prácticas para mejorar las condiciones del suelo como encalado para establecer un mayor rango de cultivos.
VI(t,pH)	textura y pH ácido	75.98 Atoyac 75.98 ha	Se considera por el relieve cerril y montañoso solo para el establecimiento de especies forestales como el cedro y café, especies que soportan estos rangos de pH.
III(t)	textura	65.49 Atoyac 28.37 ha, Yanga 25.61 ha, Cuitlahuac 11.52 ha	Presenta una mayor superficie para cítricos y ciruela, con las observaciones ya mencionadas en la clase III(t,pf) y también se considera el establecimiento de maíz, además de pastos para pastoreo intensivo o rotación de potreros
III(t,pH)	por textura y pH ácido	39.49 Amatlán de los Reyes 11.94 ha, Atoyac 16.76 ha, Cordoba 0.78 ha, Cuitlahuac 1.22 ha, 11.94 ha, Yanga 8.79 ha	Se encuentra ubicada en laderas, en donde la mayor superficie se puede orientar a las explotaciones de café, y forestales con cedro y primavera, y en las partes bajas se pueden establecer cítricos, ciruela, y pastos. Cultivos que soportan pH ácidos.
IV(t)	textura	28.25 Paso del Macho 28.25 ha	Presenta potencial para cítricos, ciruela y pastos en su mayoría y en una menor proporción calabaza.
III(t, pH, pf)	textura, pH ácido y profundidad del suelo	26.69 Amatlán de los Reyes 8.36 ha, Atoyac 8.17 ha, Yanga 10.16 ha	Superficies con potencial para cítricos, ciruela y pastos, que se adaptan a las condiciones de texturas arcillosas, pH ácidos y delgadas capas de suelo.
VI(t,pf)	textura y profundidad	6.63 Atoyac 6.63 ha	Superficie potencialmente para cítricos, ciruela y pastos
IV(t, pH)	textura y pH	5.76	Superficie que tiene potencial para explotaciones forestales

Clase de suelo	Factores de demérito	Superficie Ha - Municipios	Descripción de cultivos potenciales para la diversificación productiva
	ácido	Atoyac 1.88 ha, Paso del Macho 3.89 ha	
III(pH, pf)	pH ácido y profundidad del suelo	1.07 Amatlán de los Reyes 1.07 ha	Superficie que presenta potencial para pastos y ciruela

Correlación con aspectos socioeconómicos

Una vez concluido el ejercicio y en el caso se de que se presentarán situaciones donde las condiciones para obtener resultados satisfactorios en relación al análisis realizado se obtienen resultados negativos, estas unidades de producción se deben analizar considerando los aspectos socioeconómicos que darán respuestas supuestas a estas situaciones del porqué se ubican estas unidades de producción en rendimiento considerados bajos.

Se pueden considerar elementos como la magnitud del minifundismo y la carencia de recursos económicos de los productores y sus familias como los factores determinantes para que se produzca un cultivo técnicamente deficiente de la caña y una productividad disminuida que retroalimenta a la vez los niveles de consumo productivo y doméstico.

Sin embargo, entre los productores de alto, mediano y bajo rendimiento hay diversidad de características en torno a:

- la dependencia económica y laboral respecto de la caña
- las características técnico-productivas de la tierra
- el conocimiento de los paquetes tecnológicos
- el proceso de cultivo realizado
- la dependencia respecto al crédito
- la superficie cultivada
- la magnitud del descuento al pago de la caña

La posibilidad de transformar una o varias características posibilita la opción de que una parte de los productores de cada sector pueda incrementar los rendimientos en la producción de caña de azúcar.

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -

5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del presente trabajo para desarrollar la metodología “Diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia” se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1 Conclusiones

Las conclusiones obtenidas fueron las siguientes:

- La metodología desarrollada permite impulsar la diversificación productiva en las superficies cañeras que ya no poseen aptitud para este sistema productivo y que debido a sus bajos niveles de rendimiento no se consideran en programas o acciones de tecnificación.
- Esta metodología permite realizar el análisis para encontrar un uso más eficiente del agua de lluvia en zonas con el cultivo de caña de azúcar en condiciones de temporal, fomentando una propuesta de cultivos que presenten mayor adaptabilidad de acuerdo a sus requerimientos agroecológicos a las condiciones particulares de las zonas de abasto de los ingenios cañeros.
- A través de la aplicación de esta metodología es posible disponer de una cartera de cultivos que se adapten a las condiciones particulares de los ingenios cañeros, para lo cual la misma permite mediante un diagnóstico biótico y socioeconómico de la zona de estudio, conocer las características actuales de la misma y los sistemas de producción establecidos y en producción. El trabajo para conocer cual sería la cartera de cultivos que se recomendarán para la diversificación productiva involucra el realizar el balance hídrico de la zona lo que permite conocer cual es la disponibilidad de agua por áreas definidas en la zona de estudio y así mediante el uso consuntivo de los cultivos propuestos conocer sus excedencias o deficiencias hídricas durante las etapas fenológicas de los mismos.
- Otra variable agroecológica requerida para generar la propuesta de diversificación productiva lo constituye el conocimiento de la aptitud del suelo para la producción de cultivos, en la metodología se presenta el procedimiento para conocer las características de los suelos requeridas para este estudio, así como los cuadros para evaluar el suelo y en base a los factores de demérito que se encuentren definir la clase de suelo y su potencial para producción de cultivos, frutales, pastos, y especies forestales.

- Un elemento que apoya la toma de decisiones en base al establecimiento de cultivos potenciales lo constituye el análisis económico que a través del indicar económico Razón Beneficio Costo permite conocer cuales es la ganancia que se obtiene por la inversión realizada.
- Los aspectos socioeconómicos presentan una injerencia significativa en la baja productividad de las parcelas cañeras, debido a la descapitalización de los productores, la desmotivación por los bajos ingresos obtenidos, y se considera que el mantenimiento de este sistema de producción se debe a la seguridad en la entrega de las producción y al acceso a los servicios de salud publica como es el seguro social IMSS y a la obtención de una pensión económica después de cierta edad o tiempos de entrega de producción al ingenio.
- La metodología desarrollada se puede aplicar a la mayoría de los ingenios del país que operan en condiciones de temporal y que presentan superficies con bajos niveles de productividad, requiriendo para su aplicación de ciertos elementos como son la disponibilidad de estudios agrológicos, conocimiento de los niveles de productividad de las parcelas cañeras e información de estaciones climatológicas cercanas a la zona de estudio para conocer la disponibilidad de agua.
- En caso de no contar con estos elementos, la aplicación de la metodología considera el procedimiento para obtener un levantamiento rápido de suelos y su caracterización para poder ser correlacionado con los requerimientos agroecológicos de los cultivos potenciales propuestos para la diversificación productiva.
- La metodología considera el empleo de herramientas informáticas como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de cartografía digital, que facilitan el procesamiento de la información y que mediante su análisis permiten obtener elementos tanto técnicos como socioeconómicos proporcionando elementos para apoyar la toma de decisiones en relación a la propuesta de cultivos para la diversificación productiva en zonas cañeras mediante la utilización eficiente del agua de lluvia.
- Los resultados de la aplicación de la metodología en la zona de estudio posibilitó la obtención de las propuestas o alternativas preliminares de diversificación productiva en zonas cañeras para uso eficiente del agua de lluvia, considerando como cultivos potenciales los cítricos limón persa, Maíz, frijol y la ciruela y la tecnificación de la caña de azúcar de bajos rendimientos, que mostraron ser los cultivos con mejor adaptación a las condiciones del suelo de acuerdo a sus requerimientos agroecológicos, disponibilidad de agua de lluvia y a su rentabilidad económica.
- De acuerdo con los análisis realizados en el SIG para determinar cuales son los cultivos con mayor potencial para la diversificación productiva, se puede observar que en este ingenio el cultivo de la caña presenta predominancia sobre los demás cultivos, por los elementos ya mencionados como son el aseguramiento en la entrega de la producción al ingenio, el acceso a servicios como el seguro social y las pensiones económicas, lo cual se refleja con mayor claridad en los productores de baja productividad.
- Considerando los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología se concluye que este cultivo debe ser apoyado para incrementar la productividad mediante prácticas de conservación de la humedad y/o captación de agua de lluvia, además de emplear variedades tempranas y adaptadas a las condiciones de la zona. Las unidades de producción con caña en relieves de

loma o cerril deben de ser reorientadas a otra actividad productiva en apoyo al sistema de producción caña, debido a que por esta situación se encuentran en desventaja al producir por las condiciones de alta pedregosidad, pendientes fuertes, escorrentía y erosión, y el difícil acceso para las labores a realizar y a la cosecha, por lo tanto se deben apoyar con frutales de rápido crecimiento y pronta producción, o en su caso reorientar el sistema productivo, lo cual se considera remoto por el acceso a los servicios mencionados anteriormente.

- Entre los cultivos que resultaron con mayor rentabilidad económica y buena adaptación de acuerdo a sus requerimientos agroecológicos se considera el cultivo del limón persa, el cual ha estado creciendo en superficie y solo se ve limitado por la disponibilidad de agua, presentando deficiencias hídricas en su proceso fenológico, lo cual se reduciría con el acceso al riego, además de que los mercados se encuentran un poco saturados, pero se considera como una de las opciones más viables.
- Otro cultivo que se adapta a diversas condiciones es la ciruela, la cual se considera como de traspatio o en huertos pequeños y no se ha presentado crecimiento en su superficie, quedando como un cultivo potencial en un período próximo.
- Entre los cultivos básicos se considera con fuerte potencial al maíz, después del incremento en el precio de garantía, este cultivo se observó en las partes alta y en laderas, y pudiera ser una buena opción de diversificación, en concordancia con este cultivo se considera al frijol el cual se cultiva asociado con el maíz, o en forma individual, pero en pequeñas superficies, presentan rentabilidades similares a la caña o un poco más altas, asimismo se debe considerar a la calabaza en asociación con el maíz.
- El mango se consideró como un cultivo que presenta estancamiento, pero que aún se encontraron huertas en producción, sólo que son árboles ya con poca producción por la edad de los mismos, y que tiende a ser sustituido por la caña de azúcar.
- Los pastos que se consideraron son el guinea y el estrella los cuales se producen bien en suelos ácidos y con bajas condiciones de humedad, estos son potenciales en los casos donde se establezcan explotaciones pecuarias, que se han dado fuera de la zona de estudio, pero que debido a sus requerimientos agroecológicos no tienen problemas en adaptarse y obtener buena producción.
- El café por sus condiciones de requerimientos de altura, y temperaturas, se ha cultivado muy bien en laderas y partes altas, el limitante para este cultivo es el precio de venta, el cual ha disminuido así como su demanda, por lo que se considera como un cultivo a la baja, pero aún así se encontraron nuevas plantaciones.
- Las explotaciones forestales por sus condiciones se establecen en áreas cerriles y montañosas, siendo parte de la vegetación todavía presente en la zona de estudio, en el caso de establecer estas se debe considerar el tiempo de crecimiento y la etapa de producción, por lo cual se deben de establecer en asociaciones silvopastoriles o con frutales y cultivos que apoyen los costos de producción y que sean una alternativa de ingresos para el productor.

5.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que surgen de la aplicación de la metodología en la zona de estudio son las siguientes:

- La evaluación realizada indica que en un periodo de siete meses consecutivos, la lluvia no es suficiente para abastecer las necesidades de agua de los cultivos y que es necesario realizar de manera generalizada:
 - a) obras de captación y conservación de agua de lluvia
 - b) mejorar las prácticas de labranza para que a su vez mejoren las condiciones físicas del suelo y así aumentar su capacidad de almacenamiento (subsoleo, surcado en contorno, zanjas de infiltración, tinas ciegas, encalado, aplicación de abonos orgánicos como la cachaza)
 - c) incorporación de materia orgánica y evitar la quema y la requema de residuos al término de la cosecha como ya lo hacen algunos productores.
- Es necesario realizar obras de captación y conservación del agua que se presenta en exceso durante 5 meses del año para asegurar las cosechas y aumentar los rendimientos de los cultivos actuales (principalmente del cultivo de limón que alcanza su mayor valor durante la temporada invernal), y además, para que los productores del sitio puedan hacer con éxito cultivos de secano que les permitan obtener mayores ingresos y estar ocupados durante todo el año.