

23
eje.



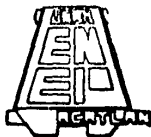
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN

**ESTUDIO Y ANTEPROYECTO DE UNA ZONA
DE RIEGO EN EL BAJO USUMACINTA
"CAMPECHE - TABASCO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
JUAN CARLOS DELGADO RAMIREZ



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ACATLAN, EDO. DE MEXICO



1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

SR. JUAN CARLOS DELGADO RAMIREZ.
Alumno de la Carrera de Ingeniería Civil.
P R E S E N T E :

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 8 de septiembre de 1992, me complace notificarle que esta Jefatura del Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis:

"ESTUDIO Y ANTEPROYECTO DE UNA ZONA DE RIEGO EN EL BAJO USUMACINTA "CAMPECHE-TABASCO"".

El cual desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Antecedentes.
- II.- Esquema general del proyecto.
- III.- Estudios preliminares.
- IV.- Propuesta de anteproyecto.
- Conclusiones.
- Anexo.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. José de Jesús Avila Prieto, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 14 de febrero de 1994

ING. CARLOS ROSALES AGUILAR
Jefe del Programa de Ingeniería Civil.



EN P-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

A MIS PADRES:

PILAR Y JAIME

Como testimonio de infinito aprecio y eterno agradecimiento por el apoyo que siempre me han brindado a través del camino, por la palabra de aliento y por la ayuda en todo momento; siendo ello lo que permitió mi formación profesional y además mi felicidad.

A MIS HERMANOS:

SOCORRO Y ALBERTO

Con cariño y afecto.
Por su gran apoyo, comprensión y confianza que depositaron en mí.

A mi familia.

Por su cariño, su apoyo y por esa amistad que me han brindado.

Por que de alguna manera contribuyeron a hacer posible que alcanzara esta meta.

A SOLEDAD.

Con cariño y afecto. Por todo lo que has significado para mí.

Por la amistad incondicional que me has brindado.

Por el apoyo y confianza depositada en mí.

A ROSARIO E IVONNE.

Con cariño y afecto. Por ser la alegría en los grandes momentos.

Por que me han brindado un poco de su vida y algo muy importante su amistad.

A mis amigos.

Con mucho afecto y cariño por su gran apoyo.

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco a la empresa Consultoría, Supervisión, Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (COSEPSA) por haberme dado el apoyo y facilidades para el desarrollo de este trabajo.

Deseo hacer patente un especial agradecimiento a los ingenieros:

José de Jesus Avila Prieto.

Alfredo Bueno Contreras.

Gerardo López Juárez.

Eduardo Gutiérrez Albores.

por que de una u otra manera me han permitido mi desarrollo profesional.

Se agradece a todo el personal de la empresa COSEPSA, por el apoyo y por su amistad que me han brindado.

A todos los profesores que en la trayectoria de una vida de estudiante me dieron su sapiencia académica, su amistad e hicieron posible mi formación profesional; a todos ellos mi más sincero agradecimiento.

**ESTUDIO Y ANTEPROYECTO DE UNA ZONA DE RIEGO
EN EL BAJO USUMACINTA
" C A M P E C H E - T A B A S C O "**

I N D I C E

INDICE.....	I
INTRODUCCION.....	IV

CAPITULO PRIMERO

ANTECEDENTES.

1.1. Generalidades.....	1
1.2. Zona del Proyecto.....	4

CAPITULO SEGUNDO

ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO.

2.1. Descripción general del proyecto.....	7
2.2. Justificación del proyecto.....	8
2.3. Necesidades del proyecto.....	9
2.4. Alcance y limitaciones.....	10
2.5. Beneficios cualitativos y cuantitativos esperados.....	13

CAPITULO TERCERO

ESTUDIOS PRELIMINARES.

3.1. Uso actual del suelo.....	16
3.2. Estudio agroclimatológico.....	24
3.2.1. Evaluación del recurso suelo.....	24
3.2.2. Clima de la zona de estudio.....	26
3.2.3. Necesidades de riego.....	36
3.2.4. Patrón de cultivos.....	43
3.2.5. Métodos de riego.....	47

3.3.	Estudio hidrológico.....	49
3.3.1.	Características hidrológicas de la zona.....	49
3.3.2.	Análisis de precipitaciones.....	54
3.3.3.	Análisis de escurrimientos.....	60
3.3.4.	Determinación del Coeficiente Unitario de Riego....	65
3.3.5.	Determinación del Coeficiente Unitario de Drenaje..	69
3.4.	Estudio socioeconómico y tenencia de la tierra.....	75
3.4.1.	Identificación del área de estudio.....	75
3.4.2.	Aspectos físicos.....	75
3.4.3.	Infraestructura actual.....	76
3.4.4.	Estructura poblacional.....	78
3.4.5.	Estructura ocupacional.....	81
3.4.6.	Condiciones de vida.....	81
3.4.7.	Estructura productiva.....	83
3.4.8.	Tenencia de la tierra.....	84
3.5.	Impacto y control ambiental.....	86
3.5.1.	Efectos sobre el medio ambiente.....	86
3.5.2.	Protección al medio ambiente.....	89

CAPITULO CUARTO

PROPUESTA DE ANTEPROYECTO.

4.1.	Estrategia de desarrollo hidroagrícola.....	92
4.2.	Planeación de la red de distribución.....	95
4.2.1.	Trazo y proyecto del canal principal.....	95
4.2.2.	Consideraciones generales para los canales secundarios.....	97
4.2.3.	Diseño del canal principal.....	100
4.2.4.	Caminos de servicio.....	106
4.3.	Planeación de la red de drenaje.....	107
4.3.1.	Drenaje natural de la zona de proyecto.....	107
4.3.2.	Consideraciones generales para la red de drenaje..	108

CONCLUSIONES.....	120
ANEXO.....	126
BIBLIOGRAFIA.....	130

I N T R O D U C C I O N .

Se ha definido al riego como la aplicación uniforme del elemento agua, en la cantidad y periodicidad adecuada y en la forma más conveniente, a fin de que el cultivo al que se le aplica produzca el mayor rendimiento económico sin provocar desperdicios en el uso del agua y del suelo.

Por otro lado se usa el término "proyecto de riego o proyecto de irrigación" para designar una zona en estudio y determinar la posibilidad y condiciones en la que pueda ser utilizada una determinada fuente de abastecimiento de agua, para el riego de una superficie de tierras agrícolas de extensión grande o pequeña. Se puede añadir que un "distrito de riego" es la unidad agrícola que cuenta con las aguas y obras necesarias para poder efectuar el riego de las tierras comprendidas en ella y que cuenta también con aquellas otras obras que permiten el correcto funcionamiento y la conservación de las tierras bajo riego y el desarrollo agrícola, social, comercial e industrial de la unidad agrícola.

Sin lugar a duda la actividad económica fundamental en el medio rural lo sigue constituyendo la agricultura; los cultivos agrícolas para su desarrollo necesitan entre otras cosas del agua; luego, para lograr buenas cosechas, se requiere que además de optimizar otros factores que intervienen en el desarrollo de los cultivos, se regule el régimen de humedad del suelo en función de las necesidades de agua de los cultivos.

ZONA DE ESTUDIO.

Desde hace varios años se ha considerado que las planicies de Campeche y Tabasco tienen condiciones agroclimatológicas

propicias para el desarrollo agropecuario y, particularmente para el cultivo del arroz. Durante la década pasada se impulsó en esta región la siembra de este cultivo bajo condiciones de temporal con el propósito de liberar a las zonas arroceras del noroeste, que cuentan con menor disponibilidad de agua y pueden ser aprovechadas con cultivos de menor consumo de este líquido.

La estrategia de impulsar la producción de arroz de temporal no consiguió las metas trazadas en Campeche y Tabasco debido a que en las áreas del trópico húmedo la abundancia de las lluvias se ve demeritada por su irregularidad y por la presencia de sequías prolongadas en las épocas críticas de la planta. Lo anterior ha provocado que las siembras de temporal incurran frecuentemente en muy bajos rendimientos. Los resultados son semejantes para los demás cultivos que se siembran en la región bajo el régimen de lluvias.

En este contexto, el proyecto del Bajo Usumacinta ha sido concebido como un proyecto integrador cuya finalidad es tratar de coadyuvar al desarrollo regional, dando énfasis a las actividades agropecuarias mediante la introducción de riego y drenaje para la producción agrícola, buscando que las propuestas y estrategias alternadas que se establezcan tengan un enfoque integral.

La zona de estudio comprende una superficie de 119,485 hectáreas, ubicándose en la planicie limítrofe de los estados de Campeche y Tabasco. Abarca parte de los municipios de Palizada y Del Carmen en Campeche y Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta en Tabasco.

Estos municipios conforman una área con características naturales y agro-técnico-productivas que muestran cierta similitud, a pesar de pertenecer a dos entidades federativas diferentes. Por tal razón fue posible definir una zona de 119,485 hectáreas como área de proyecto, correspondiendo el 61.40% de la superficie al estado de Campeche, el 36.90% a Tabasco, y el 1.70% restante a caminos y carreteras. La zona queda comprendida entre las coordenadas 17°51' y 18°15' latitud norte y los meridianos 91°34' y 92 00' de longitud este.

Por su ubicación geográfica el escenario de estudio presenta un clima tropical donde las características predominantes son las altas temperaturas y elevadas precipitaciones.

La mayoría de la superficie es plana, casi sin accidentes naturales, contando con lomeríos que no revisten importancia ya que no sobrepasan los 40 metros de altura. Es una planicie nivelada por la acción de los ríos que la atraviesan. Cuenta con algunas depresiones pantanosas e inundables tanto por la avenida de los ríos como por el agua de abundantes lluvias.

En su mayoría los suelos son clasificados como luvisoles que son generalmente de textura arcillosa o francos, presentando problemas de exceso de humedad por deficiente drenaje.

Respecto a los recursos hidrológicos, la zona de estudio cuenta con un gran potencial como consecuencia de las altas precipitaciones pluviales que se presentan, además de que es una zona de concentración de escurrimientos y de que forma parte de la Región Hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta cuya área drenada es aproximadamente de 113,285 Km².

La corriente superficial más importante en la zona la constituye el río Usumacinta y en menor grado el río Salsipuedes y los arroyos Santa Adelaida, Blanco y Del Este. Además existe un considerable número de pozos de poca profundidad y algunos pozos profundos para riego o para abastecer a las comunidades de la zona de agua suficiente.

Es importante destacar que a pesar de que la zona de estudio cuenta con un gran potencial hídrico, ya que además del Río Usumacinta, dispone de las aguas contenidas en el sistema lagunar, éstas no han sido debidamente aprovechadas ya que su uso se ha limitado únicamente a las actividades piscícolas.

En esta zona, los suelos se han formado con los materiales transportados por los ríos, a través de procesos de sedimentación aluvial y coluvial. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente ácidos y de textura pesada, así como desagüe superficial y permeabilidad lenta. Se adaptan bien a diversos cultivos cuando se controla adecuadamente el exceso o falta de humedad.

En relación a los aspectos socioeconómicos podemos citar los siguientes aspectos:

- La estructura de la población se compone por 2,102 mujeres y 2,425 hombres, alrededor del 84% de la población es menor de 40 años y menos del 1% es mayor de 75 años.
- La fuerza de trabajo existente en la zona de estudio se estima en 3,050 personas, de las cuales 1,448 forman la Población Económicamente Activa (PEA). El 80% de la fuerza de trabajo se ubica entre la población de 12 a 39 años.
- Por rama de actividad el 60.10% de la PEA se dedica a las actividades agropecuarias, el 15.00% a los servicios, el 5.60% al comercio y el 17.90% a actividades no especificadas, y únicamente el 1.40% a la industria.

La determinación de la estructura y patrón de cultivos, así como el tamaño de superficie factible a explotarse fue resultado de tres aspectos fundamentales: las recomendaciones de los estudios básicos, los resultados obtenidos del estudio de mercado

y la experiencia, conocimiento e interés de los productores locales.

El patrón seleccionado se compone de once productos agrupados de la manera siguiente: Granos Básicos: Arroz, Maíz y Frijol; Oleaginosas: Soya; Hortalizas: Chile, Jitomate y Sandía; Frutales: Naranja y Limón; Forrajes: Sorgo y Pastos.

Se seleccionaron cuatro zonas de explotación: la arrocera, la ganadera, la citrícola y la de maíz-sorgo. La zona arrocera se podrá alternar con el cultivo del maíz, sorgo, soya y frijol; por su parte, la zona de maíz-sorgo también podrá alternarse con los cultivos de soya, frijol y hortalizas (chile, sandía y jitomate).

La superficie del proyecto se definió en 53,365 hectáreas de las cuales 44,400 hectáreas se incorporaron a las actividades agrícolas bajo condiciones de riego, 6,746 hectáreas a la explotación ganadera y 2,219 hectáreas a otros usos.

La distribución de la tierra por cultivo, quedó definido de la siguiente manera: para arroz-arroz 26,600 hectáreas; para arroz-otros cultivos 10,800 hectáreas; para maíz-sorgo-hortalizas 1,500 hectáreas; para maíz-otros cultivos 3,500 hectáreas; para cítricos 2,000 hectáreas y para pastos 6,746 hectáreas.

En el desarrollo de este trabajo se describe con detalle lo antes señalado y presenta muchos aspectos más que en esta introducción no vale la pena detallar, por lo tanto, resta mencionar que el objetivo del presente documento es el de realizar el anteproyecto para controlar y usar eficientemente los recursos hidrológicos, mediante la utilización de un sistema de riego y drenaje como factores esenciales, para tecnificar la agricultura y mejorar las condiciones de producción; basándonos en los estudios básicos como son: Uso actual del suelo, Estudio agroclimatológico, estudio hidrológico y otros que se desarrollan en el capítulo tercero de este trabajo.

Este trabajo está integrado por cuatro capítulos, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

En el capítulo primero se mencionan las condiciones generales de la zona de estudio, así como su localización.

En el capítulo segundo se realiza un esquema general del proyecto, describiendo en forma generalizada el proyecto, se menciona la justificación, las necesidades, los alcances y limitaciones así como los beneficios tanto cualitativos como cuantitativos que podrán obtenerse con el proyecto de la zona de riego en el Bajo Usumacinta.

El capítulo tercero maneja los estudios básicos para el desarrollo del anteproyecto de riego, estos estudios son: Uso actual del suelo, el estudio agroclimatológico, el estudio hidrológico, el estudio socioeconómico y la tenencia de la

tierra; realizando además un análisis sobre el impacto y control ambiental que provocará este proyecto.

Finalmente en el capítulo cuarto se realizó el anteproyecto de la zona para fines de riego en una superficie de 65,328 hectáreas de las cuales 51,146 hectáreas se incorporarán a la explotación agropecuaria bajo condiciones de riego, según las recomendaciones de los diferentes estudios básicos. Asimismo se efectuó la planeación de la misma, delimitando los terrenos regables, localizando y diseñando el canal principal, localizando los canales secundarios, drenaje y caminos de servicio necesarios.

La infraestructura que requiere el proyecto consiste fundamentalmente en un sistema de drenes controlados y en un sistema de riego por bombeo. El primero se planeó con base a la utilización de los cauces naturales existentes y el segundo aprovechando las aguas del río Usumacinta.

En el anexo se presenta una serie de planos constituidos por:

1. Areas por regar.
2. Planeación general.
3. Proyecto del canal principal.

Se presentan además las conclusiones a las que se llegaron después de haber desarrollado el estudio y anteproyecto de la zona de riego.

Generalizando el presente trabajo se enfoca en el estudio y anteproyecto de una zona de riego, para regar 51,146 hectáreas en la zona del Bajo Usumacinta, en la planicie limítrofe de los estados de Campeche y Tabasco. La fuente de abastecimiento la constituye el Río Usumacinta.

Entre otras cosas esto y más se menciona a través del desarrollo de este trabajo.

CAPITULO PRIMERO

ANTECEDENTES .

C A P I T U L O P R I M E R O

ANTECEDENTES.

1.1. Generalidades.

La introducción del cultivo del arroz en la zona con fines comerciales se da a principios de la década de los ochenta y se circunscribe en el marco de la política nacional de buscar regiones alternativas al noroeste que hasta entonces había sido la principal productora de arroz y que empezó a sentir disminución de su producción arrocerá dada la escasez y alto costo del agua de riego.

En este contexto se piensa en el sureste del país como una región alternativa, ya que por sus características se presenta como adecuada para poder introducir el cultivo del arroz en condiciones de temporal en los estados de Campeche, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo dada la idea prevaleciente de la abundancia del recurso hídrico en dichos estados, el cual era el factor limitante en la región noroeste.

Se lleva a cabo la transferencia gradual y paulatina del cultivo del arroz hacia el sureste, especializando a la región en su cultivo, mediante la promoción y otorgamiento de apoyos productivos por parte de los gobiernos federales y estatales.

Es así que en el proceso de conformación de las condiciones actuales que presenta la zona del proyecto, ha jugado un papel importante la introducción y expansión del sistema arrocerá que junto con el ganadero son los sistemas de producción más importantes en la actualidad.

Sin embargo, el desarrollo que ha presentado el cultivo en la zona, donde ha sido sembrado preponderantemente bajo condiciones de temporal, no ha dado los resultados esperados y sí ha tenido impactos negativos no sólo entre los productores sino también a nivel regional y nacional.

La temporalidad es un factor de peso que no se consideraba como un elemento que fuera a jugar como limitante en el desarrollo del cultivo en la región. Pues si bien existe una abundancia del recurso hídrico, éste se ha vuelto relativo en el caso del arroz, ya que la evolución del cultivo en la zona y los resultados económicos han estado sujetos a la influencia de factores ambientales, lo cual ha generado como consecuencia una mayor incidencia de factores biológicos como plagas, enfermedades y malezas, bajos rendimientos, altos costos de producción y por lo tanto, una baja rentabilidad en su cultivo.

Aunado a lo anterior, en la zona se encontró que se ha dado una tendencia hacia la disminución de la superficie sembrada y que la superficie que se cosecha presenta altos índices de siniestralidad, repercutiendo esto en un bajo volumen de producción y en la calidad del grano. Además los aspectos técnicos han sido un factor limitante ya que ha motivado una indefinición de áreas de potencial adecuado para la explotación agrícola.

Por otro lado, el comportamiento del mercado arrocero y la política de precios ha sido otro factor limitante en virtud de que la regulación del mercado de los alimentos básicos estuvo a cargo del Estado con el establecimiento de los precios de garantía de 1953 hasta 1989, a excepción del maíz y frijol que aún están vigentes en el momento actual, cuyos objetivos eran fundamentalmente para fomentar la producción, reducir la incertidumbre relacionada con el ingreso de los productores y estimular el flujo de alimentos del campo a la ciudad. En 1960 fue incorporado el arroz en este sistema de precios. Sin embargo, la política de precios de garantía en las tres últimas décadas ha sido muy inconsistente. Reflejándose en la gran inestabilidad de los precios reales y el sesgo antiagrícola que ocasionó su caída sistemática.

Por otro lado, desde la década de los setentas se ha considerado que las planicies de Campeche y Tabasco tienen condiciones agroclimatológicas propicias para el desarrollo agropecuario y, particularmente para el cultivo del arroz. Durante la década pasada como parte de los objetivos propuestos por el ejecutivo federal, se impulsó el cultivo del arroz para ir transfiriendo la producción del noroeste al sureste de México dada la abundancia del recurso hídrico. A partir de entonces, el cultivo fue tomando importancia dentro del contexto de la agricultura de esa región como resultado del apoyo proporcionado por los gobiernos estatales con el propósito de convertir esta parte del sureste en una importante zona productora de arroz.

La estrategia de impulsar la producción de arroz de temporal no consiguió las metas trazadas en Campeche y Tabasco debido a que en las áreas del trópico húmedo la abundancia de las lluvias se ve demeritada por su irregularidad y por la presencia de sequías prolongadas en las épocas críticas de la planta. Lo anterior ha provocado que las siembras de temporal incurran frecuentemente en bajos niveles de producción, productividad y rentabilidad económica. Los resultados son semejantes para los demás cultivos que se siembran en la región bajo el régimen de temporal.

Los bajos rendimientos observados en las zonas temporales del sureste, obedecen fundamentalmente a la inseguridad propia del temporal, acentuadas por las sequías y fuertes concentraciones de lluvias de carácter estacional, cuyos efectos se agravan al presentarse deficiencias en el desagüe y drenaje interno; a lo anterior se añaden distintos fenómenos sociales así como la falta de infraestructura básica, la baja tecnificación, la vocación actual de los campesinos y los bajos recursos que se destinan al desarrollo de la producción del sector agropecuario.

La experiencia de este periodo demuestra que la única manera de conseguir rendimientos óptimos en la producción de arroz en esta zona es garantizando la disponibilidad del agua en las etapas críticas del desarrollo de la planta, aún a pesar de las deficiencias que se presentan en la distribución de las lluvias.

El Proyecto del Bajo Usumacinta constituye la respuesta para impulsar el desarrollo agropecuario de la región, mediante la construcción de la infraestructura necesaria para regar hasta cien mil hectáreas, así como el sistema de drenaje necesario para un eficiente manejo del agua. Especialmente por la perspectiva de aprovechar las condiciones naturales de la zona para conseguir altos rendimientos a costos que sean competitivos en el mercado nacional e internacional, así como propiciar mejores niveles de bienestar a la población.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) realizó los primeros estudios de gran visión en la zona del Bajo Usumacinta en una superficie de 730,000 hectáreas. De acuerdo a los resultados de estos estudios se identificaron 300,000 hectáreas con aptitud para la explotación agrícola, en especial el arroz. Con este entorno fue posible definir la envolvente del Proyecto en el Bajo Usumacinta, después de considerar las condiciones topográficas y agroclimatológicas favorables, su cercanía a las fuentes de abastecimiento y la infraestructura existente, definiéndose el entorno de 100,000 hectáreas, ubicado el 70% en Campeche y el 30% en Tabasco.

1.2. Zona del Proyecto.

El Proyecto del Bajo Usumacinta se encuentra enclavado en el Sureste de la República Mexicana, ubicado en la zona limítrofe comprendida por los municipios Del Carmen y Palizada en el Suroeste del Estado de Campeche y Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta en el Noroeste del Estado de Tabasco. El área de influencia abarca una superficie de 119,485 hectáreas, de las cuales 74,342 hectáreas (62%) corresponden a Campeche y 45,143 hectáreas (38%) a Tabasco. Dentro de esta área se ubica la zona para la realización del proyecto, el cual cubre una superficie de alrededor de 54 mil hectáreas.

Se ubica entre los paralelos 17°50' y 18°15' latitud norte y los meridianos 91°34' y 92°00' longitud oeste. Su altitud sobre el nivel del mar oscila entre los 6 y los 16 metros.

Dicha zona colinda al norte con el ejido el Zapote y propiedades privadas; al sur con el río Usumacinta, con el ejido Playa Larga, con la parte norte del municipio de Emiliano Zapata y con propiedades privadas; al este con propiedades privadas y ejidos que se ubican en el municipio de Balancán; al noroeste sigue los límites de los ejidos Constitución, J. N. Roviroza y el Pipila, hasta los límites de Campeche en el noroeste.

En la figura 1.1. se presenta el croquis de localización de la zona del proyecto.

Por su ubicación geográfica, el escenario de estudio presenta un clima tropical donde las características predominantes son las altas temperaturas y elevadas precipitaciones, observándose en su generalidad dos tipos de clima: El Cálido Húmedo con abundantes lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.20% y el Cálido Subhúmedo con periodos claramente definidos de sequía y lluvia y con ligera sequía interestival.

Tiene una precipitación media anual de 1,950 mm.; la evaporación promedio es de 1,536 mm. y una temperatura promedio de 26.6°C. Los meses más húmedos son de mayo a diciembre y los más secos de enero a abril. La temperatura máxima se da en el mes de mayo con 29.3°C y la mínima en enero con 23.1°C aproximadamente. Los vientos tienen una dirección del noroeste a sureste de intensidad moderada, con velocidad de 14 a 29 Km. por hora la mayor parte del año.

En forma general, el relieve de la zona de estudio es plana con lomeríos de poca altitud. Las tierras altas que se encuentran al sur, este y oeste así como las de la cuenca alta del Usumacinta drenan hacia la zona debido a la poca variación altitudinal y de relieve de la misma, se provocan fuertes y prolongadas épocas de encharcamiento que limitan la producción agrícola, lo anterior en virtud de que esta zona se encuentra en la provincia fisiográfica de la llanura costera del Golfo Sur,

subprovincia de llanuras y pantanos tabasqueños, donde predomina el sistema de topoformas de llanuras con fase inundable.

En esta zona, los suelos se han formado con los materiales transportados por los ríos, a través de procesos de sedimentación aluvial y coluvial. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente ácidos y textura pesada, así como desagüe superficial y permeabilidad lenta. Se adaptan bien a diversos cultivos cuando se controla adecuadamente el exceso o falta de humedad. El 90% de los suelos predominantes corresponden a los clasificados como acrisoles y el 10% a los vertisoles crómicos.

Respecto a los recursos hidrológicos, la zona de estudio cuenta con un gran potencial como consecuencia de las altas precipitaciones pluviales que se presentan, además de que es una zona de concentración de escurrimientos y de que forma parte de la Región Hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta cuya área drenada es aproximadamente de 113,285 Km².

La corriente superficial más importante en la zona la constituye el río Usumacinta y en menor grado el río Salsipuedes y los arroyos Santa Adelaida, Blanco y Del Este.

Las vías de comunicación existentes en el área de influencia son diversas. Actualmente cuenta con una amplia red de comunicaciones que permiten su acceso por carretera, ferrocarril, avión y en algunas zonas, por vía fluvial. La red de carreteras, sin incluir los municipios de Palizada y Del Carmen, rebasa los mil kilómetros de longitud, de los cuales el 32% es carretera pavimentada (350 Km.) y el 68% revestida (746 Km.). Cuenta además con gran cantidad de carreteras de terracería y caminos vecinales.

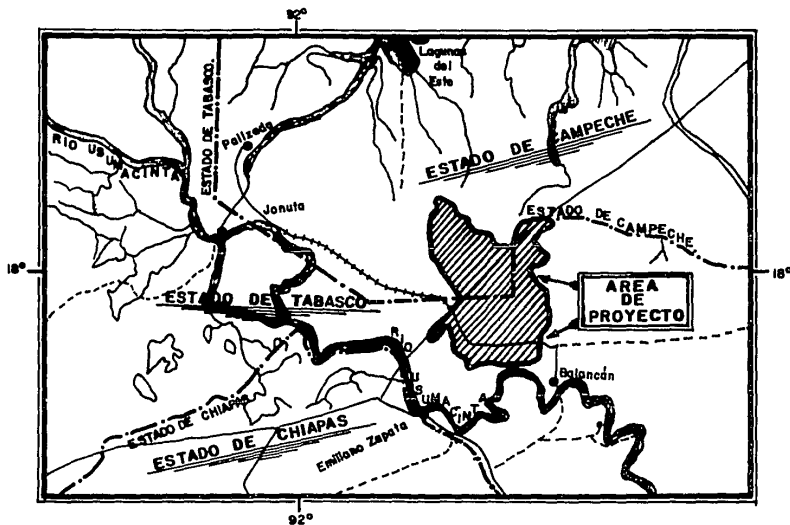
Las principales carreteras que comunican el área son: la No. 80 llamada Costera del Golfo, la cual comunica al estado de Campeche con Villahermosa, Tabasco; la internacional No. 186 que atraviesa el municipio Del Carmen y da acceso al estado de Quintana Roo; la de Villahermosa-Chablé-Balancán; la de Emiliano Zapata-Balancán y Tenosique-Balancán; la carretera circuito del Golfo; la de Zapatero-Jonuta; la de Guayabal-Jonuta y la carretera estatal Villahermosa-José Colomo-Zapatero-Jonuta.

El ferrocarril del Sureste comunica gran parte del área, ya que atraviesa los municipios Del Carmen, Balancán y Emiliano Zapata. Existen además varias aeropistas que se usan para vuelos locales y pistas para avionetas.

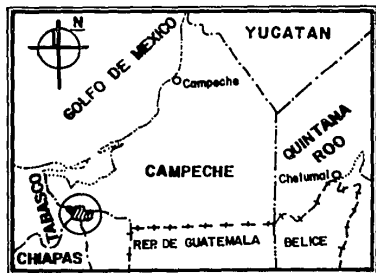
Hay transporte fluvial en los municipios de Palizada, Emiliano Zapata, Jonuta y Del Carmen, el cual se realiza por medio de barcos, cayucos y lanchas.

FIGURA 1.1. CROQUIS DE LOCALIZACION

PROYECTO BAJO USUMACINTA CAMPECHE — TABASCO



ESCALA 1: 800,000



SIMBOLOGIA

- LIMITE DE ESTADO.
- + + + FRONTERA SUR.
- ▨ ZONA MARINA.
- ▨ ZONA DE ESTUDIO.
- MUNICIPIO.
- ▬ RIO.
- └┘ AFLUENTES EXISTENTES.
- LAGUNA.
- CARRETERA.
- ++++ FERROCARRIL.
- - - CAMINO.

CAPITULO SEGUNDO

ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO.

C A P I T U L O S E G U N D O

ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO.

2.1. Descripción general del proyecto.

El proyecto del Bajo Usumacinta ha sido concebido como un proyecto integrador cuya finalidad es tratar de coadyuvar al desarrollo regional, dando énfasis a las actividades agropecuarias mediante la introducción de sistemas de riego y drenaje para la producción agrícola, buscando que las propuestas y estrategias alternativas que se establezcan tengan un enfoque integral.

En tal sentido, dicho proyecto está constituido por varios estudios que han sido agrupados en fases o etapas de análisis. La primera de ellas comprende la parte del diagnóstico de la zona del proyecto, conformada por los estudios básicos cuyo propósito fue identificar las características físicas, económicas y sociológicas de la zona, así como el uso y manejo actual de los recursos.

La segunda, resultado de la fase anterior, la cual propone la definición de un patrón y estructura de cultivos potenciales acordes a la vocación y características productivas presentados en las diversas áreas de la zona del proyecto.

En la siguiente etapa, vinculada a las dos anteriores, se definieron las estrategias de acción y mecanismos de operación requeridos para la implantación e instrumentación del proyecto.

Finalmente en la cuarta etapa se realizó el anteproyecto en una superficie de 51,146 hectáreas según las recomendaciones de

los diferentes estudios básicos. Asimismo se efectuó la planeación de la misma, delimitando los terrenos regables, localizando y diseñando los canales principales, drenaje y estructura en general requerida.

En general se pretende impulsar el desarrollo agropecuario de la región mediante la incorporación de 51,146 hectáreas a la explotación agrícola bajo condiciones de riego, para ello se realizará la construcción de la infraestructura hidráulica y de drenaje necesario con el fin de que se pueda establecer un sistema de producción que permita el uso eficiente de los recursos físicos y humanos.

La infraestructura que requiere el proyecto consiste fundamentalmente en un sistema de drenes controlados y en un sistema de riego por bombeo. El primero se planeó con base a la utilización de los cauces naturales existentes, y el segundo aprovechando las aguas del río Usumacinta.

2.2. Justificación del proyecto.

Durante la década pasada como parte de los objetivos propuestos por el ejecutivo federal, se impulsó el cultivo del arroz en la zona del proyecto. A partir de entonces este cereal fue tomando importancia dentro del contexto de la agricultura de esa región. Sin embargo, en todo este período no se han alcanzado los resultados deseados debido a un conjunto de problemas que ha enfrentado el cultivo y que se reflejan en los bajos niveles de producción, productividad y rentabilidad económica. En efecto, en esta zona la producción de arroz se realiza bajo condiciones de temporal y el cultivo está sujeto a la influencia de un conjunto de problemas ambientales, entre ellos la temporalidad de la producción y el efecto de las sequías intraestival, la incidencia de factores biológicos, deficiencias e insuficiencias en la construcción de obras de irrigación, altos costos de producción y altas precipitaciones no controladas.

La experiencia de este período demuestra que la única manera de conseguir rendimientos altos y regulares en la producción de arroz en esta zona es garantizando la disponibilidad de agua en las etapas críticas del desarrollo de la planta aún a pesar de las deficiencias que se presentan en la distribución de las lluvias.

Esto ha motivado que algunos productores hayan realizado inversiones para asegurarse mayores volúmenes de agua mediante la perforación de pozos o el bombeo y la conducción de agua del Río Usumacinta o de alguna de las lagunas que existen en la región.

Por esta razón el estudio de la factibilidad de desarrollo de la infraestructura necesaria para regar hasta 100 mil hectáreas, así como del sistema de drenaje necesario para un

eficiente manejo del agua, se ha tornado de mayor interés. Especialmente por la perspectiva de aprovechar las condiciones naturales de la zona para conseguir altos rendimientos a costos que sean competitivos en el mercado nacional e internacional.

El proyecto hidroagrícola del Bajo Usumacinta fundamentalmente persigue incrementar la productividad y diversificar sensiblemente la actividad económica en el área, con el aprovechamiento de los excedentes de agua del Río Usumacinta. Por lo tanto, se trata de un proyecto de desarrollo, con el cual se pretende tener repercusiones positivas en la calidad de vida y la economía de la población local y en la regional, dentro de un aspecto amplio de beneficios municipales y estatales.

Este proyecto contemplado desde su dimensión nacional, y visto a la luz del Plan Nacional de Desarrollo se enmarca ampliamente dentro de uno de los objetivos nacionales que consiste en el mejoramiento Productivo del Nivel de Vida de la Población.

Además, por otra parte, el proyecto hidroagrícola del Bajo Usumacinta, forma parte de la modernización del campo, cuyo objetivo principal es aumentar la producción y productividad del campo, con el fortalecimiento de la autonomía de gestión de los productores y sus organizaciones, así como, la concertación con los gobiernos y los productores de los estados para elaborar y ejecutar los programas de desarrollo rural con la suma de los recursos locales y federales disponibles bajo un uso coordinado.

2.3. Necesidades del proyecto.

El cultivo del arroz se ha dado de manera importante en el noroeste de México, principalmente en los estados de Sinaloa y Nayarit, los cuales en conjunto aportan el 40% de la producción nacional. También se cultiva en Jalisco, Colima, Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla, Centro de Veracruz, Morelos, Guerrero y el sur de Michoacán; Todos ellos con apoyo de infraestructura hidráulica aportan otro 40%. El 20% restante lo aporta el sureste que incluye el sur de Veracruz y los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Tabasco, donde el arroz se cultiva bajo condiciones de temporal.

En el noroeste, debido a la alta demanda de agua que requiere el arroz, este compete desfavorablemente con otros cultivos agrícolas como las hortalizas que requieren menor consumo de agua y ofrecen mayores ventajas económicas e incluso cuentan con mercados atractivos de exportación. En consecuencia la superficie de arroz en esta región se ha venido reduciendo y se considera a la planicie de Campeche y Tabasco como los sustitutos del noroeste para la producción de esta gramínea.

Desde hace varios años se ha considerado que las planicies de Campeche y Tabasco tienen condiciones agroclimatológicas propicias para el desarrollo agropecuario y, particularmente para el cultivo del arroz. Durante la década pasada se impulsó en esta región la siembra de este cultivo bajo condiciones de temporal con el propósito de liberar a las zonas arroceras del noroeste, que cuentan con menor disponibilidad de agua y pueden ser aprovechadas con cultivos de menor consumo de este líquido.

La estrategia de impulsar la producción de arroz de temporal no consiguió las metas trazadas en Campeche y Tabasco debido a que en las áreas del trópico húmedo la abundancia de las lluvias se ve demeritada por su irregularidad y por la presencia de sequías prolongadas en las épocas críticas de la planta. Lo anterior ha provocado que las siembras de temporal incurran frecuentemente en muy bajos rendimientos. Los resultados son semejantes para los demás cultivos que se siembran en la región bajo el régimen de lluvias. Todo lo ya mencionado hizo pensar en la tarea de definir un plan maestro para el desarrollo integral de la zona del Bajo Usumacinta.

De esta manera nace el Proyecto del Bajo Usumacinta constituyendo la respuesta para impulsar el desarrollo agropecuario de la región mediante la construcción de la infraestructura para irrigar hasta 51,146 hectáreas y así propiciar mejores niveles de bienestar a la población.

La prioridad del proyecto contempla los siguientes aspectos:

--Mejorar la calidad de vida de los productores de la zona, al incrementar sus ingresos y sus condiciones económicas.

--Incidir en la productividad agropecuaria del área de influencia del proyecto, mejorando los métodos de explotación actuales.

--Manejar, controlar y usar eficientemente los recursos hidráulicos para elevar la producción agropecuaria y preservar el medio ambiente.

--Aprovechar las condiciones agroclimatológicas favorables para sembrar en los dos ciclos agrícolas (Primavera-Verano y Otoño-Invierno) para aumentar la producción agropecuaria.

--Mejorar y en su caso ampliar la capacidad instalada de las agroindustrias de la zona de influencia del proyecto.

2.4. Alcance y limitaciones.

La asignación del recurso agua a los productores agropecuarios que traerá consigo el Proyecto del Bajo Usumacinta, una vez captado el escurrimiento del río Usumacinta, es el propósito fundamental de las obras hidráulicas por realizarse bajo este proyecto. Actualmente sólo 7,500 hectáreas cuentan con riego en la región de referencia y, con el proyecto, el área irrigada se extenderá a 51,146 hectáreas.

La implementación del proyecto permitirá incrementar la producción y productividad agropecuaria de la zona lo cual se reflejará en el aumento de los niveles de bienestar de las familias ubicadas en el área de influencia del proyecto.

Por otro lado, el incremento significativo del volumen de arroz permitirá coadyuvar a lograr la autosuficiencia nacional de este grano y a desincorporar áreas del noroeste del país, especializando esta región como una gran zona productora.

Desde el punto de vista de la estructura productiva se buscará eficientizar el uso de los recursos mediante un incremento en los rendimientos por hectárea que actualmente se tienen en la zona: el arroz de temporal con 2.5 ton. por ha., el maíz con 1.7 ton. por ha. y el sorgo con 2.6 ton. por ha. Asimismo, se les ofrecerá a los productores la asesoría técnica y los apoyos necesarios para que introduzcan cultivos alternos al arroz, principalmente en el ciclo Otoño-Invierno. Tratando de neutralizar la competencia que se da por el uso de los recursos entre el sistema ganadero y el arrocero, predominante en la actualidad.

Con la incorporación de la infraestructura de riego y drenaje se esperan incrementos considerables en los rendimientos de cada cultivo seleccionado. Para el caso del arroz se prevé duplicarlos de las 2.5 toneladas por hectárea actuales a 5.0 toneladas por hectárea como promedio. Con maíz se espera obtener rendimientos promedio de 2.5 toneladas por hectárea; en sorgo de 4.0, en frijol de 2.5, en chile de 8.0, en jitomate en 25.0 y en sandía de 18.0 toneladas por hectárea. Respecto a la naranja y limón es importante destacar que son cultivos nuevos que se promoverá su explotación en superficies compactas ya que por sus características, será necesario hacer inversiones los primeros cuatro años. Para estos frutales se esperan rendimientos promedio de 12.8 y 11.6 toneladas por hectárea respectivamente. Finalmente, respecto al cultivo de pastos se estima elevar el rendimiento de unidad animal por hectárea en un 100% de 400 a 800 Kg. de carne por hectárea.

Ahora bien, el paso de una agricultura temporalera a una de riego en gran escala plantea algunos problemas que se deben considerar tales como los relacionados con el uso, manejo, suministro y administración del agua; las fuertes inversiones de capital que se requieren y la recuperación de las mismas; la planeación, construcción y puesta en marcha de un sistema de riego y drenaje que no altere en demasía el medio ambiente y condiciones de los productores; la investigación y experimentación necesarios para la recomendación de paquetes tecnológicos adecuados para la zona; la prestación de servicios de asistencia técnica y extensionismo agrícola, etc.

A este respecto se puede decir que la zona cuenta con los recursos físicos y humanos para realizar el cambio. Las características físicas y naturales de la zona ofrecen ser

adecuadas para el aprovechamiento del cultivo del arroz y de otros cultivos.

Por otro lado tenemos factores que limitan el desarrollo agropecuario de la zona y estos se dan de la siguiente manera:

El desarrollo agropecuario de la zona del proyecto se ha visto limitado por las políticas instrumentadas por el Gobierno Federal, las cuales han tomado como eje al cultivo del arroz como parte esencial de ese desarrollo. En efecto a principios de la década de los ochenta se introduce el cultivo del arroz en la zona con fines comerciales. Se fomentó la especialización de los productores de la región mediante la promoción y otorgamiento de los apoyos productivos para este cultivo por parte de los gobiernos Federal y Estatales.

Sin embargo, los resultados esperados no han sido satisfactorios en virtud de haberse realizado bajo condiciones de temporal, factor que no se consideraba como un elemento limitante en el desarrollo del cultivo de la región.

Los aspectos técnicos han sido otro factor limitante lo que ha motivado una indefinición de áreas de potencial adecuado para la explotación agrícola.

Dentro del área de estudio (53,774 ha.) los factores físicos que limitan la producción agropecuaria son:

- a) El clima, sobre todo en el aspecto de precipitaciones pluviales cuyo régimen mal distribuido, provoca rendimientos deficientes en las cosechas agrícolas. Sin embargo, esta limitante se minimizará con la incorporación de la infraestructura hidráulica a la producción bajo condiciones de riego.
- b) Los suelos, que de acuerdo con los resultados del estudio agrológico limitan el patrón potencial de cultivos, a explotar. Con base en esos resultados se definió una estructura productiva formada por once cultivos de los 18 posibles a desarrollarse, según la aptitud del suelo del área.

Sobre restricciones económicas, destacan los elementos relacionados con el mercado nacional e internacional. En el caso del arroz, con las condiciones actuales y con el comportamiento su tendencia durante los últimos diez años, se puede establecer que con los rendimientos promedio nacionales (3.8 ton/ha.) cosechando una superficie de 64,000 hectáreas se complementarían la producción nacional y se dispondría de un remanente que permitiría absorber las reducciones de cosecha del noroeste o intentar incorporarse al mercado internacional.

Por otro lado, también relacionadas con el mercado nacional e internacional, se encuentran productos como los cítricos y las

hortalizas que destacan por su rentabilidad, sin embargo la falta de mecanismos de comercialización y el hecho de que no son productos básicos, los hacen más vulnerables a las condiciones de la oferta y demanda.

Existen también limitantes económicas para productos que requieren de un proceso de transformación y que no cuenta con agroindustrias de la especialidad en la zona de influencia del proyecto, como el caso de la yuca o de la caña de azúcar.

Finalmente, se pueden distinguir limitantes económicas en cuanto a los tamaños de parcela de los productores que se beneficiarán con el proyecto. Se define que el menos rentable requiere cuando menos de 10 hectáreas para que el desarrollo de esta propuesta permita cumplir con su objetivo principal de elevar los ingresos de los productores y que se reflejen en un aumento de la calidad de vida. En este sentido, existen en la zona del proyecto 105 productores que poseen menos de 10 hectáreas, resaltando el hecho de que 104 de ellos son ejidatarios.

En cuanto a restricciones sociales; tenemos una que podría calificarse como verdadera limitante social para el desarrollo del proyecto está relacionada con la tenencia de la tierra, pues si bien es cierto que hubo cambios importantes en las modificaciones al Artículo 27 constitucional, estas fijan nuevos límites y condiciones a la pequeña propiedad rural que restringen el desarrollo del proyecto propuesto.

Cabe señalar que la ley permite cambiar el uso del suelo en predios a los que legalmente se les ha otorgado el título de pequeña propiedad, siempre y cuando se realicen inversiones para mejorar las condiciones de uso del suelo; que estas inversiones sean cubiertas en su totalidad por los pequeños propietarios; que las mejoras no rebasen los límites permitidos y que las áreas mejoradas se destinen al uso original del predio.

Lo anterior, aunado a la irregularidad legal en cuanto a la tenencia de la tierra que reportan los estudios en el área del proyecto, significan realmente la principal restricción a la que se enfrenta el desarrollo de la actividad propuesta.

2.5. Beneficios cualitativos y cuantitativos esperados.

La ejecución y funcionamiento del proyecto permitirá abatir el subempleo de la zona, e incluso en el mediano plazo se convertirá en un polo de atracción de empleo importante ya que tan solo en las actividades agrícolas se esperan incrementos del 120% en este rubro, al pasar de los 2,630 empleos temporales a 5,800 empleos durante todo el año, tanto en las labores de cultivo como en el procesamiento industrial.

Estos empleos permitirán incrementar los ingresos de los habitantes de la zona, mejorando con ello la distribución del ingreso y otorgando mayores oportunidades y mejores condiciones de vida en lo relativo a salud, vivienda, alimentación y educación.

En el caso de que se lleve a cabo el proyecto, éste traerá aparejados la necesidad de concertaciones con las instituciones respectivas para realizar la inversión en aquellas obras que coadyuven al mejoramiento del bienestar social de la población, tales como electrificación, suministro y entubado de agua potable, instalación de escuelas de enseñanza secundaria y media superior, así como de clínicas-hospital y caminos.

Con la implantación del proyecto se lograrán incrementos sustanciales en la producción y aumentos en los rendimientos, con el aprovechamiento óptimo de los recursos humanos y materiales. Se lograrán además beneficios económicos, al incrementarse el ingreso familiar de un salario mínimo promedio existente a 4 salarios mínimos estimados.

El nivel de vida aumentará y como consecuencia el consumo de satisfactores tales como: mejor alimentación, educación y vivienda así como vestido y salud.

En los cuadros 2.1. y 2.2. se estima la situación actual y la situación futura respectivamente de la zona de estudio.

CUADRO 2.1. SITUACION ACTUAL

- Agricultura de temporal.
- Dos ciclos de producción por año de manera limitada
- Aprovechamiento del suelo

Cultivo	Superficie (Ha.)	Rendimiento (Ton./Ha.)
Arroz	14,000	2.20
Maíz	230	1.80
Sorgo	100	2.50
Sandía	200	10.00
Pastos	21,800	0.40
TOTAL	36,230	

- Uso eficiente de los recursos materiales y humanos.

CUADRO 2.2. SITUACION FUTURA.

-Agricultura de riego.
-Dos ciclos de producción por año con uso eficiente de los recursos.

-Aprovechamiento del suelo.

Cultivo	Superficie (Ha.)	Rendimiento (Ton./Ha.)
Arroz	64,000	5.50
Maíz	5,500	3.50
Frijol	3,500	2.00
Soya	3,500	2.50
Chile	500	9.00
Sandía	500	25.00
Jitomate	500	18.00
Sorgo	5,000	4.20
Naranja	1,000	12.80
Limón	1,000	11.60
Pastos	6,746	0.70
TOTAL	91,746	

-Uso eficiente de los recursos materiales y humanos.

Considerando los cuadros 2.1. y 2.2., podemos decir que el número de beneficiarios con agua de riego se incrementará de alrededor de 50 productores, sin el proyecto, a 588 con el proyecto, si permanece cada uno con el mismo tamaño de predio con el que cuentan.

En cuanto a los beneficios económicos esperados con el proyecto se estima 161 millones 862 mil nuevos pesos, correspondiendo 66 millones 688 mil nuevos pesos al cultivo de arroz; 17 millones 232 mil nuevos pesos a los cultivos de maíz, sorgo y frijol; 20 millones 487 mil nuevos pesos a las hortalizas; 19 millones 594 mil nuevos pesos a cítricos y 37 millones 864 mil nuevos pesos a la ganadería.

CAPITULO TERCERO

ESTUDIOS PRELIMINARES.

C A P I T U L O T E R C E R O

ESTUDIOS PRELIMINARES.

3.1. Uso actual del suelo.

El presente estudio se propone identificar la distribución de las tierras del área en estudio entre las diferentes modalidades de utilización o aprovechamiento y describir los sistemas de producción agrícola, pecuaría y silvicultura que se presentan; especificando las técnicas de producción comúnmente utilizadas, su productividad y rentabilidad.

La clasificación del suelo en la zona de influencia según la superficie censada en 1970, fue de 1.3 millones de hectáreas de las cuales 367 mil ha. correspondían a tierras de labor; 446 mil a bosques; 246 mil a pastos; 236 mil eran tierras improductivas y 55 mil correspondían al rubro de otros. Destaca en esta clasificación las tierras dedicadas a la agricultura y a la ganadería, que en conjunto representan el 45.4% de la superficie total.

La zona de estudio ha sido tradicionalmente ganadera, sin embargo a partir de finales de la década de los años setenta se introduce el cultivo del arroz en grandes superficies de temporal.

Actualmente, el uso del suelo en la zona de estudio arroja los siguientes porcentajes: De la superficie total de la zona (119,485 ha.) para uso agrícola se destina el 25.00%; para uso pecuario el 63.20%; para la explotación forestal el 7.60% y para otros usos el 4.20%.

Se encontró que en ambos tipos de tenencia predomina la superficie con uso pecuario (56% entre la ejidal y el 65% entre la privada) le sigue en importancia la de uso agrícola con 32% y 24% en el mismo orden.

La distribución del uso del suelo se observa en los cuadros 3.1., 3.2. y 3.3.; los cuadros 3.1. y 3.2. se realizaron por investigación directa, mientras que el 3.3. se elaboró con datos de la S.A.R.H. y entrevistas directas.

CUADRO 3.1. USO DEL SUELO POR TIPO DE TENENCIA PARTICIPACION (%).

	TOTAL	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	OTROS USOS
TOTAL	100.0	25.0	63.2	7.6	4.2
EJIDAL	100.0	32.3	56.1	8.2	3.4
PROP. PRIV.	100.0	23.6	64.6	7.5	4.3

CUADRO 3.2. DISTRIBUCION DEL USO DEL SUELO POR TIPO DE TENENCIA (Hectáreas).

	TOTAL	AGRICOLA	PECUARIO	FORESTAL	OTROS USOS
TOTAL %	119,485 100.0	29,871 100.0	75,515 100.0	9,081 100.0	5,018 100.0
EJIDAL %	16,123 13.5	5,208 17.4	9,045 12.0	1,322 14.6	548 10.9
PROP. PRIV. %	97,205 81.4	22,941 76.8	62,794 83.2	7,290 80.3	4,180 83.3
TER.NAL. %	4,157 3.5	-- --	-- --	-- --	-- --
CAMINOS Y CARRETERAS %	2,000 1.6	-- --	-- --	-- --	-- --

CUADRO 3.3. USO ACTUAL DEL SUELO EN 1991.

UBICACION Y TENENCIA	SUPERFICIE (Ha.)				
	TOTAL	AGRICOLA	PECUARIA	MONTE	OTROS
TABASCO %	45,133 37.8	8,907* 32.5	32,969 40.9	2,475 25.3	989 49.5
Prop. Priv. %	27,363 22.9	4,605 16.8	21,409 26.6	1,025 10.5	324 16.2
Ejidal %	17,770 14.9	4,302* 15.7	11,560 14.3	1,450 14.8	665 33.3
CAMPECHE %	74,352 62.2	18,458 67.5	47,571 59.1	7,312 74.7	1,011 50.5
Prop. Priv. %	73,159 61.3	17,437 63.7	47,531 59.0	7,200 73.6	991 49.5
Ejidal %	1,193 0.9	1,021 3.8	40 0.1	112 1.1	20 1.0
TOTAL	119,485	27,365*	80,540	9,787	2,000

*Incluye 207 ha. que fueron cultivadas dos veces en el mismo año.

USO AGRICOLA.

La superficie total del estudio es de 119,485 hectáreas. De éstas en 1991 se sembraron 14,527 hectáreas. Pero sólo se cosecharon 12,613 hectáreas.

Es necesario destacar, sin embargo, que el uso de suelo agrícola y pecuario son muy cambiantes en la zona debido a factores climatológicos y económicos. El apoyo a la producción arrocerá por parte del Gobierno Federal, a través de subsidios y precios, determinó un rápido crecimiento de la superficie dedicada a este cultivo. En los últimos años la reducción de la superficie de este cultivo, que representa el 97% de la superficie, está asociada a la desaparición de los subsidios, la caída de los precios por la apertura comercial y la irregularidad de las lluvias que provoca importantes siniestros. En la actualidad no se realizan cultivos alternativos al arroz, salvo en superficies marginales, por lo que la reducción de su

superficie significa incremento de la superficie dedicada a la ganadería que es una actividad considerada redituable y segura para los productores.

En 1988 se registra el mayor crecimiento de la superficie agrícola, a partir de entonces la tendencia clara es a la disminución de la superficie: de 1988 a 1989 la superficie dedicada al arroz pasa de 39,755 ha. a 33,889 ha. (-15%), de 1989 a 1990 decrece a su vez 30% al llegar a 23,500 ha., mientras que en 1991 sólo representa el 59.5% (13,984 ha.) de la del año anterior.

Hasta hace unos años toda la producción era exclusivamente de temporal. El incremento del cultivo del arroz y las severas pérdidas ocasionadas por situaciones de sequía y plagas, alentaron a algunos productores a buscar la construcción de obras de aprovechamiento de aguas fluviales, o de bombeo del subsuelo. Actualmente se estima una superficie de riego de 5,668 ha.

En 1990 del total de la superficie agrícola, 24,793 ha. se sembraron 83%. De estas 23,500 ha. se sembraron con arroz, lo que representa el 95% de la superficie total agrícola sembrada en la zona. El 5% de la superficie restante, se sembró con maíz, sorgo, sandía y otros cultivos.

Para ese mismo año, se cosecharon 18,907 ha., esto es el 76% de la superficie sembrada. Lo que significa que 5,886 ha. se siniestraron principalmente por la presencia de sequías.

Los suelos de la zona de estudio son de mala calidad para la agricultura por sus problemas de drenaje, aunados a la poca pendiente de la zona; la utilización de la superficie para la agricultura o la ganadería ha estado determinada por la promoción que han hecho los Gobiernos Federales y Estatales mediante subsidios al cultivo de arroz, antes que por el aprovechamiento de su vocación porque aunque sus características los hacen adecuados para este cultivo, la irregularidad de la distribución de las lluvias convierte a esta actividad en muy riesgosa.

El crédito y los servicios de apoyo otorgados al cultivo del arroz y su intercambio de estas áreas con actividades pecuarias han determinado una correspondencia muy estrecha entre el uso del suelo agrícola y el ganadero. Cuando se daba mayor apoyo a la producción de arroz, algunas superficies ganaderas se destinaban a la siembra de éste cereal; por el contrario, cuando este apoyo disminuía, parte de la superficie agrícola se destinaba a la ganadería.

La drástica disminución en la superficie sembrada de arroz para 1991 se daba en gran parte por el retiro de BANRURAL, de ANAGSA y por la caída del precio del arroz como consecuencia de las importaciones de este cereal. Así tenemos que la superficie sembrada bajo en un 56% al pasar de 23,500 ha. en 1990 a 13,173 ha. en 1991. Por otra parte, las superficies dedicadas a usos

forestal, urbanos o cambios en los usos improductivos no han representado variaciones importantes, no se reportan desmontes significativos, ni se realizan obras para nuevas superficies.

Con base en la información que proporcionan los distritos de desarrollo rural 152 y 04 de la S.A.R.H. se estima la superficie cultivada en 1990 como se indica en el cuadro 3.4.

CUADRO 3.4. SUPERFICIE AGRICOLA EN LA ZONA DE ESTUDIO EN 1990.

LOCALIZACION Y TENENCIA	SUPERFICIE (Ha.)
-Estado de Tabasco	9,700
Ejidal	4,895
Pequeña propiedad	4,805
-Estado de Campeche	19,429
Ejidal	1,021
Pequeña propiedad	18,408
-Total	29,129

Los cultivos anuales que se realizan en la zona se dan en el cuadro 3.5.; de estos los que se hacen orientados completamente al mercado son el arroz, el de sorgo y el de sandía. En la zona de estudio, el cultivo de maíz y el de frijol son para autoconsumo. Hay también producción de autoconsumo de los pequeños propietarios y ejidatarios, que además cultivan chile, tomate o tienen algunos frutales de traspatio o en su parcela.

La superficie de riego de 1990 fue de aproximadamente unas 5,530 ha. entre la que se aprovecha aguas del río Usumacinta y la de pozos que se han hecho en la zona con este fin. La estimación para 1991, es de 6,300 ha. de riego.

Después del arroz, el cultivo de mayor importancia por la superficie cultivada es el maíz. En 1990 solo se cultivaron 228 ha. en la zona de estudio, todas ellas en los ejidos del municipio de Balancán. Las siembras de este cereal en Campeche son de autoconsumo, se cultiva generalmente en parcelas pequeñas y con tecnología tradicional.

CUADRO 3.5. CULTIVOS POR CICLO Y NIVEL TECNOLÓGICO

CULTIVO	CICLO	NIVEL TECNOLÓGICO
-Arroz	P - V	TMF - MC
	O - I	RMF - MC
-Maíz	P - V	TMF - MC
	O - I	RMF - MC
-Sorgo	O - I	TMF - MC
	O - I	TMF - MC
-Sandía	O - I	TMF - MC
-Frijol	O - I	TMS - EP

Donde;

Ciclos:

P - V = Primavera - Verano

O - I = Otoño - Invierno

Niveles tecnológicos:

TMF = Temporal con semilla mejorada y fertilización.

RMF = Riego con semilla mejorada y fertilización.

TMS = Temporal con semilla mejorada sin fertilización.

MC = Mecanizado.

EP = Con espeque (manual).

USO PECUARIO.

En general el área se caracteriza por una gran perturbación de los tipos de vegetación originales causada por la expansión de la actividad ganadera, de la agricultura trashumante y la tala inmoderada de especies maderables.

La superficie dedicada a usos pecuarios es de 80,540 ha. de las que aproximadamente un 30% corresponde a pastizales inducidos y el resto a pastizales naturales y sabana. La zona de estudio era principalmente selvática, fue abierta a la ganadería derribando la vegetación natural y propiciando el desarrollo de los pastos naturales e inducidos.

Las áreas de sabana, con pastizales naturales fueron aprovechadas para este uso con las limitaciones que impone el estiaje porque cuando este es prolongado y la sequía muy severa es necesario sacar el ganado o disminuir considerablemente la carga animal. Algunas de ellas también fueron perturbadas con la introducción de pastos inducidos, aunque esta práctica no haya

prosperado.

En cuanto a las especies explotadas, la mayoría es de bovino. Las pequeñas explotaciones, que no son especializadas, combinan esta especie con la de ovino "pelibuey" o Tabasco. Esto les permite hacer un aprovechamiento mayor de los forrajes naturales, incluyendo los de "ramoneo".

Se estima que de las 80,540 ha. dedicadas al uso pecuario, unas 21,838 tienen pastos inducidos y 58,702 pastos naturales. En el cuadro 3.6. se presenta la distribución de esta superficie por tenencia y localización.

CUADRO 3.6. SUPERFICIE CON PASTOS EN 1991 (Ha.)

UBICACION Y TENENCIA	PASTOS		TOTAL
	INDUCIDOS	NATURALES	
-TABASCO	7,579	25,390	32,969
Propiedad privada	6,423	14,986	21,409
Ejidal	1,156	10,404	11,560
-CAMPECHE	14,259	33,312	47,571
Propiedad privada	14,259	33,272	47,531
Ejidal	----	40	40
-TOTAL	21,838	58,702	80,540

El estudio de uso del suelo indica que la capacidad de carga animal de la superficie dedicada a la ganadería es variable de acuerdo al tipo de vegetación existente y la forma de manejo. En la sabana, sin obras para manejar el agua, los productores reportaron una capacidad de 0.75 de unidad animal (u.a.) por hectárea. Introduciendo pequeñas obras de praderas, estas pueden soportar una carga animal de 1.5 u.a., por ha. En terminos generales una pradera bien establecida soporta un promedio de 5 a 6 pastoreos, con un lapso de recuperación de 8 a 10 semanas. La vida útil de una pradera es hasta de 4 años con manejo adecuado.

La mayor parte de la ganadería de la zona de estudio es extensiva con bovina de doble propósito, usando cruzas de cebú suizo. Las características de las explotaciones ganaderas, indican que el 74% pastorean los animales en forma conjunta y el 26% restante lo hacen separándolos por sexo y edad. El 89% tiene su ganado en pastoreo intensivo, sólo el 2% semiestabulado y el

9% en traspatio. La mayor parte de los ganaderos realizan rotación de potreros (78%) y únicamente el 29% acostumbra proporcionar suplemento alimenticio.

USO FORESTAL.

No existen en la zona aprovechamientos forestales comerciales, las pequeñas áreas de monte que aún quedan se utilizan para aprovechar maderas para usos domésticos de los productores, leña o para "estantes" para los cercados.

La superficie forestal en la zona es muy reducida por que se desmontó la selva original para incorporar a la tierra a otros usos: ganaderos, en primer lugar y más tarde agrícolas. Se estima que sólo hay 9,787 ha. de selva baja y selva media en el área de estudio, con base en la información proporcionada por los productores entrevistados y los estudios revisados.

OTROS USOS.

La superficie con usos diferentes de los agrícolas, pecuarios y forestales a que se refiere el cuadro 3.3., que es de 2,000 ha. según esta estimación, está comprendida por usos urbanos y arroyos, principalmente. No existen ríos ni lagunas dentro del área de estudio porque sus límites se determinaron con el propósito de incluir sólo aquellas tierras en las que no se presentan estos accidentes geográficos. La única excepción es el ejido Playa Larga, que está alledaño al río Usumacinta y sí tiene una superficie importante de lagunas. En estas el uso del suelo es pesquero, pero no existe aprovechamiento comercial importante pues su principal actividad se orienta al autoconsumo y a una economía de mercado local muy reducida.

La actividad pesquera y de aprovechamiento de la flora y la fauna acuáticas tienen importancia económica regional porque la zona de estudio está rodeada de abundantes recursos de este tipo y porque la población hace un importante aprovechamiento de ellos. Pero éste se realiza en la zona de influencia alledaña y no propiamente en la zona de estudio.

3.2. ESTUDIO AGROCLIMATOLOGICO.

3.2.1. Evaluación del recurso suelo.

FACTORES DE FORMACION DEL SUELO.

El suelo se considera como el producto de la acción combinada de cinco factores, que son: el Material Parental, el Clima, el Relieve, los Organismos y el Tiempo.

En el área de estudio estos factores han interactuado de la siguiente manera:

--MATERIAL PARENTAL. La mayoría de los suelos del área se han desarrollado a partir de aluviones del Cuaternario, generalmente arcillosos y franco-arcillosos, formados con los detritos sin consolidar, producto de la erosión de rocas calcáreas, que han sido depositados en el área por el río Usumacinta y sus afluentes.

Algunos suelos del norte y noreste del área se están desarrollando a partir de la intemperización de rocas sedimentarias (calizas, areniscas y algunas lutitas), del Terciario Superior, las cuales, generalmente, se encuentran cubiertas por aluviones del Cuaternario.

--RELIEVE. El área de estudio se localiza en una planicie de inundación, con pendientes menores al 2% excepto en la parte norte y noreste donde existen ondulaciones suaves y lomeríos de poca altitud con pendientes del 2 al 8%.

El relieve ha influido en la formación del suelo a través de su efecto en el drenaje y escurrimiento del agua, provocando que en las partes más planas y bajas se presenten suelos profundos y muestren procesos de gleyzación en todo su espesor, por ser sitios receptores de escurrimientos superficiales. Más aún, si el agua permanece en la superficie en parte o durante todo el año, las influencias climáticas sobre el desarrollo del suelo reducen.

Las tierras altas que se encuentran al sur, este u oeste del área de estudio (fuera de sus límites), así como las de la Cuenca Alta del Usumacinta drenan hacia el área y debido a la poca variación altitudinal y de relieve de la misma, se provocan fuertes y prolongadas épocas de encharcamiento de agua, que limitan la producción agrícola, a cultivos resistentes a estas condiciones.

--CLIMA. La precipitación pluvial es el elemento del clima que tiene mayor influencia sobre la formación de los suelos del área de estudio, tanto por su cantidad como por su efecto en el arrastre y deposiciones de aluviones. De igual forma, la

precipitación y la temperatura actúan como agentes de intemperismo de las rocas, que originan el material parental del suelo. Además ejercen profundas influencias en las tasas de los procesos químicos y físicos que se llevan a cabo en los suelos (lixiviación, salinización, oxidación, reducción, etc.).

--ORGANISMOS VIVOS. La macro y microflora del suelo (bacterias, hongos, actinomicetos) y la gran diversidad de animales (lombriz de tierra, artrópodos, etc.) que en él habitan, han influido en su formación, por los aportes de materia orgánica, el abastecimiento de nitrógeno y otros nutrientes esenciales para las plantas, así como por sus efectos sobre la estructura y la porosidad. Sin embargo, es el hombre quien más ha modificado los suelos de esta área a través de su cultivo, en algunas ocasiones los ha regado, ha establecido drenaje o ha aplicado agroquímicos, que invariablemente alteran o influyen en el desarrollo del suelo.

--TIEMPO. Las características de los suelos se expresan en función del tiempo en el que los factores de formación actúan. Así como por ejemplo, desde el punto de vista edáfico, los suelos de origen aluvial-in situ presentan diferencias en su grado de desarrollo dependiendo del tiempo en el que fueron depositados los aluviones por el río Usumacinta y sus afluentes. Los más antiguos, tienen mayor grado de intemperismo, originando suelos con mayor desarrollo y el caso contrario sucede con los depósitos más recientes.

En general los suelos estudiados son profundos o en algunos casos moderadamente profundos y originados en su mayor parte por deposiciones aluviales recientes y antiguas; algunos suelos tienen origen residual. Esta zona está influenciada en su formación, por el efecto del río Usumacinta como formador de suelo y los escurrimientos de los ríos y arroyos que se originan en las Sierras del Norte de Chiapas y Sureste de Tabasco y la plataforma cárstica de la Península de Yucatán. La inundación temporal y el manto freático elevado son otras de las características del área que tienen gran influencia sobre los procesos de formación de los suelos, de tal forma que la mayoría de ellos presentan gleyzación asociada con oxidación. La argilización se presenta también en gran parte de estos suelos, así como la lixiviación de nutrientes. Todos los procesos y factores de formación de suelos mencionados anteriormente ocasionan que en el área exista una gran variabilidad de suelos.

SERIES DE SUELOS.

El área de estudio abarca una superficie de 163,927 ha. De acuerdo con las observaciones hechas en el campo, con los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de

suelos y con la correlación de un estudio elaborado en zonas adyacentes (S.A.R.H. 1982) se detectaron 12 series de suelos, que se muestran en el cuadro 3.7.

CUADRO 3.7. SERIES DE SUELOS EXISTENTES EN LA ZONA DEL PROYECTO

SERIE	SUPERFICIE (ha.)	%
1 -Balancán	35,139	21.44
2 -Sabanas	13,650	8.33
3 -Playa Larga	5,015	3.06
4 -Santa Rosa	4,024	2.45
5 -Salsipuedes	11,425	6.97
6 -Multé	20,377	12.43
7 -Pípila	2,269	1.14
8 -Usumacinta	12,014	7.33
9 -Aguacatal	49,928	30.46
10 -Netzahualcoyotl	3,922	2.39
11 -San Elpidio	1,181	0.72
12 -Juncal	1,180	0.72
-Sub-total	160,123	97.68
-Cuerpos de Agua	2,808	1.71
-Otros	966	0.61
TOTAL	163,927	100.00

La serie Aguacatal es la que tiene una mayor superficie (49,928 ha.) lo que equivale a más de la cuarta parte del área (30.46%), siguiéndole en orden de importancia la serie Balancán (35,139 ha.), Multé (20,377 ha.) y Sabanas (13,650 ha.), mientras que las series con menor extensión son la Juncal (1,180 ha.) y la San Elpidio (1,181 ha.).

3.2.2. Clima de la zona de estudio.

Por su ubicación geográfica, el escenario de estudio presenta un clima tropical donde las características predominantes son las altas temperaturas y elevadas precipitaciones, observándose en su generalidad dos tipos de clima:

- a) El clima cálido; con abundantes lluvias durante el verano y un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2% por lo que se le asigna la denominación Am(f), y

b) El clima cálido sub-húmedo; existente en la parte norte de la zona con períodos claramente definidos de sequía y lluvia y con ligera sequía interestival.

Tiene una precipitación media anual de 1,950 mm.; la evaporación promedio es de 1,536 mm. y una temperatura promedio de 26.6°C. Los meses más húmedos son de mayo a diciembre y los más secos de enero a abril. La temperatura máxima se da en el mes de mayo con 29.3°C y la mínima en enero con 23.1°C aproximadamente. Los vientos tienen una dirección del noroeste a sureste de intensidad moderada, con velocidad de 14 a 29 km. por hora la mayor parte del año.

El análisis de clima se realizó en base a tres estaciones meteorológicas localizadas en Chablé, Jonuta y Balancán ubicados en el estado de Tabasco, la estación más cercana al área de estudio en el estado de Campeche, es Ciudad del Carmen y Palizada pero no son representativas para considerarlas, las estaciones mencionadas se ubican sobre una rivera del río Usumacinta.

Los datos generales de las tres estaciones se presentan en el cuadro 3.8.

CUADRO 3.8. DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

ESTACION	PERIODO DE OBSERVACION (mm.)	LOCALIZACION		
		Latitud N	Longitud W	Altitud
-Chablé	1974 - 1984	17° 51'42"	91° 47'00"	6
-Jonuta	1951 - 1978	18° 06'00"	92° 08'00"	4
-Balancán	1956 - 1980	17° 49'00"	91° 33'00"	6

De acuerdo a la clasificación climática del Dr. C. W. Thornthwaite, se determinó el clima mediante los datos estadísticos obtenidos de la sección hidrométrica de la Delegación de la S.A.R.H. Tabasco con un período de 11, 28 y 25 años, según el orden expuesto para las estaciones en el cuadro 3.8. En general, presentan una concentración normal de calor en el verano con una pequeña o nula deficiencia de agua, moderadamente húmedo.

Los factores del clima se analizan a continuación, siendo estos: precipitación, evaporación, temperatura, insolación y vientos.

La precipitación media anual se considera entre 1,875.50 y 1,990.60 mm, con una precipitación máxima en 24 horas entre 250 y 300 mm. Esta se distribuye de manera irregular, siendo el mes de

menor precipitación abril al lado de marzo (36.54 mm); asimismo septiembre es el mes de mayor registro de lluvia (327.20 mm). Los meses donde se concentra la mayor precipitación corresponden al periodo comprendido de junio a octubre. Cabe señalar que durante la época de invierno soplan los nortes, provocando lluvias significativas que mantienen la humedad durante esa época. De acuerdo a este gradiente de humedad, se tiene que la diferencia entre la evaporación y la precipitación es de 500 mm. En el cuadro 3.9. se presenta un concentrado de las condiciones de precipitación de las tres estaciones seleccionadas.

CUADRO 3.9. DATOS DE PRECIPITACION

ESTACION	PRECIPITACION ANUAL (mm.)	MESES HUMEDOS (mm.)	MESES SECOS (mm.)	MES MAS LLUVIOSO (mm.)	MES MENOS LLUVIOSO (mm.)
-CHABLE	1,875.5	MAY/DIC 1,615.38	ENE/ABR 262.92	SEPTIEMBRE 293.80	ABRIL 36.54
-JONUTA	1,970.3	JUN/DIC 1,615.38	ENE/MAY 369.60	SEPTIEMBRE 334.60	MARZO 55.00
-BALANCAN	1,990.6	MAY/DIC 1,723.50	ENE/ABR 267.10	SEPTIEMBRE 327.20	MARZO 52.10

La evaporación media anual está entre 1,533.80 mm. y 1,537.90 mm.; el valor más alto de 159.90 mm. se presenta durante el mes de mayo. En el cuadro 3.10. se indican los valores de evaporación de las tres estaciones representativas.

CUADRO 3.10. DATOS DE EVAPORACION.

ESTACION	EVAPORACION ANUAL	MESES DE MAYOR EVAP.	MESES DE MENOR EVAP.	MES DE MAYOR EVAP.	MES DE MENOR EVAP.
-CHABLE	1,533.8	MAR/NOV 1,277.50	DIC/FEB 263.30	MAYO 156.80	ENERO 80.30
-JONUTA	1,537.9	MAR/NOV 1,279.30	DIC/FEB 258.60	MAYO 156.80	MARZO 81.60
-BALANCAN	1,537.6	MAR/NOV 1,283.50	DIC/FEB 254.10	MAYO 159.90	ENERO 77.50

En el cuadro 3.11. se reportan los valores de temperatura media anual, la del mes más cálido y del mes más frío.

CUADRO 3.11. DATOS DE TEMPERATURA.

ESTACION	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	MES MAS CALIDO (°C)	MES MAS FRIO (°C)
-CHABLE	26.56	MAYO 29.30	ENERO 23.18
-JONUTA	26.60	MAYO 29.30	ENERO 23.30
-BALANCAN	26.70	MAYO 29.76	ENERO 23.00

Para la insolación media anual se establece un promedio entre 2,200 y 2,300 horas, lo cual no es un valor de los más altos pero es significativo, ya que se considera que los efectos solares se ven disminuidos a causa del carácter pluvial de la región donde se presentan constantes lluvias y nortes, que atenúan y reducen los periodos de luz efectiva.

Los vientos tienen una dirección de Noreste a Sureste, cuyas intensidades son moderadas, con velocidades de 14 a 29 Km/hr en la mayor parte del año.

El clima de la región del área de estudio según el segundo sistema de Thornthwaite es: Moderadamente húmedo, con pequeña o nula deficiencia de agua, cálido con una concentración normal de calor en el verano.

En los cuadros 3.12., 3.13. y 3.14. se presentan las clasificaciones climáticas de cada estación así como en las figuras 3.1., 3.2. y 3.3. sus respectivos climógramas.

CUADRO 3.12. CLASIFICACIÓN DEL CLIMA SEGUN EL SEGUNDO SISTEMA DEL DR. C. W. THORNTWAITE.

ESTACION: CHABLE, TABASCO.
 LATITUD N: 17°51' 42"

LONGITUD W: 91°47'00"

PERIODO: 1974 - 1984
 M.S.N.M. 6.00

CALCULO DE LA EVOTRANSPIRACION POTENCIAL						DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CLASIFICACION DEL CLIMA							
MESES	TEMP. °C	i	E.P. incorrecta	FACTOR correccion	E.P. corregida	LLUVIA cm	MHS	HA	EPR	d	s	E	RP
INVIERNO													
DICIEMBRE	23.80	10.61	8.89	0.95	8.47	16.20	0.00	10.00	8.47	0.00	7.73	7.53	0.91
ENERO	23.18	10.20	8.05	0.96	7.72	8.57	0.00	10.00	7.72	0.00	0.85	4.19	0.11
FEBRERO	23.16	10.52	8.69	0.90	7.86	8.84	0.00	0.98	2.58	0.12	0.00	0.00	0.00
PRIMAVERA													
MARZO	26.39	12.41	13.09	1.03	13.49	5.24	-8.25	1.75	13.49	0.00	0.00	1.29	-0.61
ABRIL	28.00	13.58	14.71	1.05	15.40	3.65	-1.75	0.00	5.40	10.00	0.00	0.64	-3.76
MAYO	29.30	14.54	15.68	1.12	17.57	14.35	0.00	0.00	14.35	3.22	0.00	0.32	-0.18
VERANO													
JUNIO	28.17	13.70	14.84	1.10	16.29	20.28	3.99	3.99	16.29	0.00	0.00	0.00	0.24
JULIO	28.08	13.63	14.77	1.13	16.71	17.65	0.94	4.93	16.71	0.00	0.00	0.00	0.05
AGOSTO	28.25	13.76	14.90	1.10	16.33	20.00	3.67	8.60	16.33	0.00	0.00	0.00	0.22
OTOÑO													
SEPTIEMBRE	27.71	13.36	14.49	1.02	14.77	29.38	1.40	10.00	14.77	0.00	13.21	6.60	0.99
OCTUBRE	26.61	12.57	13.67	1.00	13.70	29.09	0.00	10.00	13.70	0.00	15.39	10.99	1.12
NOVIEMBRE	25.55	11.82	11.60	0.94	10.91	14.60	0.00	10.00	10.91	0.00	3.69	7.34	0.34
ANUALES	26.56	150.71			159.22	187.85					13.22	41.85	

INDICE DE HUMEDAD

$$I_h = \frac{100 \times 41.85}{59.22} = 26.28\%$$

INDICE DEL ARIDEZ

$$I_h = \frac{100 \times 13.22}{159.22} = 8.30\%$$

INDICE PLUVIAL

$$I_m = 26.28 - 0.6 (8.30) = 2.13$$

CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO

$$s = \frac{100 \times 50.57}{159.22} = 31.76\%$$

CLASIFICACION DEL CLIMA B1, r, A', a'.

B1 = MODERADAMENTE HUMEDO.

r = PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DEL AGUA.

A' = CALIDO.

a' = CON REGIMEN NORMAL DE CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO.

CUADRO 3.13. CLASIFICACION DEL CLIMA SEGUN EL SEGUNDO SISTEMA DEL DR. C. W. THORNTWAITE.

ESTACION: JONUTA, TABASCO.

LATITUD N: 18°06' 00"

LONGITUD W: 92°08' 00"

PERIODO: 1980 - 1981

M.S.N.M. 4.00

CALCULO DE LA EVOTRANSPIRACION POTENCIAL						DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CLASIFICACION DEL CLIMA							
MESES	TEMP. °C	i	E.P. incorrecta	FACTOR correccion	E.P. corregida	LLUVIA cm	MHS	HA	EPR	d	s	E	RP
INVIERNO													
DICIEMBRE	23.88	10.68	8.93	0.95	8.48	11.51	0.00	10.00	8.48	0.00	3.03	7.33	0.35
ENERO	23.34	10.29	8.10	0.96	7.77	6.79	-0.98	9.02	7.77	0.00	0.00	3.66	-0.12
FEBRERO	23.64	10.48	8.51	0.90	7.65	9.64	0.98	10.00	7.65	0.00	1.01	2.33	0.26
PRIMAVERA													
MARZO	26.82	12.70	13.77	1.03	14.18	4.95	-9.23	0.77	14.18	0.00	0.00	1.16	-0.65
ABRIL	28.50	13.94	15.17	1.05	15.92	6.44	-0.77	0.00	7.21	8.71	0.00	0.58	-0.59
MAYO	29.79	14.92	16.08	1.12	18.00	5.49	0.00	0.00	5.49	12.51	0.00	0.29	-0.69
VERANO													
JUNIO	28.92	14.24	15.47	1.10	17.01	25.32	8.31	8.31	17.01	0.00	0.00	0.00	0.48
JULIO	28.35	13.80	15.01	1.13	16.96	21.72	1.69	10.00	16.96	0.00	3.07	1.53	0.28
AGOSTO	28.17	13.65	14.94	1.10	16.43	26.32	0.00	10.00	16.43	0.00	9.89	5.71	0.60
OTOÑO													
SEPTIEMBRE	27.94	13.50	14.70	1.02	14.99	28.19	0.00	10.00	14.99	0.00	13.20	9.45	0.88
OCTUBRE	26.80	12.70	13.77	1.00	13.77	29.29	0.00	10.00	13.77	0.00	15.52	12.48	1.12
NOVIEMBRE	25.40	11.71	11.27	0.94	10.59	21.51	0.00	10.00	10.59	0.00	10.92	11.64	1.03
ANUALES		152.60			161.75	197.17				21.22	52.60		

INDICE DE HUMEDAD

$$I_h = \frac{100 \times 52.60}{161.75} = 32.52\%$$

INDICE DEL ARIDEZ

$$I_h = \frac{100 \times 21.22}{161.75} = 13.11\%$$

INDICE PLUVIAL

$$I_m = 32.52 - 0.6 (13.11) = 24.65$$

CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO

$$s = \frac{100 \times 50.93}{161.75} = 31.48\%$$

CLASIFICACION DEL CLIMA B1, r, A', a'.

B1 = MODERADAMENTE HUMEDO.

r = PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DEL AGUA.

A' = CALIDO.

a' = CON REGIMEN NORMAL DE CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO.

CUADRO 3.14. CLASIFICACION DEL CLIMA SEGUN EL SEGUNDO SISTEMA DEL DR. C. W. THORNTWAITE.

ESTACION: BALANCAN, TABASCO.
LATITUD N: 17°49' 00"

LONGITUD W: 91°33'00"

PERIODO: 1970 - 1981
M.S.N.M. 6.00

CALCULO DE LA EVOTRANSPIRACION POTENCIAL						DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CLASIFICACION DEL CLIMA							
MESES	TEMP. °C	i	E.P. incorrecta	FACTOR correccion	E.P. corregida	LLUVIA cm	MHS	HA	EPR	d	s	E	RP
INVIERNO													
DICIEMBRE	23.77	10.55	8.64	0.96	8.29	11.03	0.00	10.00	8.29	0.00	2.74	6.90	0.33
ENERO	23.36	10.28	8.10	0.96	7.77	6.74	-1.03	8.97	7.77	0.00	0.00	3.45	-0.13
FEBRERO	23.81	10.62	8.78	0.91	7.98	9.13	1.03	10.00	7.98	0.00	0.12	2.32	0.14
PRIMAVERA													
MARZO	26.74	12.63	13.68	1.03	14.09	4.48	-9.61	0.39	14.09	0.00	0.00	1.16	-0.68
ABRIL	28.42	13.87	15.09	1.05	15.84	5.72	-0.39	0.00	6.11	9.73	0.00	0.58	-0.63
MAYO	30.10	15.15	16.27	1.12	18.22	9.94	0.00	0.00	9.94	8.28	0.00	0.00	-0.45
VERANO													
JUNIO	28.85	14.17	15.39	1.09	16.77	31.30	0.00	10.00	16.77	0.00	4.53	2.26	0.86
JULIO	28.32	13.80	15.01	1.13	16.96	20.26	0.00	10.00	16.96	0.00	3.30	2.78	0.19
AGOSTO	28.24	13.72	14.94	1.09	16.28	25.59	0.00	10.00	16.28	0.00	9.31	6.04	0.57
OTOÑO													
SEPTIEMBRE	28.20	13.72	14.94	1.02	15.23	29.07	0.00	10.00	15.23	0.00	13.84	9.94	0.90
OCTUBRE	27.12	12.92	14.03	1.00	14.03	30.77	0.00	10.00	14.03	0.00	16.74	13.34	1.19
NOVIEMBRE	25.71	11.92	11.79	0.94	11.08	19.88	0.00	10.00	11.08	0.00	8.80	11.07	0.79
ANUALES		153.35			162.54	203.91				18.01	52.60		

INDICE DE HUMEDAD

$$I_h = \frac{100 \times 59.38}{162.54} = 36.53\%$$

INDICE DEL ARIDEZ

$$I_h = \frac{100 \times 18.01}{162.54} = 11.08\%$$

INDICE PLUVIAL

$$I_m = 36.53 - 0.6 (11.08) = 29.88$$

CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO

$$s = \frac{100 \times 50.83}{162.54} = 31.27\%$$

CLASIFICACION DEL CLIMA B1, r, A', a'.

B1 = MODERADAMENTE HUMEDO.

r = PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DEL AGUA.

A' = CALIDO.

a' = CON REGIMEN NORMAL DE CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO.

FIGURA 3.1. CLIMOGRAMA. ESTACION: CHABLE, TABASCO.

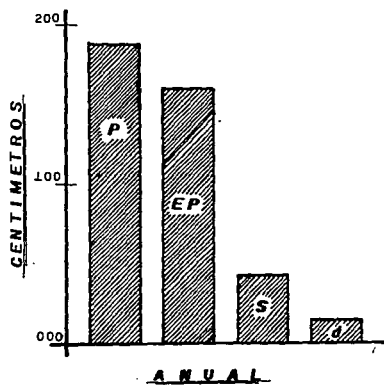
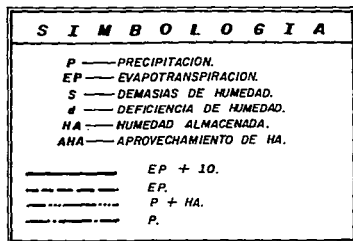
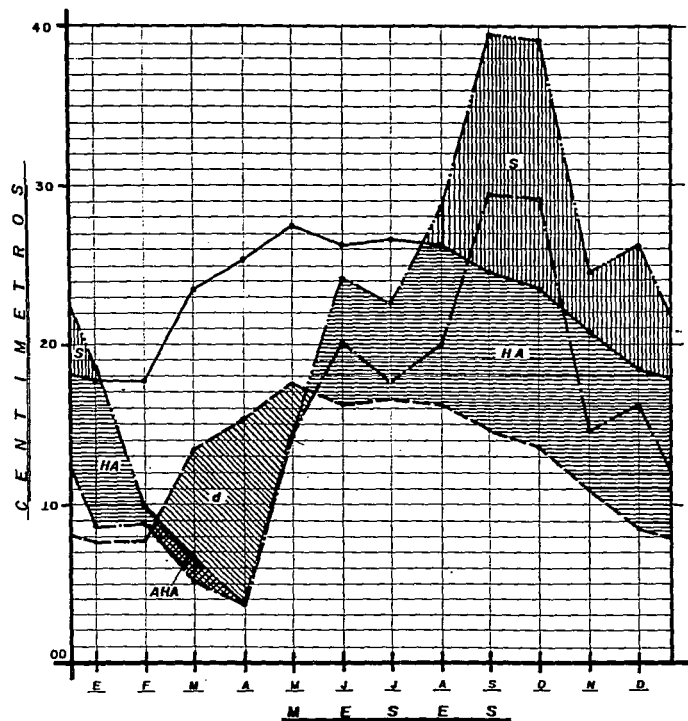


FIGURA 3.2. CLIMOGRAMA. ESTACION: JONUTA, TABASCO.

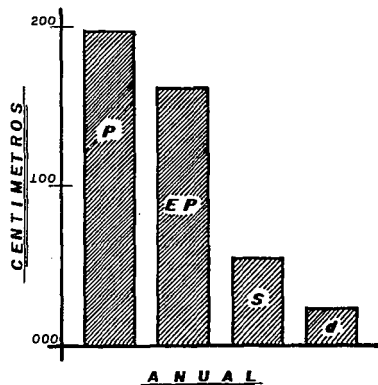
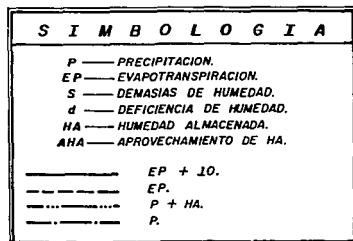
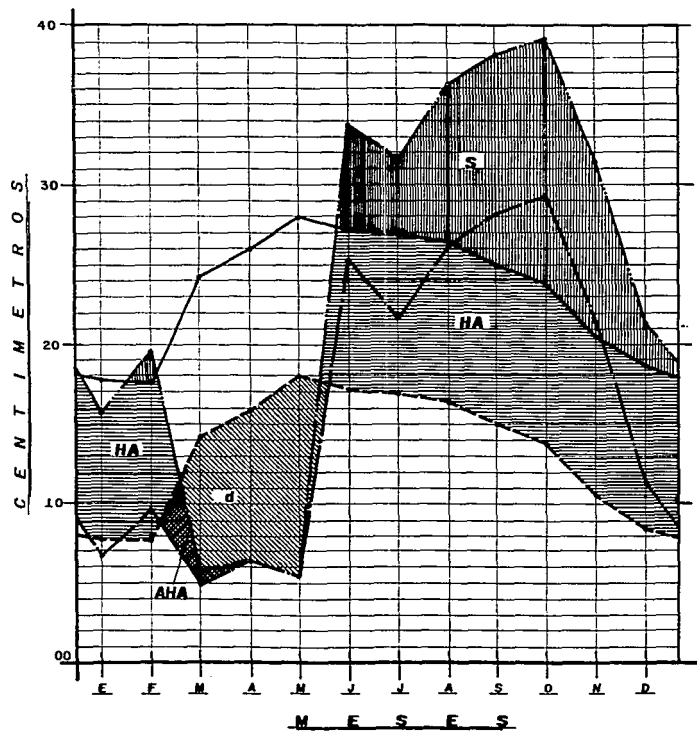
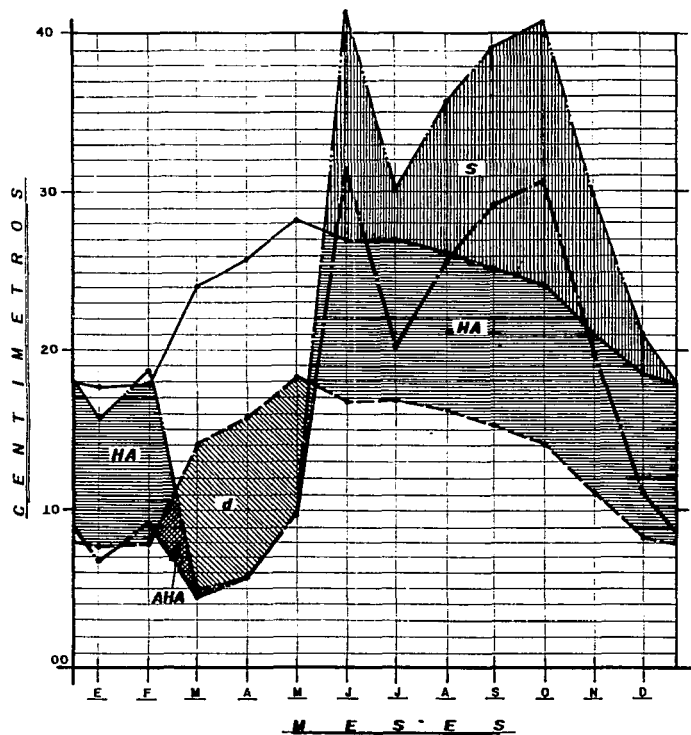
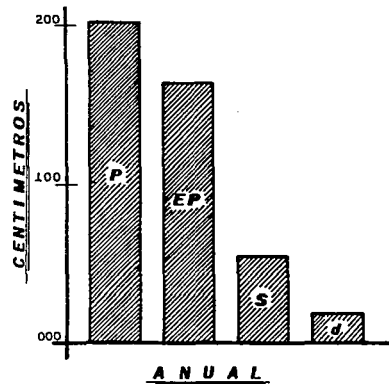


FIGURA 3.3. CLIMOGRAMA. ESTACION: BALANCAN, TABASCO.



S I M B O L O G I A	
P	PRECIPITACION.
EP	EVAPOTRANSPIRACION.
S	DEMASIAS DE HUMEDAD.
d	DEFICIENCIA DE HUMEDAD.
HA	HUMEDAD ALMACENADA.
AHA	APROVECHAMIENTO DE HA.
—	EP + IO.
—	EP.
—	P + HA.
—	P.



3.2.3. Necesidades de riego.

El consumo de agua por las plantas, uso consuntivo o evapotranspiración real depende de la demanda evapotranspirativa de la atmósfera y de la oferta de agua por el suelo. Cuando la oferta de agua por el suelo es ilimitada entonces el consumo del agua depende únicamente de la demanda evotranspirativa de la atmósfera la cual se conoce como evotranspiración máxima, es evidente que la evapotranspiración máxima depende del tipo de planta y de su desarrollo. Cuando el suelo no puede abastecer toda la demanda evapotranspirativa de la atmósfera entonces las plantas accionan ciertos mecanismos de control, cierre de estomas principalmente, que ocasionan una disminución de la evapotranspiración máxima, lo cual se conoce como evapotranspiración real. El uso eficiente del riego consiste en su aplicación oportuna para que el contenido de humedad en el suelo disminuya hasta un cierto valor en que la planta no reduzca significativamente su evapotranspiración y por lo tanto su rendimiento, es claro que este contenido de humedad mínimo permisible depende del cultivo.

Otro concepto importante en el consumo de agua por las plantas es el de evapotranspiración potencial, que se define como la evapotranspiración de un cultivo de referencia, alfalfa o pasto, cuando tiene una altura de 20 cm. y cubre totalmente la superficie del suelo y no existen restricciones en la oferta de agua por el suelo. Este concepto es muy útil pues la evapotranspiración real se obtiene multiplicando la evapotranspiración potencial por el coeficiente de consumo de agua por el cultivo.

En el presente estudio el cálculo de la evapotranspiración real se hace en base a la evapotranspiración potencial y al coeficiente de consumo de agua por el cultivo.

Una vez calculada la evapotranspiración real, las necesidades de riego se obtienen en base a la ecuación de balance de agua en el suelo, en donde las entradas de agua son el riego y la lluvia, mientras que las salidas son la evapotranspiración real y el escurrimiento superficial. En la ecuación de balance aparece un término que es el intercambio de agua entre la zona radicular y las capas profundas del suelo, si hay una transferencia de agua de la zona radicular a las capas profundas entonces se considera como una entrada. El riego se aplica cuando la lámina de agua en la zona radicular alcanza un cierto valor mínimo permisible.

Dentro de este contexto se determinaron las necesidades de riego para los cultivos de arroz, maíz y sorgo, donde se consideraron varias fechas de siembra, características físicas del suelo, elementos de clima a nivel diario, así como requerimientos bioclimáticos de los cultivos considerados. Estas necesidades se calculan para la serie Multé, utilizando datos meteorológicos de las estaciones de Balancán Tabasco y Palizada,

Campeche.

Por otro lado se realizó el cálculo de las necesidades de riego para todas las series de la zona de estudio y los principales cultivos recomendados; Para el cálculo de la evapotranspiración real se utilizó el método de Blaney y Griddle, modificado por Grassi y Chistiansen. Por otro lado se calcularon las mismas necesidades de riego, pero la evapotranspiración real se calculó en función de la evapotranspiración potencial y del coeficiente de consumo de agua por el cultivo. Además se hizo una comparación de ambas metodologías.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO.

Se seleccionó la serie Multé debido a que se tiene muy bien caracterizada esta serie con fines de riego, pues es en estos suelos en donde se ha validado la tecnología desarrollada para hacer un uso eficiente del riego de auxilio en arroz. En el cuadro 3.15. se muestran las características físico-químicas de dicha serie.

CUADRO 3.15. PRINCIPALES CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA SERIE MULTE

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	% ARENA	% ARCILLA	% LIMO	TEXTURA
A1	0 - 24	81.45	12.55	6.00	Fa
A2	24 - 63	85.09	10.55	4.36	Af
Bltg	63 - 101	77.09	16.91	6.00	Fa
B2ltg	101 - 172	61.81	32.19	6.00	Fra
B22tg	172 - 193	65.85	26.19	8.00	Fra

-Densidad real.	Dr = 2.65 gr/cm.
-Densidad aparente.	Da = 1.30 gr/cm.
-Contenido volumétrico de humedad a saturación.	Qs = 0.4585 cm/cm.
-Contenido volumétrico mínimo permisible para arroz.	Qa = 0.3100 cm/cm.
-Contenido volumétrico mínimo permisible para maíz y sorgo.	Qa = 0.1650 cm/cm.
-Conductividad hidráulica a saturación.	Ks = 0.4500 cm/hr.
-Contenido volumétrico a capacidad de campo.	Qcc = 0.2748 cm/cm.
-Contenido volumétrico a punto de marchitez permanente.	Qpmp = 0.1147 cm/cm.
-Fracción volumétrica de agua aprovechable.	fva = 0.1600 cm/cm.

VARIABLES CLIMATOLOGICAS.

Las principales variables del clima que afectan a los cultivos son: temperatura, fotoperíodo, unidades térmicas, precipitación y evaporación. Estudios realizados han demostrado que el arroz presenta buen potencial productivo en la zona considerada, pero sólo si se satisfacen sus requerimientos hídricos mediante el riego, ya que la precipitación no es suficiente para el desarrollo del cultivo. En el caso del maíz y sorgo bajo condiciones de riego en el ciclo Otoño-Invierno, también representa una buena alternativa para la zona. En la determinación de las necesidades de riego se utilizan básicamente dos elementos del clima: precipitación y evaporación. Para ello se usó información a nivel diario de las estaciones Balacán y Palizada.

PRECIPITACION. La mayoría de estudios que analizan los elementos del clima, lo hacen con datos a nivel mensual. al realizarse de esta forma pueden quedar enmascaradas situaciones desfavorables para el cultivo, por ejemplo una sequía estacional, por lo que es recomendable considerar períodos más cortos. Períodos de 5 días es buen nivel para analizar estos elementos sobre todo la precipitación que es el momento más variable.

En este punto los datos se analizan a nivel pentadal, para las estaciones de Balacán y Palizada. Los datos de precipitación fueron capturados a nivel diario y agrupados en pentadas (5 días), la primera pentada de cualquier mes va del día 1 al 5, la segunda del 6 al 10, etc. Para los meses de 31 días la última "pentada" se consideró de 6 días. Esta información se analizó en función a cuatro modelos de distribución (Normal, Log-Normal, Raíz cúbica y Gamma incompleta), además se sometió a la prueba de bondad de ajuste de Smirnov para seleccionar al mejor modelo. Se consideró una probabilidad de excedencia del 70%.

EVAPORACION. La evaporación es un elemento menos variable que la precipitación. Los factores más importantes que influyen sobre ella son: radiación solar, temperatura del aire, velocidad del viento y humedad relativa, principalmente. Debido a que su comportamiento es a través del tiempo sigue una tendencia bien definida, puede quedar bien caracterizada a partir de datos a nivel mensual. La estimación de la evaporación a nivel pentada a partir de datos mensuales, se hizo a través del método gráfico. La importancia de la evaporación radica en que éste es un buen estimador de la evapotranspiración real de cualquier cultivo, el cual es un término de suma importancia en la ecuación de balance hídrico.

NECESIDADES HIDRICAS.

El arroz es una de las plantas que más agua requiere para completar su ciclo, en relación a la mayoría de los cultivos. La cantidad de agua requerida por éste, y por cualquier otro

cultivo, varía en función de la duración del período de crecimiento, dependiendo de la variedad, así como del clima, tipo de suelo y fecha de siembra, principalmente. De igual forma el consumo de agua varía de acuerdo con la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo.

Las necesidades hídricas están definidas básicamente por la evapotranspiración real del cultivo (ETR), aunque en condiciones de riego se aplica una cantidad superior debido a las pérdidas de percolación y escurrimiento. Tales necesidades fueron calculadas en base a la ETR, y se muestran en las tablas en donde se presentan las necesidades de riego para los tres cultivos considerados.

La ETR se estimó con la siguiente ecuación:

$$ETR = ETP * Kc$$

Donde;

ETP= Evapotranspiración potencial, en mm.

Kc = Coeficiente de consumo de agua por el cultivo, adimensional.

La ETP se estimó multiplicando la evaporación (Ev) por un coeficiente de ajuste, el cual depende de las condiciones de humedad relativa y velocidad del viento que predominen en la zona de estudio. En base a estas condiciones, el coeficiente de ajuste para el área en estudio se estimó de 0.75 es decir;

$$ETP = 0.75 * Ev$$

El coeficiente de Kc varía en función del cultivo y de la etapa fenológica en que se encuentre. Según el caso, el coeficiente Kc se determinó mediante la ecuación siguiente:

-ARROZ

$$Kc = 0.9236 + 0.0068 Dt + 0.00012 Dt^2 - 0.00000189 Dt^3$$

-MAIZ

$$Kc = 0.2952 + 0.02175 Dt + 0.00016188 Dt^2$$

-SORGO

$$Kc = 0.3017 + 0.0014499 Dt + 0.00106 Dt^2 - 0.00002107 Dt^3$$

$$Dt = (100 * Nt) / (Dc)$$

Donde;

Dt = Porcentaje de desarrollo del cultivo al día t.

Nt = Número de días acumulados desde la siembra al día t

Dc = Número de días que dura el ciclo vegetativo.

NECESIDADES DE RIEGO.

Para el cálculo de las necesidades de riego se realizó un balance de humedad en el suelo, y el momento del riego se consideró cuando la lámina de agua en el suelo disponible para la planta fue igual a menor a la lámina permisible.

La lámina de riego fue calculada de la siguiente manera:

-Lámina de agua mínima permisible (L mín.)

$$L \text{ mín.} = Q_a * Pr$$

-Lámina de agua máxima (L máx.)

Para arroz; $L \text{ máx.} = Q_s * Pr$

Para maíz y sorgo; $L \text{ máx.} = Q_{cc} * Pr$

-Lámina de riego por aplicar (LR)

Para arroz; $LR = ((Q_s - Q_a) * Pr) / efr$

Para maíz y sorgo; $LR = ((Q_{cc} - Q_a) * Pr) / efr$

Donde;

Q_a = Contenido volumétrico mínimo permisible.

Q_s = Contenido volumétrico de humedad a saturación.

Q_{cc} = Contenido volumétrico a capacidad de campo.

Pr = Profundidad de raíces.

efr = Eficiencia de riego, la cual se consideró del 75%.

Para el primer riego se consideró una lámina de 10 cm., ya que aplicar láminas menores en la práctica es difícil, lo que no ocurre con los riegos siguientes.

El balance de humedad en el suelo se realizó mediante la ecuación:

$$RHS_f = RHS_a + AAP + P + R - ETR$$

Donde;

RHS_f = Reserva hídrica aprovechable almacenada en la capa superficial del suelo al final de la pentada i , en mm.

RHS_a = Reserva hídrica aprovechable almacenada en la capa superficial del suelo al inicio de la pentada i , en mm.

AAP = Aporte del almacenamiento profundo a la capa superficial durante la pentada i , en mm. Si la capa superficial aporta al almacenamiento profundo el signo es negativo.

P = Precipitación al 70% de probabilidad de excedencia durante la pentada i , en mm.

R = Riego aplicado durante la pentada i, en mm.

ETR = Necesidad hídrica del cultivo durante la pentada i, en mm.

Para dar solución a la ecuación anterior, se consideró al suelo dividido en dos capas, una superficial en contacto con la zona de raíces que contiene humedad fácilmente aprovechable por la planta, y una capa profunda con agua difícilmente aprovechable. El espesor de la capa superficial varía en función del crecimiento de las raíces.

En el cuadro 3.16. se presentan los datos usados para determinar las necesidades de riego de cada cultivo:

CUADRO 3.16. DATOS DEL CULTIVO PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE RIEGO.

PARAMETRO	ARROZ	MAIZ	SORGO
-Duración del ciclo vegetativo en días	130	130	130
-Profundidad máxima de raíz	35	80	80
-Días de siembra a la floración	90	80	90
-Nivel crítico de humedad (en contenido volumétrico, en cm/cm)	0.310	0.165	0.165

En los cuadros 3.17., 3.18. y 3.19. que se muestran a continuación se presentan las necesidades de riego para el arroz, maíz y sorgo respectivamente, para diferentes fechas de siembra, para las estaciones de Balancán, Tabasco y Palizada, Campeche.

CUADRO 3.17. NECESIDADES DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE ARROZ.

FECHA	Balancán, Tabasco				Palizada, Campeche.			
	PREC.	ETR	RIEGOS	LR	PREC.	ETR	RIEGOS	LR
1-ENE	13.3	423.6	10	779.0	16.0	423.7	10	782.0
1-MAR	89.3	553.8	10	801.0	111.0	534.1	10	781.0
1-ABR	166.9	558.0	10	801.0	111.0	534.1	10	781.0
1-MAY	270.9	535.1	8	608.0	287.9	524.7	7	532.0
20-JUN	305.4	513.9	6	462.0	350.5	506.8	5	454.0
1-JUL	352.5	492.3	5	381.0				
20-JUL	315.3	425.3	5	381.0				
1-AGO	283.7	398.2	4	317.0				
20-AGO	258.0	370.7	4	318.0				
1-NOV	62.5	297.4	7	535.0	62.2	312.5	7	530.0
1-DIC	22.1	344.0	8	625.0	24.2	353.4	8	616.0

CUADRO 3.18. NECESIDADES DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE MAIZ.

FECHA	Balancán, Tabasco.				Palizada, Campeche.			
	PREC.	ETR	RIEGOS	LR	PREC.	ETR	RIEGOS	LR
1-ENE	13.3	315.8	5	533.0	16.0	314.0	5	553.0
1-FEB	45.6	374.8	5	546.0	17.7	363.6	6	637.0
1-MAR	89.3	400.7	5	480.0	111.0	386.1	5	471.0
1-ABR	166.9	397.9	5	457.0	212.5	386.3	4	349.0
1-MAY	270.9	378.0	3	274.0	287.9	371.9	3	289.0
1-NOV	62.5	214.2	3	324.0	62.2	225.2	3	349.0
1-DIC	22.1	253.9	4	446.0	24.2	260.0	4	467.0

CUADRO 3.19. NECESIDADES DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE SORGO.

FECHA	Balancán, Tabasco.				Palizada, Campeche			
	PREC.	ETR	RIEGOS	LR	PREC.	ETR	RIEGOS	LR
1-ENE	13.3	274.1	4	412.0	16.0	273.7	5	494.0
1-FEB	45.6	332.8	4	468.0	17.7	323.3	5	467.0
1-MAR	89.3	363.3	5	466.0	111.0	349.7	5	455.0
1-ABR	166.9	360.8	4	340.0	212.5	349.2	4	333.0
1-MAY	270.9	340.6	3	258.0	258.0	334.4	2	170.0
1-NOV	62.5	188.6	3	322.0	62.2	198.8	3	326.0
1-DIC	22.1	218.3	4	400.0	24.2	225.5	3	317.0

En cuanto al cultivo del arroz se puede observar que la mejor fecha de siembra es del 20 de mayo al 20 de agosto, fechas anteriores o posteriores aumentan hasta 10 el número de riegos. Las fechas de siembra entre el primero de septiembre y el primero de diciembre tienen el inconveniente de que la floración y el llenado del grano coinciden con épocas de bajas temperaturas, radiación y luminosidad, ocasionando que las variedades que son sensibles al fotoperíodo aumenten su ciclo vegetativo y disminuya su rendimiento potencial.

Estos tres cuadros muestran claramente que en el ciclo Otoño-Invierno es mucho más conveniente sembrar maíz o sorgo, pues las necesidades de riego de estos dos cultivos son menores que las del arroz. Por ejemplo, el arroz sembrado el primero de noviembre requiere 7 riegos, mientras que el maíz y el sorgo requieren únicamente 3 riegos. Es claro que los otros cultivos recomendados para el Otoño-Invierno, como sandía, chile, tomate, frijol y cacahuate requieren menos agua de riego que el maíz y el sorgo.

3.2.4. Patrón de cultivos.

Para determinar el patrón de cultivos y el tamaño de superficie factible a explotarse se tomaron en cuenta tres aspectos fundamentales: Las recomendaciones de los estudios básicos, los resultados obtenidos del estudio de mercado y la experiencia, conocimiento e interés de los productores locales.

El objetivo general del estudio es elaborar la programación del patrón y estructura de los cultivos según las características agroclimáticas presentes en el área del proyecto, tomando en consideración los cultivos tradicionales de la región y los que son susceptibles de adaptación a las condiciones actuales.

PATRON DE CULTIVOS EN SITUACION ACTUAL.

El uso actual del suelo en la zona del proyecto se da de la siguiente manera: de las 119,485 hectáreas totales, 27,158 se destinan a las actividades agrícolas; 80,540 a la ganadería; 9,787 a las actividades forestales y 2,000 hectáreas a otros usos, lo que representa el 22.7%, 67.4%, 8.2% y 1.7% respectivamente.

La agricultura que se práctica se realiza en dos periodos principales: en el ciclo Primavera-Verano y en el ciclo Otoño-Invierno. El primero depende fundamentalmente del aprovechamiento de las altas precipitaciones que se concentran en los meses de junio a septiembre, y el segundo del aprovechamiento de la humedad que conservan los suelos y de las escasas lluvias que se presentan. Por estas razones, predominan los cultivos de Primavera-Verano sembrados en condiciones de temporal, lo que determina una fuerte estacionalidad de la producción en los meses de octubre a febrero. En el ciclo Otoño-Invierno se siembran superficies pequeñas poco significativas con relación al ciclo Primavera-Verano.

Para el año agrícola 1990-1991, el patrón de cultivos sembrado en el ciclo Otoño-Invierno, estuvo formado por arroz, chile, sandía, jitomate, maíz y sorgo; al conjunto de estos cultivos se les destinó una superficie de 1,100 hectáreas, lo que representó el 7.60% de la superficie total aprovechada. Para el ciclo Primavera-Verano, se sembró únicamente arroz y maíz en una superficie de 13,400 hectáreas, significando el 92.40% de la total aprovechada en el año agrícola.

DETERMINACION DE LOS CULTIVOS FACTIBLES Y SUS RENDIMIENTOS.

Para determinar el patrón de cultivos y el tamaño de superficies factibles a explotarse en la zona del proyecto se tomaron tres aspectos fundamentales: En primer término, las

recomendaciones de los estudios agroclimatológico, edafológico, uso actual del suelo y socioeconómico; en segundo lugar, los resultados del análisis de mercado que a nivel regional, estatal, nacional e internacional, se realizó para cada uno de los cultivos que según las características físicas de la zona, presentaban condiciones favorables para su explotación; y por último, las experiencias, conocimientos e interés por parte de los productores de incorporarse a la siembra de este patrón de cultivos.

Del total de la superficie identificada con potencial agrícola, el 90% presentó condiciones adecuadas para los cultivos de arroz y pasto y el 10% restante para la práctica de cultivos tales como: maíz, frijol, sorgo, cacahuate, sandía, chile, melón, jitomate, piña, soya, calabaza, yuca, caña de azúcar y cítricos.

En total se ubicaron 93,070 hectáreas que presentaron condiciones favorables para incorporarse a la agricultura de riego y un universo de 16 cultivos cíclicos y perennes con aptitud para desarrollarse.

Sin embargo, los resultados del estudio de mercado recomiendan explotar únicamente 51,146 hectáreas (70% del potencial identificado) con el fin de aprovechar óptimamente los recursos físicos y humanos existentes y evitar problemas en la comercialización de los volúmenes de producción esperados.

Finalmente, el patrón de cultivos recomendado para la zona de proyecto se compone de once productos, agrupados de la manera siguiente: Granos básicos: arroz, maíz y frijol; Oleaginosas: soya; Hortalizas: chile, jitomate y sandía; Frutales: naranja y limón; Forrajes: sorgo y pastos.

Por otro lado, con la incorporación de la infraestructura de riego y drenaje se esperan incrementos considerables en los rendimientos de cada cultivo seleccionado. Para el caso del arroz se prevé duplicarlos de las 2.5 toneladas por hectárea actuales a 5.0 toneladas por hectárea como promedio. Con maíz se espera obtener rendimientos promedio de 2.5 toneladas por hectárea; en sorgo de 4.0; en frijol de 2.5; en chile de 8.0; en jitomate de 25.0 y en sandía de 18.0 toneladas por hectárea. Respecto al cultivo de pastos se estima elevar el rendimiento de unidad animal por hectárea en un 100% de 400 a 800 Kg. de carne por hectárea. Finalmente respecto a la naranja y limón es importante destacar que son cultivos nuevos que se promoverá su explotación en superficies compactas ya que por sus características, será necesario hacer inversiones los primeros cuatro años; para estos frutales se esperan rendimientos promedios de 12.8 y 11.6 toneladas por hectárea respectivamente.

SELECCION DEL PATRON DE CULTIVOS ADAPTADOS AL CLIMA.

La determinación y selección del patrón de cultivos adaptados al clima, se basó en los resultados obtenidos de los estudios Agrológico, Edafológico, Uso Actual del Suelo, Tenencia de la Tierra y Socioeconómico. Así como de las recomendaciones planteadas en el estudio de mercado.

Por otro lado, como ya se mencionó anteriormente, la zona de estudio presenta en su generalidad dos tipos de clima: El cálido húmedo y el cálido sub-húmedo, donde las características predominantes son las altas temperaturas y elevadas precipitaciones.

Tomando en cuenta todos estos elementos se definió el patrón de cultivos que técnicamente presentan características adecuadas para explotarse en la zona de estudio, quedando conformado de la manera siguiente: Para los cultivos cíclicos anuales se integraron dos grupos: los del ciclo Primavera-Verano y los de Otoño-Invierno. El Primavera-Verano se formó con arroz, maíz y sorgo; el Otoño-Invierno con arroz, maíz, frijol, sorgo, soya, sandía, jitomate y chile.

Además se programó poco más del 3% de la superficie total al fomento del cultivo de la naranja y limón, y el 13.2% a la promoción del cultivo de pastos inducidos.

Por otro lado, con base en el análisis de todos los factores que intervienen en la zona de proyecto tanto técnicas como de mercado, se asignaron superficies que técnicamente son las adecuadas para la explotación de cada cultivo seleccionado. La superficie a incorporarse a las prácticas agrícolas bajo condiciones de riego se determinó en 44,871.9 hectáreas físicas totales y en 91,746 hectáreas en explotación en dos ciclos agrícolas, con un coeficiente de intensidad de aprovechamiento del suelo del 1.9%.

PATRON DE CULTIVOS DE ACUERDO A LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

El patrón de cultivos se determinó después de haber realizado el análisis de todos los factores técnicos, humanos y de mercado existentes en la zona del proyecto y su área influencia. Los resultados arrojaron alternativas limitadas, en virtud de las características físicas particulares que hay en dicha zona. Por otro lado, el estudio de mercado marcó las pautas de los volúmenes requeridos de cada producto seleccionado que no alteran negativamente al mercado local y nacional, y no provocan desequilibrios en el comportamiento de los precios en el mercado.

De tres alternativas posibles de explotación sólo existe factibilidad real en una. Así se tiene por ejemplo, en la primer alternativa se podría explotar 70 y 50 mil hectáreas de arroz en

el ciclo Primavera-Verano y Otoño-Invierno respectivamente. Además 12 mil y 7 mil de maíz y sorgo en esos dos ciclos; mil ochocientos de chile, sandía y jitomate en Otoño-Invierno y mil quinientas hectáreas de frijol en ese mismo ciclo, así mismo 15 mil hectáreas de pastos. Sin embargo, con esta estructura de cultivos se limita el 70% de la superficie al monocultivo con volúmenes de producción de arroz en poco más de 650 mil toneladas, difíciles de colocar en el mercado nacional, en virtud de que el consumo nacional se satisface con alrededor de 120 mil toneladas más de las producidas actualmente.

La segunda alternativa se limitaba a sustituir superficies entre áreas arroceras y de pastos. En este caso, una explotación menor de las áreas arroceras y un incremento en la de pastos, pero esta combinación económicamente no es recomendable ya que la relación beneficio-costo bajo este patrón de cultivos es poco significativa.

Por lo anterior se realizó un análisis de factibilidad, con el fin de lograr el equilibrio y el aprovechamiento máximo de los factores que intervienen en el proceso productivo, de comercialización y distribución de cada producto seleccionado, quedando una superficie física total de 44,871.9 hectáreas aprovechables en dos ciclos agrícolas y 6,746 hectáreas de pastos con un índice de aprovechamiento del suelo del 1.9% y con un patrón de cultivos formado por: GRANOS BASICOS: arroz, maíz y frijol; OLEAGINOSAS: soya; HORTALIZAS: chile, jitomate y sandía; FRUTALES: naranja y limón; PERENNES: pastos.

Por ciclo agrícola, la estructura y patrón de cultivos quedó conformada de la forma siguiente:

CICLO OTOÑO - INVIERNO

CLASIFICACION	CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	%
a) Granos básicos	Arroz	26,000	29.0
	Maíz	3,000	3.3
	Frijol	3,500	3.8
b) Oleaginosas	Soya	3,500	3.8
c) Hortalizas	Chile	500	0.5
	Jitomate	500	0.5
	Sandía	500	0.5
d) Forrajes	Sorgo	2,500	2.7

CICLO PRIMAVERA - VERANO

CLASIFICACION	CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	%
a) Granos básicos	Arroz	37,400	40.8
	Maíz	2,500	2.7
b) Forrajes	Sorgo	2,500	2.7

FRUTALES

CLASIFICACION	CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	%
e) Cítricos	Naranja	1,000	1.1
	Limón	1,000	1.1

PERENNES

CLASIFICACION	CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)	%
f) Praderas	Pastos	6,746	7.5

SUPERFICIE DE EXPLOTACION	91,746	100.0
---------------------------	--------	-------

3.2.5. Métodos de riego.

En base a las características físicas e hidrodinámicas intrínsecas de los suelos, así como los diversos factores que intervinieron en la clasificación de los suelos para fines de riego, según la disponibilidad y calidad de las aguas, así como los cultivos que se van a explotar, los métodos de riego más recomendables son los superficiales, entre los que se encuentran:

Método de riego por surcos.

Estos pueden ser a nivel o con pendiente regulada. Mediante este método se pueden utilizar gastos según sea el caso, lo que hace que se adapte a diversos sistemas de entrega. Se obtiene una alta eficiencia si se maneja adecuadamente el agua. Mediante este método se pueden desalojar excesos de agua que se presenten por la lluvia, en forma controlada, se puede utilizar este método en terrenos que tengan una pendiente fuerte.

Para cultivos susceptibles a la humedad es factible el uso de surcos especiales como camas meloneras, surcos dobles y corrugaciones, este último para cultivos de cobertura.

Método de riego por melgas.

Estas pueden ser en contorno o rectas, se recomiendan las primeras en áreas que sean factibles de nivelar y las segundas para los suelos planos, aunque también es factible la utilización combinada de ambas.

Método de riego mediante regaderas de contorno.

Este método consiste en la construcción de pequeñas regaderas, que siguen el contorno del terreno ya sea a nivel o con pendiente regulada, equidistante de 15 a 30 metros de estas regaderas el agua es descargada al terreno mediante sifones. Este método de riego es recomendable para cultivos que cubren completamente el terreno (sorgo forrajero) y en terrenos donde la pendiente es grande.

Método de riego por cajetes.

Este método consiste en la construcción de pequeñas melgas cuadradas y el agua es conducida a las mismas mediante regaderas que abastece dos hileras de cajetes. Este método se adapta bien para el riego de frutales y para terrenos que poseen un microrelieve muy irregular o con pendientes fuertes.

Método de riego por goteo.

Este método se considera el más adecuado para las áreas muy inclinadas y para el suministro del agua a frutales. Con este método se reduce el gasto del agua, facilita la aplicación y disminuye los costos de instalación en las áreas onduladas, comparado con otros métodos de riego.

Método de riego por aspersión.

Este método se considera adecuado para la irrigación de hortalizas (micro-aspersión) y cuyo establecimiento se halla en sitios que presentan desde un relieve casi plano a ligeramente ondulado con pendiente ligeramente inclinada. El empleo de este método permite también el ahorro de grandes volúmenes de agua, solo que presenta el inconveniente de su alto costo de adquisición y mantenimiento.

Los métodos de riego que se recomiendan son los superficiales entre los que se encuentran: riego por surcos, que pueden ser a nivel o con pendiente regulada, también es factible el uso de surcos especiales; riego por regaderas en contorno y riego por cajetes. En las áreas con pendiente y para el suministro de agua a frutales se recomienda el método por goteo. Para hortalizas el riego por aspersión.

3.3. Estudio hidrológico.

La zona de estudio tiene una superficie de 116,068.82 Hectáreas., que se ubican en la planicie limítrofe de los estados de Campeche y Tabasco, comprendiendo parte de los municipios de Palizada y Del Carmen, en Campeche y Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta, en Tabasco.

Su localización geográfica, se tiene entre los paralelos 17°50'00" y 18°11'00" de latitud norte y entre los meridianos 91°30'00" y 92°00'00" de longitud oeste.

Este estudio tiene por objeto definir y utilizar las características hidrológicas de la zona de estudio para determinar el potencial de agua disponible. Se enfoca fundamentalmente a cubrir tres aspectos:

- a) Determinar los volúmenes de agua de lluvia en la zona de estudio y cuantificar la demanda de agua de los cultivos propuestos, a partir del modelo agua-planta-suelo, para definir las necesidades de agua que deberán ser tomadas en cuenta para el diseño del sistema hidroagrícola.
- b) Definir los volúmenes de agua a drenar mediante la determinación de un modelo de tormenta (curvas intensidad-duración-período de retorno) y la avenida de diseño que permita proyectar los drenes del sistema.
- c) Determinar el gasto de diseño y los niveles máximos y mínimos que se presentarán en las obras de abastecimiento, mediante un análisis, utilizando registros hidrométricos, de los almacenamientos y corrientes superficiales de la zona.

3.3.1. Características hidrológicas de la zona.

Respecto a los recursos hidrológicos, la zona de estudio cuenta con un gran potencial como consecuencia de las altas precipitaciones pluviales que se presentan, además de que es una zona de concentración de escurrimientos y de que forma parte de la Región Hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta cuya área drenada es aproximadamente de 113,285 Km².

La corriente superficial más importante en la zona la constituye el río Usumacinta y en menor grado el río Salsipuedes y los arroyos Santa Adelaida, Blanco y Del Este. El río Usumacinta tiene su origen en las sierras de Guatemala y Chiapas, su gasto medio anual es de 1,763 m³/seg., con un volumen promedio anual de 55,607 millones de metros cúbicos en el Estado de Tabasco.

Se recopiló la información climatológica e hidrométrica existente relacionada con la zona de estudio, considerando seis

estaciones climatológicas y dos hidrométricas que pertenecen a la región hidrológica No. 30 (Grijalva-Usumacinta).

En las estaciones climatológicas de Balancán, Buena Vista, Palizada, Jonuta, Chumpan y Chablé se analizaron, con información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional, los siguientes registros diarios: Temperatura, Lámina de lluvia, Evaporación, Dirección del viento, Visibilidad y el Clima.

Para las estaciones hidrométricas de Boca del Cerro y San Pedro, se analizaron los siguientes datos, obtenidos del Boletín Hidrológico No. 38 tomos I al V, de la S.A.R.H. de la región No. 30 (Grijalva-Usumacinta): Ecurrimientos medios diarios, Acarreo de materiales en suspensión.

CUENCAS Y SUBCUENCAS.

El área estudiada es dependiente de las aguas del río Usumacinta que en esta zona tiene una cuenca de influencia cuya área es de 59,235 Km².

Dada la importancia que para la zona de estudio tiene este río, en el cuadro 3.20. se anotan los afluentes cuyas aportaciones influyen en la zona que nos ocupa y el área de la cuenca de aportación de cada uno de ellos, así como las características de localización de las estaciones hidrométricas que se encuentran en algunas de estas corrientes.

CUADRO 3.20. PRINCIPALES AFLUENTES DEL RIO USUMACINTA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

CORRIENTE	ESTACION HIDROMETRICA	LOCALIZACION DE LA ESTACION HIDROMETRICA			AREA DE LA CUENCA DE LA CORRIENTE (Km ²)
		ESTADO	COORDENADAS		
			LATITUD	LONGITUD	
Chixoy La Pasión Lacantún Chociljah San Pedro Chacamax	El Cedro	Chiapas	16°29'00"	90°24'00"	12,685
	Agua Verde	Chiapas	16°35'30"	90°41'00"	17,483
	San Pedro	Tabasco	17°17'30"	91°09'30"	10,138 1,400

Con respecto a las estaciones hidrométricas que se localizan sobre la corriente del río Usumacinta, en el Cuadro 3.21. se representan las cuatro que influyen en la zona de estudio, con su ubicación y el área de influencia correspondiente.

CUADRO 3.21. ESTACIONES HIDROMETRICAS EN EL RIO USUMACINTA.

ESTACION	ESTADO	COORDENADAS		AREA DE LA CUENCA (ACUMULADA) (Km ²)
		LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	
El Cedro	Chiapas	16°29'00"	90°24'00"	12,685
El Tigre	Chiapas	16°36'00"	90°39'00"	41,852
Agua Azul	Chiapas	16°47'00"	90°55'00"	43,581
Boca del - Cerro	Tabasco	17°26'00"	91°29'00"	47,697

De las cuatro estaciones del cuadro 3.21., la de Boca del Cerro, por su localización, resultó la más adecuada para utilizarse en el estudio por lo que en el cuadro 3.22. se resumen algunas de sus principales propiedades.

CUADRO 3.22. CARACTERISTICAS HIDROMETRICAS DEL RIO USUMACINTA HASTA LA ESTACION "BOCA DEL CERRO"

-Estación.	-Boca del Cerro.
-Región Hidrológica.	-No. 30 Grijalva-Usumacinta.
-Período de datos.	-1948-1984.
-Cuenca.	-Río Usumacinta.
-Coordenadas de ubicación.	-Latitud Norte 17°26'00"
	-Longitud Oeste G. 91°29'00"
-Area de la cuenca.	-47,697 Km ² .
-Escurrimiento medio anual.	-55,606.80 millones de m ³ .
-Volumen de escurrimiento - medio diario.	-162'861,756 m ³ .
-Gasto medio diario.	-1'884.97 m ³ /seg.
-Gasto máximo.	-7,767.00 m ³ /seg. 8/oct./49.
-Gasto mínimo.	-285.00 m ³ /seg. 2/mayo/49.

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 30 y la hidrografía dominante en ella es la correspondiente a la cuenca del Río Usumacinta.

Para poder facilitar la determinación de la fisiografía del área de estudio, se definieron subcuencas basándose en el plano general de la Región Hidrológica No. 30 y de acuerdo al desarrollo de los cauces en la zona. De esta forma se determinaron cuatro subcuencas, cuyas principales características fisiográficas se presentan en el cuadro 3.23.

I. SUB-CUENCA DEL RIO USUMACINTA.

Esta sub-cuenca corresponde al tramo comprendido entre las estaciones hidrométricas Boca del Cerro, en el Río Usumacinta y la estación San Pedro, en el Río San Pedro, hasta la bifurcación del Usumacinta en el Río San Antonio.

A esta zona le corresponde un área de influencia de 6,107 Km² y hasta el punto de la bifurcación mencionada se tiene aportaciones correspondientes a un área de 63,942 Km².

La sub-cuenca tiene una elevación promedio de 65.0 m.s.n.m. y su elevación máxima corresponde a la cota 100.0 m.s.n.m. en la estación Boca del Cerro.

II. SUB-CUENCA DEL RIO CHUMPAN.

Esta sub-cuenca corresponde al Río Chumpán desde su nacimiento cerca del límite con la cuenca del Río Usumacinta hasta su desembocadura en la Laguna de Términos, cubre un área de 2,334 Km² y tiene importancia con relación a la zona de estudio desde el punto de vista del sistema de drenaje.

La elevación promedio de esta cuenca es la cota 40.0 m.s.n.m., con una elevación máxima de 75.0 m.s.n.m.

III. SUB-CUENCA DEL RIO SAN ANTONIO-USUMACINTA.

Esta sub-cuenca comprende el tramo desde donde se bifurcan los ríos Usumacinta y San Antonio hasta donde se vuelven a unir; está constituida por una gran cantidad de lagunas y se puede pensar que forma parte de la zona déltica de los ríos Grijalva y Usumacinta.

La sub-cuenca tiene sus elevaciones más altas a la cota 15.0 m.s.n.m. y se estima una elevación promedio de 12.0 m.s.n.m.

IV. SUB-CUENCA DEL DELTA DE LOS RIOS GRIJALVA Y USUMACINTA.

Esta sub-cuenca comprende la zona déltica de los ríos Grijalva y Usumacinta, se extiende en un área de 14,319 Km² y debido a su ubicación no tiene influencia en relación con las aportaciones a la zona de estudio, pero si, con respecto al sistema de drenaje, principalmente en los Ríos Blanco, Del Este y Salvaje.

La sub-cuenca se extiende a lo largo de la costa del Golfo desde los 18°40'00" a los 18°00'00" de latitud norte y entre los 91°37'00" a los 93°15'00" de longitud oeste; está constituida por una gran cantidad de ríos sinuosos y lagunas; su elevación más alta corresponde a la cota 20.0 m.s.n.m., aunque predominan en la mayor parte de ella las zonas bajas.

CUADRO 3.23. CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LAS SUBCUENCAS CON INFLUENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

NUMERO	SUB-CUENCA	AREA DE LA SUB-CUENCA	ORDEN DE LA CORRIENTE	NUMERO DE LA CORRIENTE	LONGITUD DE CORRIENTE	DENSIDAD DE CORRIENTE	DENSIDAD DE CORRIENTE	PENDIENTE DE LA SUB-CUENCA
I	RIO USUMACINTA	6,030	5	74	664	0.0123	0.1101	0.0070
II	RIO CHUMPAN	2,840	4	51	380	0.0180	0.1338	0.0018
III	RIO SAN ANTONIO USUMACINTA	720	5	10	112	0.0139	0.1556	0.0009
IV	DELTA USUMACINTA	5,520	5	--	---	-----	-----	-----

NOTAS :

-- En la cuenca del Delta Usumacinta-Grijalva no se completan los valores en el cuadro, ya que se encuentran fuera de la zona de influencia del proyecto.

-- La información de este cuadro se obtuvo con base en los planos escala 1:1'000,000 del boletín hidrométrico No. 38 de la S.A.R.H.

3.3.2. Análisis de precipitaciones.

El análisis de precipitaciones tiene por objeto cuantificar el agua disponible en la zona del estudio partiendo de valores medios y máximos de lluvia para cubrir los siguientes aspectos:

- a) Obtener la precipitación representativa del área de estudio en base a los registros de lluvia diaria de las estaciones climatológicas.
- b) Conocer el volumen máximo de agua para que a partir del sistema agua-planta-suelo se determine el volumen a drenar, utilizando los valores de lluvia máxima mensual, para generar un modelo de lluvia representado por las curvas intensidad-duración-período de retorno (i-d-Tr).

Para diseñar el sistema hidroagrícola, uno de los datos importantes que es necesario conocer es el requerimiento de la lámina de riego que permita determinar los volúmenes de agua necesarios para dimensionar los canales y drenes. Lo anterior queda condicionado a conocer, en primer término, la precipitación representativa en el área de estudio.

Considerando que se tienen varias estaciones en los alrededores de la zona de estudio, se determinó la influencia de cada una de ellas calculando las áreas correspondientes mediante los polígonos de Thiessen. En el cuadro 3.24. se presentan estos datos y resultados. De los resultados obtenidos se determinó la gran influencia que tiene en la zona de trabajo la estación Chablé con el 53.86% del área total, por lo que se decidió ponderar en base a estos valores los datos de los registros de las estaciones para posteriores análisis. Así entonces, con este criterio se determinó la precipitación media mensual y anual de la zona de estudio que se resume en el cuadro 3.25.

CUADRO 3.24. AREAS DE INFLUENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS.

ESTACION	AREA DE INFLUENCIA (Ha.)	PORCENTAJES DEL AREA DE INFLUENCIA RESPECTO AL TOTAL (%)
Balancán	8,613.6615	7.42
Buena Vista	13,494.1696	11.63
Palizada	13,532.2790	11.66
Jonuta	5,333.7023	4.60
Chumpan	12,569.9683	10.83
Chablé	62,525.0354	53.86
TOTAL	116,068.8161	100.00

CUADRO 3.25. PRECIPITACION MEDIA MENSUAL Y ANUAL (mm.)

ESTACION	AREA DE INFLUENCIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
BALANCAN	0.07421	79.2	66.5	56.8	46.6	138.4	264.8	194.8	214.4	321.2	285.6	140.2	101.9	1930.3
BUENA VISTA	0.11626	87.9	68.2	48.0	41.2	146.1	305.5	227.7	311.4	374.5	292.9	175.5	104.4	2096.4
CHABLE	0.53869	92.2	76.9	58.0	36.5	143.5	200.2	176.5	167.3	293.8	290.9	154.7	154.6	1676.8
CHUMPAN	0.10830	95.6	67.0	67.4	33.9	85.2	232.8	234.8	244.1	170.1	136.4	86.7	55.4	1672.0
JONUTA	0.04595	95.3	69.3	55.6	61.9	91.4	242.4	197.5	227.2	339.6	295.3	154.8	132.2	2033.1
PALIZADA	0.11626	93.2	68.2	44.0	41.9	100.8	232.8	211.6	215.0	325.5	284.9	183.3	128.3	1933.6
PRECIPITACION MEDIA PONDERADA		91.3	72.7	56.0	39.3	129.7	226.4	195.1	204.1	297.5	273.4	151.4	130.0	1789.6

Por otro lado para tener una mayor aproximación en la determinación posterior del coeficiente unitario de riego, se consideró conveniente trabajar con los datos de lluvia agrupados en 10 días en vez de los datos mensuales. Para esto y dado que las estaciones utilizadas no cuentan con el mismo número de años de registro, se decidió tomar como base la de mayor influencia en la zona de estudio y homogeneizar en base a ella al tamaño de la muestra.

OBTENCION DEL MODELO DE TORMENTA.

Debido a que la zona de estudio se caracteriza por estar ubicada en una región de fuertes precipitaciones y por tener una topografía con poca pendiente, el estudio se vuelve crítico en el aspecto de drenaje.

Por esta razón se determinó un modelo de tormenta que sirva de base para el diseño del sistema de drenes, considerando un análisis regional de lluvias que involucre la frecuencia de éstas, su distribución en tiempo y espacio y su relación con el escurrimiento.

En relación con el tipo de estaciones climatológicas de la zona, sólo se cuenta con información pluviométrica, por lo que para lograr la distribución de la lluvia en el tiempo se generaron registros de precipitación de 48 y 72 horas, a partir de los datos de lluvia máxima en 24 horas, acumulando los valores de lámina de lluvia en dos y tres días consecutivos. Los valores así obtenidos se ajustaron a funciones de probabilidad para tener un modelo matemático que represente el comportamiento de la muestra y poder realizar extrapolaciones.

Para la obtención del modelo matemático se utilizaron las variables correspondientes a la intensidad de lluvia, duración y período de retorno para cada una de las estaciones en forma discreta y se realizó con ellas un análisis de correlación lineal múltiple, mediante la siguiente expresión:

$$i = k * Tr^h * d^g$$

Donde;

- i = Intensidad de lluvia en mm/hr.
- k, h, g = Constantes de ajuste.
- Tr = Período de retorno en años.
- d = Duración de la tormenta en minutos.

Los parámetros de ajuste para cada estación se presentan en el cuadro 3.26.

El resultado del análisis anterior nos proporcionó las condiciones locales de cada estación, de manera que para tomar en cuenta la distribución de la lluvia sobre el área de estudio, se afectó el valor de la intensidad de lluvia de cada una de ellas

por el porcentaje correspondiente a su área de influencia y el resultado así obtenido, se calibró en base al valor de lluvia media de la zona obtenida con el método de Isoyetas.

De esta forma el modelo de lluvia obtenido resulta:

$$i_p = FA_j * i_j$$

con;

$$FA_j = (hp_m/hp_j) * (A_j/A_t)$$

Donde;

i_p = Intensidad de lluvia en la zona del proyecto.

i_j = Intensidad de lluvia en la estación j.

FA_j = Factor de ajuste para la estación j.

hp_m = Altura de precipitación media en la zona, calculada por el método de isoyetas para $d = 24$ horas.

hp_j = Altura de precipitación en la estación j para $d = 24$ horas.

A_t = Area total de la zona de estudio.

A_j = Area de influencia (polígonos de Thiessen) de la estación j.

El factor de ajuste para cada estación, correspondiente a una duración de 24 horas y un periodo de retorno de 5 años se presenta en el cuadro 3.27. Así mismo en las figuras 3.4. y 3.5. se ilustra el modelo de tormenta obtenido para lluvias hasta de 2 y 24 horas, respectivamente.

CUADRO 3.26. PARAMETROS DE AJUSTE PARA EL MODELO MATEMATICO i-d-Tr PARA CADA ESTACION EN EL AREA DEL PROYECTO

ESTACION	k	h	g
Balancán	188.6426	0.285451	-0.54615
Buena Vista	320.9149	0.302584	-0.61423
Palizada	243.2708	0.296615	-0.56060
Jonuta	7313.5790	0.247771	-1.00019
Chumpán	268.2995	0.390251	-0.72311
Chable	2183.9860	0.175922	-0.86402

CUADRO 3.27. DETERMINACION DEL FACTOR DE AJUSTE PARA EL MODELO (i-d-Tr) EN LA ZONA DE ESTUDIO PARA TR = 5 AÑOS.

	BALANCAN	BUENA VISTA	PALIZADA	JONUTA	CHUMPAN	CHABLE
hp_m/hp_i	0.86887	0.95360	0.71341	0.66870	1.86979	0.95873
A_i/A	0.07421	0.11626	0.11659	0.04595	0.10830	0.53869
FA	0.06448	0.11087	0.08318	0.03073	0.20250	0.51646

FIGURA 3.4. MODELO DE TORMENTA
(ZONA DE ESTUDIO)

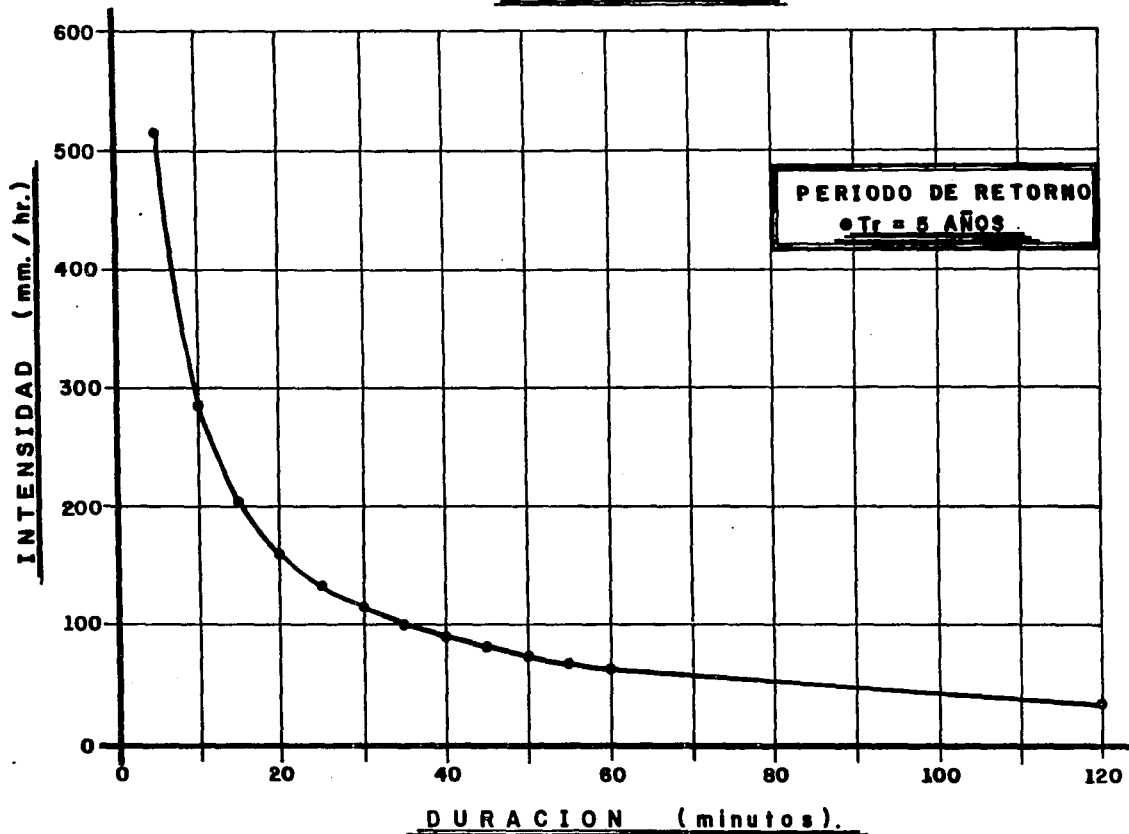
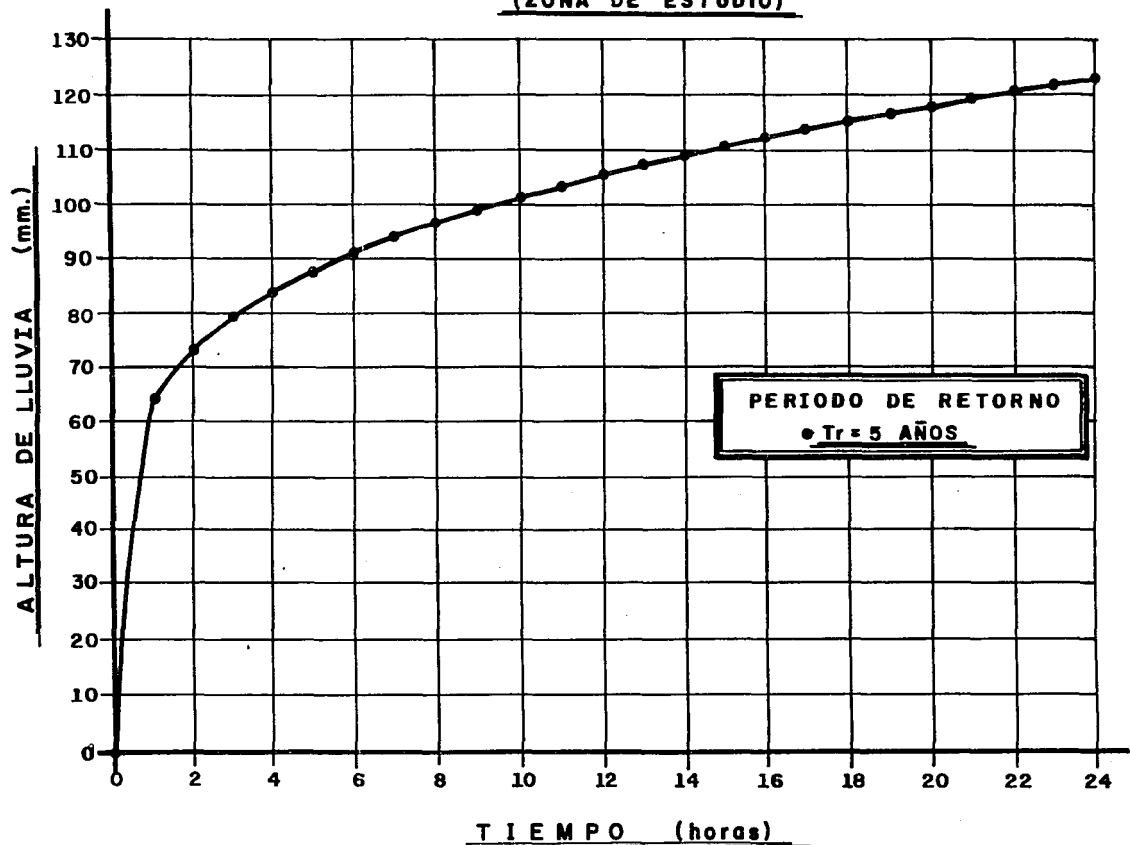


FIGURA 3.5. MODELO DE TORMENTA
(ZONA DE ESTUDIO)



3.3.3. Análisis de escurrimientos.

El análisis de escurrimientos está enfocado al siguiente objetivo:

- a) Determinar los volúmenes disponibles en el río Usumacinta para compararlos con las demandas de riego requeridas en tiempo y espacio y verificar que sean satisfechas.

VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE.

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron las dos estaciones hidrométricas más cercanas a la zona: la estación Boca del Cerro, ubicada sobre el cauce del río Usumacinta y la estación San Pedro, ubicada sobre el río del mismo nombre, que es un afluente del primero.

Los registros utilizados en el análisis corresponden a los gastos mensuales: mínimos, medios y máximos. El procedimiento de análisis empleado consistió en trabajar con valores decenales y determinar los volúmenes de agua correspondientes a una cierta probabilidad de ocurrencia. Para ello y dado que es diferente el tamaño de las muestras de las estaciones usadas, los valores se homogeneizaron a un período de 32 años.

Para relacionar los volúmenes de escurrimiento con sus períodos de ocurrencia, los valores decenales se ordenaron en una serie de mayor a menor y asignándoles un número de orden descendente se les aplicó la siguiente expresión:

$$f = 100 * m / (n+1)$$

Donde;

n = Número de años.

m = Orden de registro.

Con lo anterior se genera una curva que asocia volúmenes de agua con su probabilidad de ocurrencia para cada una de las decenas.

De acuerdo con las especificaciones de la Comisión Nacional del Agua, los volúmenes de diseño deben corresponder a una probabilidad de ocurrencia del 50%. En el cuadro 3.28. se reportan los volúmenes que definen la disponibilidad de agua del río Usumacinta en la zona del proyecto para una probabilidad de ocurrencia del 50%.

CUADRO 3.28. VOLUMENES DISPONIBLES EN EL RIO USUMACINTA.

MES	VOLUMEN DECENAL CON PROBABILIDAD DEL 50% DE OCURRENCIA			VOLUMEN MENSUAL DISPONIBLE
	1a. Decena	2a. Decena	3a. Decena	
Enero	1'217,441.23	1'186,138.08	1'114,546.18	3'518,125.49
Febrero	947,031.26	859,788.43	622,481.76	2'429,301.45
Marzo	780,817.54	686,862.29	688,545.79	2'156,225.62
Abril	579,862.80	578,931.41	500,421.89	1'659,216.10
Mayo	515,810.59	524,733.98	671,885.71	1'712,430.28
Junio	800,122.32	1'431,133.92	2'102,751.79	4'334,008.03
Julio	2'161,787.49	2'295,772.85	2'699,602.43	7'157,162.77
Agosto	2'103,577.34	2'095,478.21	2'319,711.70	6'518,767.25
Sept.	2'607,148.51	3'205,834.16	3'226,474.94	9'039,457.61
Octubre	3'460,269.89	3'488,430.24	3'376,974.24	10'325,674.37
Nov.	3'084,557.76	2'270,626.56	2'244,457.30	7'599,641.62
Dic.	1'841,997.46	1'715,566.16	1'577,344.32	5'134,907.94

VOLUMENES REPRESENTATIVOS.	
Mes crítico	1'659,216.10
Mes favorable	10'325,674.37
Promedio mensual	5'132,076.54

Volúmenes expresados en m³.

GASTOS MAXIMOS EN EL RIO USUMACINTA.

Para determinar los gastos máximos que se presentarán en el Río Usumacinta para cualquier período de retorno, se utilizaron los valores de gasto máximo mensual para cada año de la muestra, ajustados a una función de probabilidad. Para ello estos valores se ordenaron en una serie de máximos anuales, se les asignó un número de orden y se relacionaron con el período de retorno mediante la siguiente expresión

$$Tr = (n + 1) / m$$

Donde;

Tr = Período de retorno de la serie anual de máximos en años.

n = Número total de eventos de la serie anual.

m = Número de orden del evento.

Posteriormente, se determinó la distribución de probabilidad de la muestra con:

$$F(x) = 1 - (1 / Tr)$$

y los resultados obtenidos se ajustaron a funciones de distribución conocidas para usarlas como elementos de diseño. Así para la estación Boca del Cerro se empleó la distribución de Probabilidad Normal y para la estación San Pedro se utilizó la de Gumbel de dos parámetros.

En la figura 3.6. se ilustra la variación de los gastos máximos calculados con este procedimiento.

GASTOS MINIMOS EN EL RIO USUMACINTA

En el caso de los gastos mínimos en el río Usumacinta también se ajustaron a los valores registrados en la estación Boca del Cerro a una función de distribución y a una correlación lineal, pero como para el rango de períodos de retorno recomendables para el proyecto se tienen valores de estas funciones más grandes que los mínimos registrados, se recomienda usar en los diseños estos últimos.

En la figura 3.7. se presenta la variación de los gastos mínimos.

FIGURA 3.6. GASTOS MAXIMOS AJUSTADOS
(ZONA DE ESTUDIO)

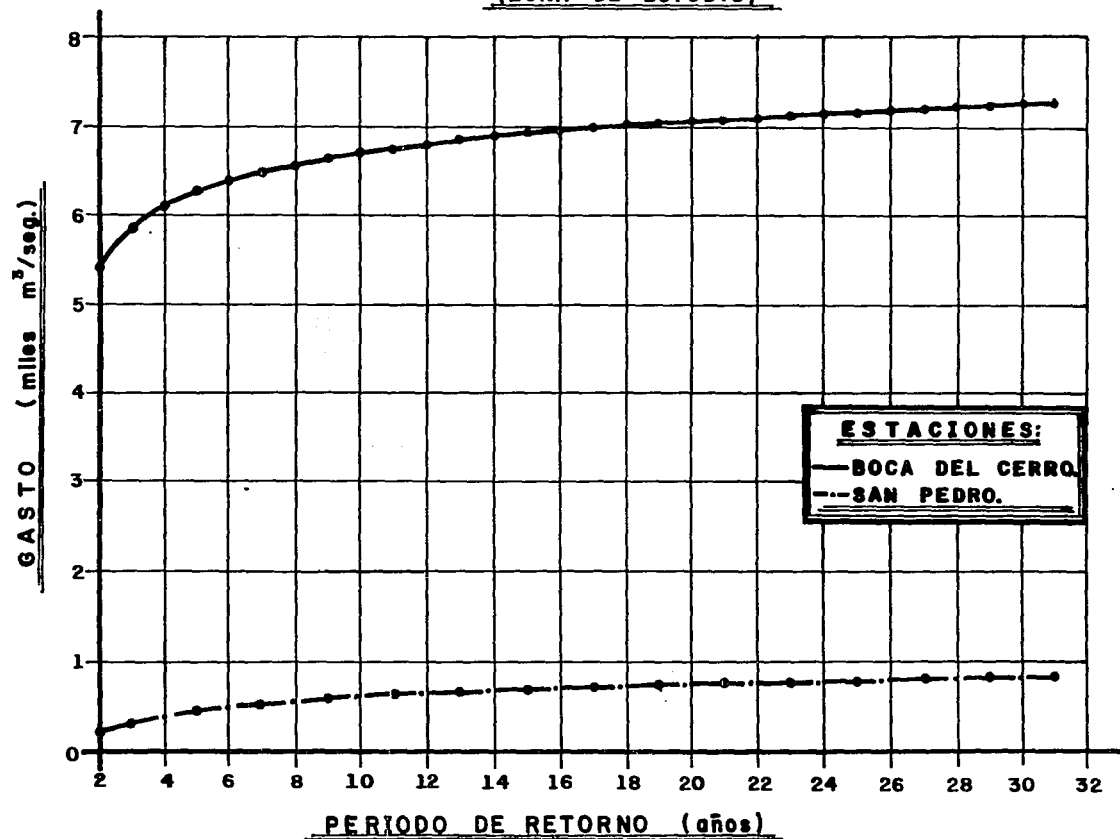
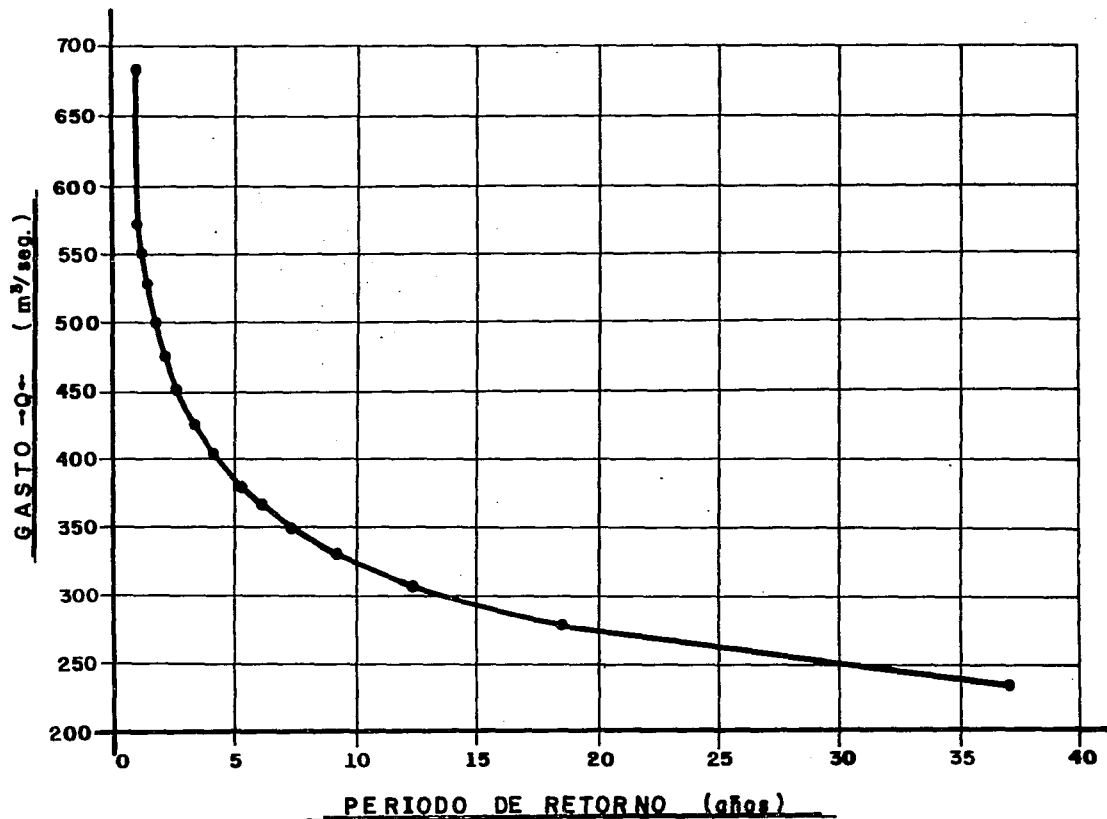


FIGURA 3.7. GASTOS MINIMOS AJUSTADOS

(ZONA DE ESTUDIO)



3.3.4. Determinación del coeficiente unitario de riego.

Aunque las precipitaciones en la zona del proyecto son abundantes, su irregularidad plantea la necesidad de asegurar los volúmenes de agua requeridos de acuerdo a las características del suelo y al patrón de cultivos propuestos, para proporcionar con oportunidad los riegos de auxilio necesarios. En la determinación de estos volúmenes de agua intervienen todos los factores relacionados con tres aspectos importantes: el suelo, la planta y la lluvia de la zona. La combinación de estos elementos proporciona las necesidades de agua en volumen, espacio y tiempo, con los cuales se podrán diseñar las secciones de los canales para conducirla, a partir del llamado coeficiente unitario de riego.

El análisis para determinar el coeficiente unitario de riego (C.U.R.) se inicia en el estudio agrológico en el que se determinó la clasificación agrícola de las tierras del área de estudio se propusieron algunos tipos de cultivos recomendados y sus fechas de siembra, se determinaron las características de estos cultivos para estimar las necesidades de agua y se calcularon estas láminas de riego considerando la precipitación representativa de la zona.

Con la información que se tiene se procede a integrar un análisis de coeficientes mensuales de requerimientos de riego, considerando para ello el área de riego mensual de cada cultivo, el cual depende de las fechas de siembra, del intervalo de riego y del número de riegos que se aplican en el mes, por lo que el análisis consideró para un mismo cultivo varias fechas de siembra y varios tipos de suelos, estimando finalmente un valor ponderado para cada mes y cada cultivo.

Con los coeficientes y con el programa de cultivos (superficies de cultivo) considerado para el proyecto, se calcularon los volúmenes mensuales de riego de cada cultivo, se integraron para toda la zona de riego y se establecieron las demandas de agua del proyecto.

Del análisis de los volúmenes de agua requeridos de acuerdo al patrón de cultivos propuesto, el mes crítico corresponde a junio, en el cual se demandan 74,317 millones de m³, por lo que se tomó como base para la elaboración del coeficiente unitario de riego.

El C.U.R. se obtuvo calculando los gastos unitarios del mes crítico, relacionando los volúmenes de agua requeridos con la superficie de cultivo correspondiente, y ordenándolos en forma decreciente, para obtener a partir de los volúmenes de agua y superficies de cultivo acumuladas bajo este ordenamiento, la variación del coeficiente unitario de riego.

En el cuadro 3.29. se presenta el cálculo de los gastos unitarios, en el cuadro 3.30. el cálculo para determinar los

coeficientes unitarios de riego y en la figura 3.8. se ilustra gráficamente su variación.

La figura 3.8. es un ajuste de los valores calculados en el cuadro 3.30. a una función del tipo:

$$C.U.R. = a + a2A + a3A^2$$

Donde;

C.U.R. = Coeficiente Unitario de Riego.

a = 0.93045

a2 = 2.26000 * 10⁻⁶

a3 = -0.08722 * 10⁻¹⁰

Con relación a las eficiencias utilizadas en el cálculo del C.U.R. se consideraron las propuestas que se resumen en el cuadro 3.31.

CUADRO 3.29. OBTENCION DEL GASTO UNITARIO.

CULTIVO	SUPERFICIE TOTAL (Ha.)	%	SUPERFICIE (Ha.)	LAMINA MENSUAL (cm)	VOLUMEN MENSUAL MILES DE M ³	GASTO UNITARIO Lt/s/Ha.
Arroz 1-1	14,760	0.20	2,952.0	10.60	3,129	0.41
Arroz 1-2		0.60	8,856.0	22.60	20,015	0.87
Arroz 1-3		0.20	2,952.0	17.10	5,048	0.66
Arroz 2-1	11,320	0.20	2,264.0	10.00	2,264	0.39
Arroz 2-2		0.60	6,792.0	18.40	12,497	0.71
Arroz 2-3		0.20	2,264.0	13.40	3,034	0.52
Arroz 4-1	6,420	0.20	1,284.0	10.60	1,361	0.41
Arroz 4.2		0.60	3,852.0	22.90	8,821	0.88
Arroz 4-3		0.20	1,284.0	17.40	2,234	0.67
Arroz 5-1	5,500	0.50	2,750.0	13.60	3,740	0.52
Arroz 5-3		0.50	2,750.0	20.30	5,583	0.78
Maíz 1-1	2,500	0.30	750.0	11.90	893	0.46
Maíz 1-2		0.40	1,000.0	11.90	1,190	0.46
Maíz 1-3		0.30	750.0	0.00	0	0.00
Sorgo 4-1	2,500	0.30	750.0	8.70	653	0.34
Sorgo 4-2		0.40	1,000.0	8.70	870	0.34
Sorgo 4-3		0.30	750.0	0.00	0	0.00
Naranja	1,000	1.00	1,000.0	0.00	0	0.00
Limón	1,000	1.00	1,000.0	0.00	0	0.00
Pastos	16,700	1.00	16,700.0	0.00	0	0.00
TOTAL			61,700.0	218.10	71,330	

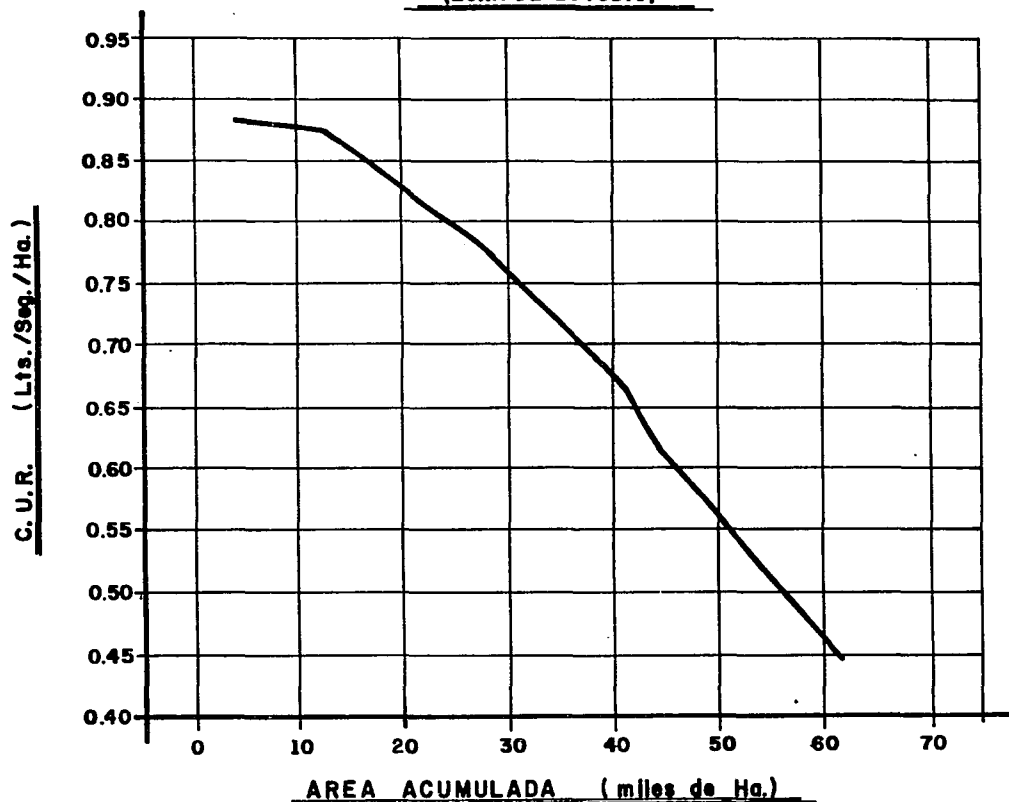
CUADRO 3.30. OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO

CULTIVO	GASTO UNITARIO Lt/Seg/Ha	SUPERFICIE ACUMULADA (Ha.)	VOLUMEN ACUMULADO MILES DE (M ³)	C. U. R. Lts/Seg/Ha.		
				EFICIENCIA TOTAL		
				NETO	0.49	0.63
Arroz 4-2	0.88	3,852.0	8,821.0	0.883	1.800	1.400
Arroz 1-2	0.87	12,708.0	28,836.0	0.875	1.790	1.390
Arroz 5-3	0.78	15,458.0	34,418.0	0.859	1.750	1.360
Arroz 2-2	0.71	22,250.0	46,915.0	0.813	1.660	1.290
Arroz 4-3	0.67	23,534.0	49,150.0	0.806	1.640	1.280
Arroz 1-3	0.66	26,486.0	54,198.0	0.789	1.610	1.250
Arroz 5-1	0.52	29,236.0	57,938.0	0.765	1.560	1.210
Arroz 2-3	0.52	31,500.0	60,971.0	0.747	1.520	1.190
Maíz 1-1	0.46	32,250.0	61,864.0	0.740	1.510	1.170
Maíz 1-2	0.46	33,250.0	63,054.0	0.732	1.490	1.160
Arroz 1-1	0.41	36,202.0	66,183.0	0.705	1.440	1.120
Arroz 4-1	0.41	37,486.0	67,544.0	0.695	1.420	1.100
Arroz 2-1	0.39	39,750.0	69,808.0	0.678	1.380	1.080
Sorgo 4-1	0.34	40,500.0	70,460.0	0.671	1.370	1.070
Sorgo 4-2	0.34	41,500.0	71,330.0	0.663	1.350	1.050
Maíz 1-3	0.00	42,250.0	71,330.0	0.651	1.330	1.030
Sorgo 4-3	0.00	43,000.0	71,330.0	0.640	1.310	1.020
Naranja	0.00	44,000.0	71,330.0	0.625	1.280	0.990
Limón	0.00	45,000.0	71,330.0	0.612	1.250	0.970
Pastos	0.00	61,700.0	71,330.0	0.446	0.910	0.710

CUADRO 3.31. EFICIENCIAS

TIPO DE CANAL	EFICIENCIA PARCELARIA	EFICIENCIA DE LA CONDUCCION	EFICIENCIA TOTAL
En Tierra.	70%	70%	49.0%
Revestidos de mampostería.	70%	75%	52.5%
Revestidos de concreto.	70%	90%	63.0%

FIGURA 3.8. COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO
(ZONA DE ESTUDIO)



3.3.5. Determinación del Coeficiente Unitario de Drenaje.

Como se mencionó anteriormente el sistema de drenaje del proyecto hidroagrícola representa un aspecto fundamental en la consecución de su buen funcionamiento, dadas las características fisiográficas del terreno y los valores de precipitación de la zona.

De esta forma se debe garantizar el desalojo de los volúmenes de agua excedentes de los terrenos de cultivo diseñando un sistema de drenes conveniente.

Para lograr este diseño un elemento fundamental es la determinación del Coeficiente Unitario de Drenaje (C.U.D.) que se desarrolló en base a la información proporcionada por los estudios agrológico y de programación agrícola, en lo que se refiere a las características de los suelos, y requerimientos de riego y drenaje de los cultivos; y al estudio de precipitaciones, en lo que respecta a la lluvia de diseño.

GASTOS DE DISEÑO.

Para la determinación de los gastos de diseño de los drenes se utilizó el criterio del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos aplicable a cuencas planas, que esta representado por la siguiente ecuación:

$$Q = C * A^{(5/6)}$$

Donde;

Q = Gasto de diseño del dren, en m³/seg.

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca y de la magnitud de la tormenta contra lo que se quiere dar protección.

A = Area de drenaje en Ha.

El coeficiente C de la fórmula anterior se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = 4.59 + 1.62 * Re$$

con;

$$Re = \frac{(P + 50.8 - 5080/CN)^2}{(P - 203.2 + 20320/CN)}$$

Donde;

Re = Lluvia en exceso, en mm.

P = Precipitación para la duración y tiempo de retorno seleccionado en mm.

CN = Número de curva de acuerdo con el uso del suelo, condición hidrológica y tipo de suelo en el área.

Para el análisis que nos ocupa se tomaron las siguientes consideraciones:

Se definieron cinco cuencas en la zona de estudio, las cuales se indican en el cuadro 3.32. indicando las características de cada una de ellas.

CUADRO 3.32. CUENCAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

CUENCA	AREA DE LA CUENCA (Ha)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL
1	15,162	28,989	3.01 * 10 ⁻⁴
2	12,645	35,380	4.43 * 10 ⁻⁴
3	5,593	13,569	3.99 * 10 ⁻⁴
4	10,771	13,212	2.68 * 10 ⁻⁴
5	26,176	27,268	3.89 * 10 ⁻⁴

Se propone utilizar los arroyos naturales como drenes principales para el desalojo de las aguas sobrantes.

En el arroyo Salsipuedes drenarán las cuencas 1 y 2, en el arroyo Del Este la cuenca 5, y las cuencas 3 y 4 drenarán hacia la zona de las lagunas que se encuentran en la margen derecha del río Usumacinta.

El resultado del cálculo de los gastos de diseño se presentan en el cuadro 3.34.

COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE.

De acuerdo con el procedimiento establecido por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos para el cálculo del coeficiente unitario de drenaje (C.U.D.) se tomó la lluvia máxima en 48 horas del modelo de tormenta para el período de retorno de diseño y con este valor dividido entre dos se calculó la correspondiente lluvia en exceso. En el cuadro 3.33. se presenta el modelo de lluvia utilizado.

En este caso como el cultivo de arroz tiene una alta tolerancia a la inundación se consideró conveniente seleccionar un período de retorno de 5 años con objeto de disminuir las dimensiones de los drenes.

Con estas consideraciones se cálculo el gasto de drenaje para cada área parcial contenida en las cinco cuencas y tomando los valores acumulados de gastos y áreas se calcularon los valores del C.U.D. correspondientes.

En el cuadro 3.34. se presentan los cálculos del C.U.D. para cada cuenca y en la figura 3.9. se ilustran las gráficas respectivamente.

CUADRO 3.33. PRECIPITACION EN LA ZONA DE ESTUDIO

DURACION (min.)	INTENSIDAD (mm/hr)	hp (mm)	DURACION (min.)	INTENSIDAD (mm/hr)	hp (mm)
5	514.19	42.85	1200	5.91	118.23
10	286.01	47.67	1260	5.69	119.56
15	203.43	50.86	1320	5.49	120.85
20	159.93	53.31	1380	5.31	122.09
25	132.79	55.33	1440	5.14	123.30
30	114.12	57.06	1500	4.98	124.47
35	100.44	58.59	1560	4.83	125.61
40	89.94	59.96	1620	4.69	126.73
45	81.61	61.21	1680	4.56	127.81
50	74.83	62.36	1740	4.44	128.87
55	69.19	63.42	1800	4.33	129.90
60	64.42	64.42	1860	4.22	130.91
120	36.60	73.20	1920	4.12	131.90
180	26.38	79.14	1980	4.03	132.87
240	20.95	83.78	2040	3.94	133.82
300	17.53	87.65	2100	3.85	134.75
360	15.17	90.99	2160	3.77	135.66
420	13.42	93.96	2220	3.69	136.55
480	12.08	96.64	2280	3.62	137.43
540	11.01	99.10	2340	3.55	138.29
600	10.14	101.37	2400	3.48	139.14
660	9.41	103.48	2460	3.41	139.97
720	8.79	105.47	2520	3.35	140.79
780	8.26	107.34	2580	3.29	141.60
840	7.79	109.11	2640	3.24	142.39
900	7.39	110.80	2700	3.18	143.18
960	7.03	112.41	2760	3.13	143.95
1020	6.70	113.95	2820	3.08	144.70
1080	6.41	115.43	2880	3.03	145.45
1140	6.15	116.86			

CUADRO 3.34. CALCULO DEL C.U.D.

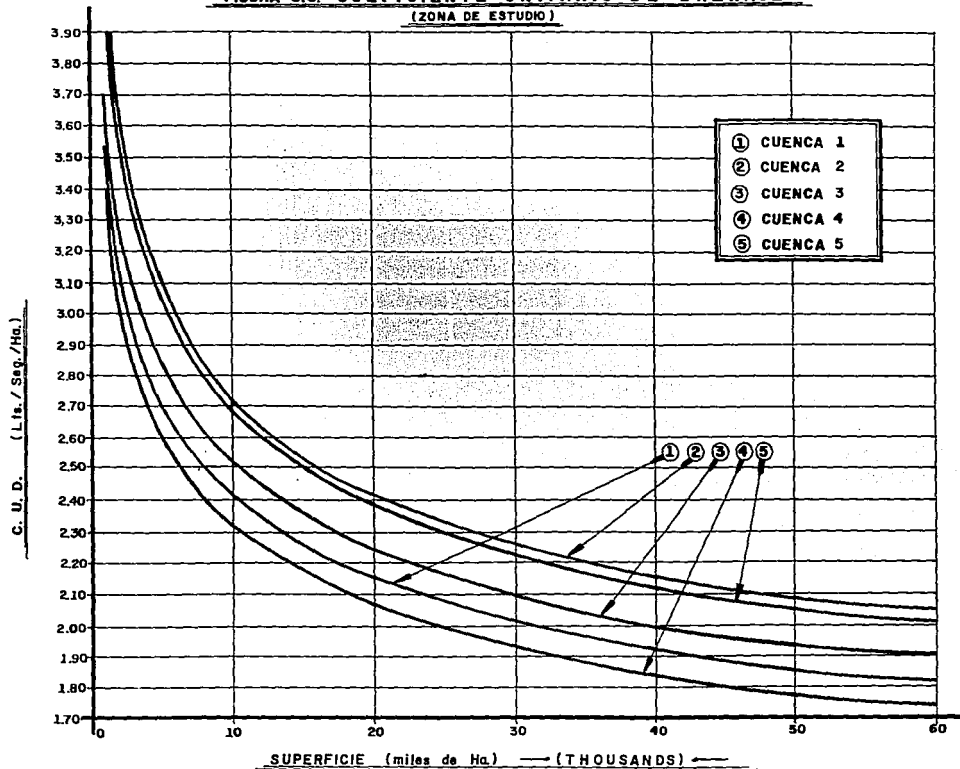
CUENCA	AREA (A) (Ha.)	GASTO (Q) (Lts/Seg)	C.U.D. (Lts/Seg/Ha.)
CUENCA No. 1 CN = 76.77 P = 145.45 mm RE = 8.18 cm RE/2 = 4.09 cm C = 11.21	1,000.0	3,545.87	3.55
	2,000.0	6,318.03	3.16
	3,000.0	8,857.77	2.95
	4,000.0	11,257.45	2.81
	5,000.0	13,558.08	2.71
	6,000.0	15,782.75	2.63
	7,000.0	17,946.17	2.56
	8,000.0	20,058.49	2.51
	9,000.0	22,127.15	2.46
	10,000.0	24,157.76	2.42
	15,000.0	33,868.76	2.26
	20,000.0	43,044.23	2.15
	30,000.0	60,347.28	2.01
	40,000.0	76,696.10	1.92
	50,000.0	92,370.15	1.85
	CUENCA No. 2 CN = 83.58 P = 145.45 mm RE = 9.90 cm RE/2 = 4.95 cm C = 12.61	1,000.0	3,987.38
2,000.0		7,104.70	3.55
3,000.0		9,960.66	3.32
4,000.0		12,659.13	3.16
5,000.0		15,246.22	3.05
6,000.0		17,747.88	2.96
7,000.0		20,180.67	2.88
8,000.0		22,556.00	2.82
9,000.0		24,882.22	2.76
10,000.0		27,165.67	2.72
15,000.0		38,085.81	2.54
20,000.0		38,403.72	2.42
30,000.0		67,861.19	2.26
40,000.0		86,245.63	2.16
50,000.0		103,871.27	2.08
CUENCA No. 3 CN = 79.18 P = 145.45 mm RE = 8.77 cm RE/2 = 4.39 cm C = 11.70		1,000.0	3,698.72
	2,000.0	6,590.37	3.30
	3,000.0	9,239.59	3.08
	4,000.0	11,742.70	2.94
	5,000.0	14,142.51	2.83
	6,000.0	16,463.07	2.74
	7,000.0	18,719.74	2.67
	8,000.0	20,923.12	2.62
	9,000.0	23,080.94	2.56
	10,000.0	25,199.09	2.52
	15,000.0	35,328.69	2.36
	20,000.0	44,899.67	2.24
	30,000.0	62,948.57	2.10
	40,000.0	80,002.12	2.00
	50,000.0	96,351.80	1.93

CUADRO 3.34 CALCULO DEL C.U.D. (Continuación)

CUENCA	AREA (A) (Ha.)	GASTO (Q) (Lts/Seg)	C.U.D. (Lts/Seg/Ha.)
CUENCA No. 4 CN = 74.45 P = 145.45 mm RE = 7.62 cm RE/2 = 3.81 cm C = 10.76	1,000.0	3,402.25	3.40
	2,000.0	6,062.11	3.03
	3,000.0	8,498.98	2.83
	4,000.0	10,801.45	2.70
	5,000.0	13,008.90	2.60
	6,000.0	15,143.46	2.52
	7,000.0	17,219.24	2.46
	8,000.0	19,246.00	2.41
	9,000.0	21,230.86	2.36
	10,000.0	23,179.23	2.32
	15,000.0	32,496.88	2.17
	20,000.0	41,300.69	2.07
	30,000.0	57,902.85	1.93
	40,000.0	73,589.46	1.84
	50,000.0	88,628.61	1.77
	CUENCA No. 5 CN = 82.74 P = 145.45 mm RE = 9.68 cm RE/2 = 4.84 cm C = 12.43	1,000.0	3,931.31
2,000.0		7,004.79	3.50
3,000.0		9,820.60	3.27
4,000.0		12,481.12	3.12
5,000.0		15,031.83	3.01
6,000.0		17,498.32	2.92
7,000.0		19,896.90	2.84
8,000.0		22,238.83	2.78
9,000.0		24,532.35	2.73
10,000.0		26,783.68	2.68
15,000.0		37,550.27	2.50
20,000.0		47,723.10	2.39
30,000.0		66,906.97	2.23
40,000.0		85,032.90	2.13
50,000.0		102,410.70	2.05

FIGURA 3.9. COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE

(ZONA DE ESTUDIO)



3.4. Estudio socioeconómico y tenencia de la tierra.

3.4.1. Identificación del área de estudio.

El proyecto del Bajo Usumacinta se encuentra enclavado en el sureste de la República Mexicana. Se ubica en la planicie limítrofe de los estados de Campeche y Tabasco. Su área de influencia incluye cinco municipios de dos estados: Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta en el noroeste del estado de Tabasco y Del Carmen y Palizada en el suroeste del estado de Campeche.

Estos municipios conforman una área con características naturales y agro-técnico-productivas que muestran cierta similitud, a pesar de pertenecer a dos entidades federativas diferentes. Por tal razón fue posible definir una zona de 119,485 hectáreas como área del proyecto, correspondiendo el 61.40% de la superficie al estado de Campeche, el 36.90% a Tabasco y el 1.70% restante a caminos y carreteras. Queda comprendida entre las coordenadas 17°50' y 18°15' latitud norte y los meridianos 91°34' y 92°00' de longitud este.

Colinda al norte con el ejido el Zapote y propiedades privadas; al sur con el río Usumacinta, con el ejido Playa Larga, con la parte norte del municipio de Emiliano Zapata y con propiedades privadas; al este con propiedades privadas y los ejidos que se ubican en el municipio de Balancán; al noroeste sigue los límites de los ejidos Constitución, J. N. Ruvirosa y el Píplala, hasta los límites de Campeche.

Por sus características físico-climáticas y agrológicas estos municipios, se encuentran circunscritos en la región que se denomina como Trópico Húmedo. La cual abarca las regiones geográficas del Golfo de México y Sureste del país.

3.4.2. Aspectos físicos.

Por su ubicación geográfica el escenario de estudio presenta un clima tropical donde las características predominantes son las altas temperaturas y elevadas precipitaciones. Tiene una precipitación media anual de 1950 mm.; la evaporación es de 1,536 mm. y la temperatura de 26°C en promedio.

En forma general, el relieve de la zona de estudio es plano con lomeríos de poca altitud. Es una planicie nivelada por la acción de los ríos que la atraviesan. Cuenta con algunas depresiones pantanosas e inundables tanto por la avenida de los ríos como por el agua de abundantes lluvias.

Respecto a los recursos hidrológicos, la zona de estudio cuenta con un gran potencial como consecuencia de las altas precipitaciones pluviales que se presentan, además de que es una

zona de concentración de escurrimientos y de que forma parte de la Región Hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta cuya área drenada es aproximadamente de 113,285 Km².

La corriente superficial más importante en la zona la constituye el río Usumacinta y en menor grado el río Salsipuedes y los arroyos Santa Adelaida, Blanco y Del Este. Además existe un considerable número de pozos de poca profundidad y algunos pozos profundos para riego o para abastecer a las comunidades de la zona de agua suficiente.

En esta zona, los suelos se han formado con los materiales transportados por los ríos, a través de procesos de sedimentación aluvial y coluvial. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente ácidos y textura pesada; así como desagüe superficial y permeabilidad lenta. Se adaptan bien a diversos cultivos cuando se controla adecuadamente el exceso o falta de humedad. El 90% de los suelos predominantes corresponden a los clasificados como acrisoles y el 10% a los vertisoles crómicos.

Se encuentran varios tipos de vegetación, entre los cuales sobresale la selva secundaria media perennifolia y la formada por pastos naturales conocidos como sabana; asimismo, se tienen pequeñas áreas de tulares y manglares, principalmente en la costa y riberas de los ríos. Actualmente se cuenta con una fauna escasa.

3.4.3. Infraestructura actual.

Las vías de comunicación existentes en el área de influencia son diversas. Actualmente cuenta con una amplia red de comunicaciones que permiten su acceso por carretera, ferrocarril, avión y en algunas zonas por vía fluvial. La red de carreteras, sin incluir los municipios de Palizada y Del Carmen, rebasa los mil kilómetros de longitud, de los cuales el 32% es carretera pavimentada (350 Km.) y el 68% revestida (746 Km.). Cuenta además con gran cantidad de carreteras de terracerías y caminos vecinales.

Las principales carreteras que comunican el área son: la No. 80 llamada Costera Del Golfo, la cual comunica al estado de Campeche con Villahermosa, Tabasco; la internacional No. 186 que atraviesa el municipio Del Carmen y da acceso al estado de Quintana Roo; la de Villahermosa-Chablé-Balancán; la de Emiliano Zapata-Balancán y Tenosique-Balancán; la carretera circuito del Golfo; la de Zapatero-Jonuta; la de Guayabal-Jonuta y la carretera estatal Villahermosa-José Colomo-Zapatero-Jonuta.

El ferrocarril del Sureste comunica gran parte del área, ya que atraviesa los municipios Del Carmen, Balancán y Emiliano Zapata. Existen además varias aeropistas que se usan para vuelos

locales y pistas para avionetas.

Hay transporte fluvial en los municipios de Palizada, Emiliano Zapata, Jonuta y Del Carmen, el cual se realiza por medio de barcos, cayucos y lanchas. Los cinco municipios cuentan con terminales de autobuses de transporte foráneo.

Respecto a las comunicaciones telegráficas y postales, hasta el año de 1989 existían 6 administraciones telegráficas, 16 oficinas telefónicas y 40 radiotelefonías. Además de 27 oficinas postales de las cuales 7 eran de administración y 20 agencias.

La infraestructura actual en la zona de estudio es diversa. En el aspecto hidráulico, las obras existentes se encuentran constituidas por pequeñas unidades de riego por bombeo, que han sido construidas por los propios agricultores. Las estaciones de bombeo utilizan el agua de aprovechamientos superficiales o del acuífero. En el Sureste de la zona de estudio se encuentra además, una red de drenaje a cielo abierto que construyó el Gobierno Federal. Es importante destacar que una práctica que se ha utilizado regionalmente para disponer de agua es la construcción de las llamadas "cajas de agua", que consisten en acondicionar depósitos para recoger escurrimientos superficiales que se presentan en las mismas parcelas en la época de lluvia, almacenándola durante el estiaje para utilizarla en las primeras etapas del desarrollo de los cultivos. Asimismo algunos productores (privados principalmente) han realizado inversiones para asegurarse mayores volúmenes de agua mediante la perforación de pozos o el bombeo y la conducción del agua del río Usumacinta o de alguna de las lagunas que existen en la región.

Para especificar y cuantificar la infraestructura hidráulica existente se utilizó la información obtenida a través de la encuesta levantada en la zona de estudio la cual se complementó con datos del Registro Agrario Nacional de la S.R.A., las delegaciones de la S.A.R.H. de Campeche y Tabasco y las Gerencias Estatales de Tabasco y Campeche de la C.N.A.; asimismo se realizaron entrevistas adicionales y visitas al campo con los productores. En el cuadro 3.35. se muestra la infraestructura existente.

En comunicaciones las principales vías en la zona de estudio son las terrestres, destacando la carretera federal Villahermosa-Escárcega, en su tramo que va de Chablé a el Trébol; la carretera de Chablé-El Triunfo y la desviación a Balancán. Hay alrededor de 250 Km. de caminos de terracería y vecinales que cruzan a lo largo y a lo ancho esta zona, los caminos que van al Aguacatal, Nueva Esperanza, las Petronas y Playa Larga.

Existe comunicación fluvial por medio de los ríos, arroyos y lagunas presentes en la zona, entre las que se encuentran los ríos Usumacinta, Salsipuedes y Santa Adelaida, y las lagunas Playa Larga, el Arenal, el Barril y el Aguacatal principalmente.

La comunicación por vía aérea es limitada contándose solo con pistas de aterrizaje para avionetas que se dedican a las labores agrícolas. Con relación a los servicios de teléfono, telégrafo y correo, el ejido el Pipila cuenta con un teléfono rural y únicamente el ejido Playa Larga cuenta con estos tres servicios. El resto de la zona de estudio carece de comunicación por estos medios.

CUADRO 3.35. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO.

CARACTERISTICAS	UBICACION		
	EJIDOS	PROP.PRIV.	TOTAL
Pozos profundos (No.)	7	28	35
Estaciones de bombeo (No.)	0	7	7
Plantas de rebombeo (No.)	0	3	3
Canales (Km.)	0	38	38
Bordos (Km.)	0	8	8
Estanques (Ha.)	0	444	444
Drenes (Km.)	15	5	20
Norias (No.)	2	0	2
Molinos de arroz (No.)	1	1	2
Bodegas (No.)	7	7	14
Escuelas (No.)	8	0	8
Centros de salud (No.)	6	0	6
Tiendas Conasupo (No.)	2	0	2

3.4.4. Estructura poblacional.

Se puede apuntar que en la zona de estudio la población captada a través de la encuesta levantada en 1991, representó el 14.6% de la total que existe, estimándose en aproximadamente 4,527 habitantes y que tomando en cuenta la normatividad del Censo de población y vivienda, el cual define como población urbana aquellos núcleos mayores de 2,500 habitantes, que la población de la zona de estudio se caracteriza por ser eminentemente rural, en virtud de que los núcleos de población no rebasan los mil habitantes.

La población total en la zona de estudio esta formada por 2,425 hombre y 2,102 mujeres representando el 53.6% y el 46.4% respectivamente, en el cuadro 3.36 se representa esta distribución.

Por grupos de edad, similar composición se da en los ejidos y en las propiedades privadas. Alrededor del 84% de la población es menor de 40 años y menos del 1% es mayor de 75 años;

evidenciándose, de la misma manera que en el área de influencia una estructura poblacional joven con un alto porcentaje (38.8%) de población dependiente menor de 15 años. En la gráfica 3.1. se presenta la distribución de la población por edad y sexo en ambos tipos de propiedad.

Por tipo de propiedad, el 80% de la población es ejidataria y el 20% privada. En las propiedades privadas de 897 habitantes, el 55% son hombres y el 45% mujeres; en los ejidos, de 3,630 habitantes, los hombres y las mujeres representan el 53% y el 47% respectivamente. En el cuadro 3.37. se marca la población total por grupo de edad y sexo.

CUADRO 3.36. POBLACION TOTAL POR SEXO EN LA ZONA DE ESTUDIO.

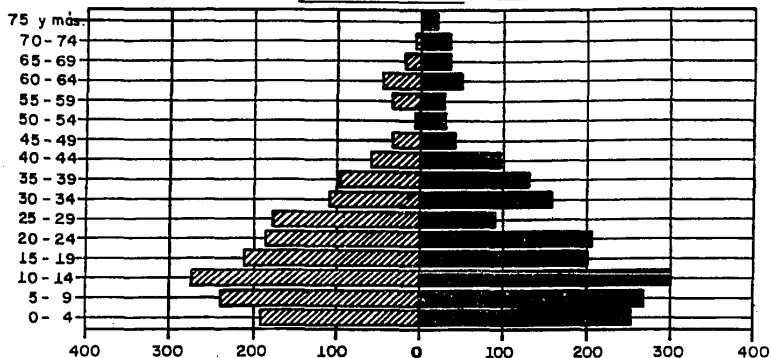
SEXO	NUMEROS	
	ABSOLUTOS Habitantes	RELATIVOS %
Total	4,527	100.0
Masculino	2,425	53.6
Femenino	2,102	46.4

CUADRO 3.37. POBLACION TOTAL POR GRUPO DE EDAD Y SEXO.

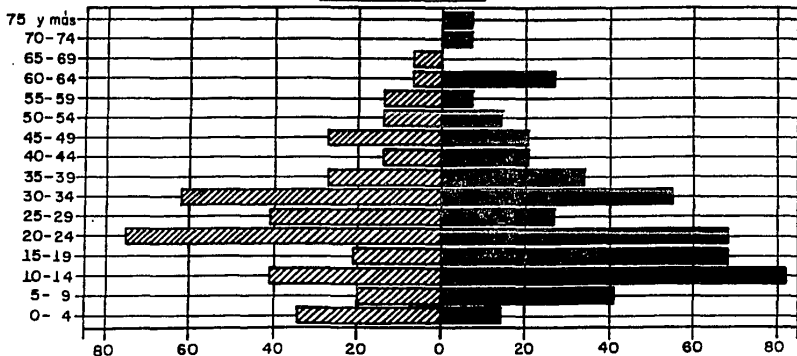
GRUPO DE EDAD	PREDIOS PRIVADOS			EJIDOS		
	HOMBRE	MUJER	TOTAL	HOMBRE	MUJER	TOTAL
0- 4	14	34	48	253	192	445
5- 9	41	20	61	267	240	507
10-14	82	41	123	302	274	576
15-19	68	21	89	199	212	411
20-24	68	75	143	206	185	391
25-29	27	41	68	89	178	267
30-34	55	62	117	158	109	267
35-39	34	27	61	130	96	226
40-44	21	14	35	96	62	158
45-49	21	27	48	41	34	75
50-54	14	14	28	27	7	34
55-59	7	14	21	27	34	61
60-64	27	7	34	48	48	96
65-69	0	7	7	34	20	54
70-74	7	0	7	34	7	41
75 y más	7	0	7	21	0	21
TOTAL	493	404	897	1,932	1,698	3,630

**GRAFICA 3.1. POBLACION TOTAL
POR GRUPO DE EDAD Y SEXO.**

EN LOS PREDIOS EJIDALES.



EN LOS PREDIOS PRIVADOS.



MUJERES

HOMBRES

3.4.5. Estructura ocupacional.

En la zona de estudio la estructura ocupacional presenta las características siguientes: Se observa un comportamiento similar de la fuerza de trabajo que la del área de influencia. La población de 12 a 64 años en condiciones de trabajar representa el 67.40% de la población total de la zona. En los ejidos esta fuerza de trabajo se compone con 1,199 hombres y 1,133 mujeres, 51.40% y 48.60% respectivamente y con 381 hombres y 337 mujeres en las propiedades privadas, 53.10% y 46.90% en ese mismo orden. La estructura de la fuerza de trabajo por grupo de edad indica que el 80% de la población se concentra entre rangos de 12 a 39 años de edad, por lo que la mano de obra disponible en la zona está formada por gente joven.

Respecto a la Población Económicamente Activa (PEA) en la zona de estudio, se observa que representa el 47.50% de la fuerza de trabajo existente y el 32.00% de la población total.

Por otro lado, la PEA por rama de actividad en la zona de estudio se concentra en las actividades agropecuarias. El 60.10% de la población que trabaja se dedica a la agricultura y/o a la ganadería; el 15.00% a los servicios; el 5.60% al comercio; el 17.90% a actividades no especificadas y apenas el 1.40% a la industria. Asimismo, el 49.80% de la PEA trabaja en su propio predio; el 32.40% fuera de él y el 17.80% mantiene una movilidad en ambos sentidos.

Respecto a la calidad del trabajo, el 43.70% de la PEA, trabaja por cuenta propia, el 38.00% son empleados y el 18.30% no especificó su relación laboral. Con base a estos resultados, en términos generales se puede afirmar que en la zona de estudio, la actividad principal de la población es la agricultura y la ganadería; que en su mayoría, se dedican a la explotación de su predio por cuenta propia y que sólo una quinta parte de esta población trabaja en su predio y fuera de él.

Para los habitantes que componen la población económicamente activa, existe empleo pleno durante un periodo de 6 a 8 meses al año. Después de éste, se presenta el fenómeno de migración temporal hacia otros lugares en busca de fuentes de empleo. Cerca de un 15.00% de la PEA permanece subempleada durante esta época, en la cual se dedican a la agricultura de subsistencia. La relación entre la población total y la población económicamente activa señala un índice de dependencia de 3.1, lo que significa que por cada persona activa existen 3.1 personas dependientes.

3.4.6. Condiciones de vida.

En la zona de estudio la vivienda se caracteriza por ser de una estructura muy sencilla, uno o dos cuartos rectangulares con

techo de dos aguas, generalmente con lámina de zinc, cartón o guano; paredes en su mayoría de taciste y pisos de cemento. El total de las viviendas es de 755 de las cuales el 63.60% no cuenta con servicio de agua; el 49.50% no dispone de energía eléctrica y el 74.40% no tiene baño de agua corriente, siendo de uso más común la fosa séptica y la letrina.

Además, del total de hogares, cerca del 70% no disponen de estufa de gas, el 66.70% no tienen refrigerador, el 47.30% no cuentan con televisión y el 93.00% no tienen teléfono. El número de ocupantes promedio por vivienda es de 6 personas. El 80% de los ocupantes son propietarios de la vivienda y el 20% son inquilinos.

Las características existentes con relación a otros servicios son: En siete de los ocho ejidos de la zona de estudio, se cuenta con alumbrado público, únicamente el ejido de Playa Larga cuenta con agua potable; la totalidad de los ejidos carece de tomas de agua públicas, drenaje, rastos y mercado; hay servicios de transporte de pasajeros en Mario Calcáneo, Hidalgo, Pípila, J. N. Ruvirosa y Constitución; y sólo en los ejidos de Playa Larga y Santa Cruz cuentan con tiendas conasupo.

Sobre el aspecto educativo la población de la zona de estudio enfrenta diversos problemas. Por un lado, no cuentan con aulas suficientes y adecuadas para proporcionar educación a todos los demandantes, hay insuficientes maestros y carencia de material didáctico. Por otro lado, se nota la ausencia de programas para la alfabetización de los adultos y para el rescate de su cultura. El acceso a la educación esta restringida en la medida en que se avanza en los grados de escolaridad; menos de la tercera parte de los jóvenes que empiezan la educación logran terminarla. El problema se agudiza más en la educación media ya que en la zona de estudio existen sólo dos telesecundarias que resultan insuficientes para cubrir las necesidades de la población, razón por la cual, para estudiarla es necesario trasladarse a los municipios como Jonuta, Emiliano Zapata, Balancán o Del Carmen, lo que ocasiona que solo la mínima parte de los jóvenes que logran terminar la primaria continúen su educación.

La estructura escolar es limitada; en los ejidos existen 18 aulas distribuidas en ocho escuelas con promedio de dos aulas por escuela; en ellas solo se imparte la educación primaria. Cuenta con 17 maestros los cuales atienden una población de aproximadamente 1,200 alumnos.

Sobre este aspecto las estadísticas señalan que el 27% de la población en edad escolar no saben leer ni escribir; de la población alfabeta, el 38.40% apenas curso hasta el tercer año de primaria y el 32.10% hasta el sexto año, lo que significa que el 70.50% de la población alfabeta en la zona de estudio únicamente tiene la educación elemental. De la restante, el 14.30% cuenta con secundaria, el 7.50% con preparatoria y el 6.90% tienen

formación a nivel profesional.

En lo relativo a la salud los servicios médicos existentes en la zona son insuficientes respecto a la demanda de la población. No obstante, que en seis de los ocho ejidos hay centros de salud, éstos no están dotados del instrumental necesario para hacer frente a casos graves, por lo que la población tiene que acudir a las cabeceras municipales, con el consecuente incremento en el gasto por transporte y el pago de consultas y medicinas. Al respecto, alrededor del 50% de la población acude para su atención con médicos particulares. En términos generales, se detectó que en la zona no existe mucha capacidad por parte del médico para hacer una buena campaña en materia de salud, debido principalmente a la poca experiencia con que cuentan ya que la mayoría de ellos se encuentran realizando su servicio social.

3.4.7. Estructura productiva.

La descomposición por sectores del producto interno bruto de los estados de Tabasco y Campeche muestra una estructura productiva con comportamientos diferenciados. Los cuales se contemplan aquí de una manera muy general con el único fin de ejemplificar la dinámica de las ramas económicas de estas entidades federativas que las sustentan, sobresalen o tienen una destacada participación a nivel nacional. Para 1980, en el estado de Campeche el sector agropecuario contribuyó con un 26.10% en la generación del PIB estatal, seguido inmediatamente por el comercio, restaurantes y hoteles con 24.60%, los servicios comunales, sociales y personales con 17.20% y la industria manufacturera con 10.40%. La PEA agropecuaria representaba el 31.80%, la PEA industrial el 14.00% y la del sector terciario el 21.80%. Lo cual refleja la importancia del sector agropecuario en este estado.

Tabasco refleja por el contrario una fuerte aportación del sector minería e industrias extractivas con un 79.90% en la generación del PIB estatal; seguido por el comercio, restaurantes y hoteles con 5.20%; los servicios comunales, sociales y personales con 4.20%; la industria manufacturera con 3.10% y el sector agropecuario con el 3.80%. Por su parte la PEA agropecuaria sigue predominando al tener una participación porcentual del 39% mientras que la PEA del sector industrial representaba el 12% y la de las actividades terciarias el 19.30%.

Respecto al uso actual del suelo se observa que en el área de influencia predomina la actividad ganadera, destacando por su importancia los municipios Del Carmen, Balancán y Jonuta. No obstante lo anterior, existen algunos cultivos de importancia como el maíz y el arroz, los cuales tienen altos rendimientos incluso por arriba del promedio nacional.

Dentro del sector primario, la pesca es una actividad de importancia en algunas áreas correspondientes a los municipios Del Carmen, Emiliano Zapata y Jonuta.

La zona de estudio ha sido tradicionalmente ganadera, sin embargo a partir de finales de la década de los años setenta se introduce el cultivo del arroz en grandes superficies de temporal.

Actualmente, el uso del suelo en la zona de estudio arroja los siguientes porcentajes: de la superficie total de la zona (119,485 ha.) para uso agrícola se destina el 25.00%; para uso pecuario el 63.20%; para la explotación forestal el 7.60% y para otros usos el 4.20%.

Se encontró que en ambos tipos de tenencia predomina la superficie con uso pecuario (56% entre la ejidal y el 65% entre la privada) le sigue en importancia la de uso agrícola con 32% y 24% en el mismo orden.

En la zona de estudio, el sector secundario cuenta con poca importancia, únicamente se encuentra representada por un molino de arroz que se encuentra ubicado en Chumpán y el cual tiene una capacidad de procesamiento anual de 30 mil toneladas. Sin embargo, a nivel municipal, este sector representa un importante captador de mano de obra y generador de ingreso para habitantes de la zona de estudio, en especial el sector industrial, integrado por las industrias manufactureras, de la construcción y eléctrica.

En la industria manufacturera, que es eminentemente agroindustrial, sobresalen los de productos alimenticios, bebidas y tabacos, tales como la elaboración de productos lácteos, de panadería, molienda de nixtamal y fábrica de tortillas, beneficiadoras de arroz y la industria de la carne. La de textiles, prendas de vestir e industrias del cuero, la industria de la madera y sus productos y la industria del azúcar.

El sector terciario ésta constituido por pequeñas tiendas dispersas en toda la zona de estudio, que comercializan productos básicos y algunos abarrotés. A nivel municipal las actividades comerciales se dan a dos niveles: al mayoreo, principalmente compra-venta de alimentos, materiales de desecho y alimentos balanceados para animales; y al menudeo con establecimientos comerciales de todo tipo, supermercados y tiendas de autoservicio.

3.4.8. Tenencia de la tierra.

La distribución por tipo de tenencia de la superficie total que constituye la zona de estudio indica que el 13.50% (16,123 ha.) corresponden al régimen ejidal con 497 ejidatarios y el

81.40% (97,205 ha.) se encuentran distribuidas en 475 predios con régimen de propiedad privada. Resultando una superficie media de 32.40 ha. entre los ejidatarios y de 204.60 ha. para los propietarios privados.

Los ejidos se crearon como Nuevos Centros de Población Ejidal (NCPE), dotados en forma colectiva. Para la dotación se expropiaron predios privados y se tomaron terrenos nacionales. Cuenta con parcelas escolar e industrial de la mujer. El tamaño medio de los ejidos es de 2,370 ha. con un mínimo de 324 ha. y un máximo de 9,000 ha. Estimándose un promedio de 62 ejidatarios por ejido medio, siendo el mínimo de 33 y el máximo de 168 ejidatarios.

Con respecto a la propiedad privada que se localiza en la zona de estudio, se encontró que los predios se constituyeron dentro de un proceso muy complejo e histórico característico de estas regiones. En el presente siglo los acuerdos de compra-venta de tierras entre particulares son las predominantes, sin embargo, al no seguirse las normas legales vigentes (registro público de propiedad) pues predominaba la posesión de hecho y no por derecho, no cuentan con la documentación que ampara la posesión que tienen. En otros casos, esto se debe a que los asentamientos privados se dieron sobre terrenos nacionales. Así se tiene que se encuentran en situación irregular el 47.60% de los casos abarcando una superficie de 45,618 ha. que corresponde al 47.00% de la superficie total de la zona de estudio.

3.5. Impacto y control ambiental.

3.5.1. Efectos sobre el medio ambiente.

Los impactos al medio ambiente más predecibles se han clasificado en tres niveles de acuerdo a tres factores principales: a) Incremento de la frontera agrícola con la disminución lógica de la vegetación natural, b) Alteraciones hidrológicas por las obras de bombeo-drenaje, y c) Efectos del uso de insumos agrícolas (fertilizantes-plaguicidas).

a) INCREMENTO DE LA FRONTERA AGRICOLA.

El desmonte de la cubierta vegetal original, bajo la idea de rescatar tierras improductivas, es en síntesis, la opción por la que se ha desmontado gran parte de esta vegetación. Esto es muy importante ya que se aprecia claramente que el proceso de desmonte es efectuado de una forma sistemática, valiéndose de alta tecnología con maquinaria pesada de tal manera que prácticamente limpian el terreno, aprovechando desde su inicio para extender la zona de aprovechamiento agrícola, aunque no necesariamente hacia el cultivo del arroz ya que en áreas recientemente taladas se observan milpas.

Este impacto se refiere al proceso de desmonte o deforestación que afecta grandes áreas aledañas e incluso lejanas de vegetación, las cuales contribuyen en forma importante a la producción primaria y tienen una gran importancia en la retención y estabilización de sedimentos, oxigenación de las aguas y transformación de nutrientes, además de servir de refugio a una diversa fauna silvestre, incluso de especies protegidas.

Aunque puede pensarse que el proyecto de riego no acarreará un problema significativo de pérdida de comunidades vegetales de importancia, su implementación implica un elevado riesgo sobre las comunidades aledañas al mismo, particularmente las ubicadas al norte, donde la posibilidad de ampliación, planificada o no, se incrementa por las facilidades de infraestructura (comunicación, riego y drenaje) intrínsecas al proyecto.

En efecto, la vegetación de la zona del Bajo Usumacinta juega un papel importante como barreras contra el viento. La alta incidencia de vientos que acarrea fuertes tormentas, denominadas "nortes" en la región, regulan su velocidad y fuerza al ser atajadas por los manglares y otras comunidades leñosas como las selvas y los elementos arbóreos de la sabana de jícaro.

Al efectuarse una deforestación para apertura de campos agrícolas como la esperada en estos sitios, se afecta al equilibrio impuesto en la regulación de vientos y tormentas por estas barreras naturales. El efecto de la fuerza del viento puede tender a modificar la dinámica natural del área al detonarse fuertes impactos sobre suelos y agua. Al ser el conjunto del

viento y la energía solar un desecante del agua y un acarreador de partículas del suelo, al incrementarse los procesos erosivos sobre las formas terrestres, se contribuye a generar fuertes azolvamientos en los sistemas lagunares y a la inhabilitación del drenaje natural de arroyos, ríos y cuerpos de agua intermitentes.

El factor viento, al no ser amortiguado de forma natural por la vegetación como consecuencia de la deforestación, puede tener impactos y causar daños muy serios a obras de infraestructura (diques, canales, instalaciones eléctricas, caminos). Ejemplo de la afectación de las barreras naturales es posible observarlo en el noroeste de Campeche, donde se arrasaron cientos de hectáreas de manglar rojo, modificándose su estructura, desecándose y agrietándose los suelos y contribuyendo al aceleramiento de la erosión de la costa.

b) ALTERACIONES HIDROLOGICAS POR LAS OBRAS DE BOMBEO-DRENAJE.

Otro impacto lo establece el cambio hidrológico asociado a las necesidades de riego del proyecto, que si bien no causa un cambio violento sobre las comunidades vegetales, algunos vertebrados acuáticos, y particularmente los recursos pesqueros de importancia, resultarán afectados por las modificaciones en los niveles y volúmenes anuales y estacionales del agua.

En el análisis de los efectos del riego-bombeo sobre los organismos acuáticos, el volumen extraído al río Usumacinta deberá en principio considerarse como una pérdida neta en el sistema, independientemente de las aguas que se estima serán devueltas por los sistemas de drenaje, lo cual inevitablemente se relaciona con las implicaciones que esto tendrá sobre su biología y ecología.

La unidad es una parte de una cuenca hidrográfica de gran valor para los estados de Campeche y Tabasco y su plataforma continental, por lo que la hidrografía conformada por los ríos y corrientes asociadas, contribuyen a una dinámica natural ligada fundamentalmente al desarrollo de los factores biológicos.

El drenado y construcción de canales de riego son de las modificaciones más comunes sobre las comunidades vegetales y el desecamiento de tierras para hacerlas "productivas y rentables" es una de las prioridades.

Otro aspecto de impacto actual y potencial sobre el ambiente de la zona, que es particularmente severo sobre la vegetación leñosa y la dinámica natural de los ecosistemas, es la construcción de caminos y brechas, ya que producen un efecto de impacto mayor sobre las comunidades al emplearse en la deforestación maquinaria pesada, que aparte de modificar la estructura arbórea, tienden a compactar los suelos y a modificar la tan importante dinámica hidrológica.

La tecnología agrícola como los sistemas de riego, deben verse como modificaciones al escurrimiento natural de ríos, arroyos, pantanos y cuerpos de agua, impuestos por las instalaciones de bombeo, ellas están representadas principalmente por la excavación de canales de riego, cuya edificación y trazo en la forma de retícula son típicos de los campos agrícolas altamente tecnificados. Estos sistemas modifican el drenaje original, actuando como diques de contención de aguas y retención de sedimentos, evitando el flujo y desalojo de las aguas, provocando variaciones importantes en el nivel del agua. Esta problemática subsistirá en miles de hectáreas de los ecosistemas de la zona asociados a zonas inundables, provocando un daño evidente a la vegetación que tiene mayor dependencia del régimen hidrológico.

En el ambiente acuático, que agrupa para fines prácticos lagunas, pantanos, ríos y arroyos es definitivo que las especies presentes sufrirán serias alteraciones ya que se romperá el ciclo normal de niveles de agua, que afectará en primera instancia a la vegetación, la cual cambiará su dominancia.

En síntesis cualquier cambio hidrológico afectará a poblaciones de una especie en plena recuperación poblacional.

c) EFECTOS DEL USO DE INSUMOS AGRICOLAS FERTILIZANTES-PLAGUICIDAS

Si bien, como se señaló anteriormente, el agua bombeada del Río Usumacinta como consecuencia del proyecto de riego, debe considerarse como una pérdida neta a los escurrimientos superficiales, no debe por ello concluirse que los cuerpos receptores del drenaje del proyecto, con la Laguna de Términos y la Plataforma Continental como los receptores finales, estarán exentos de acarreo hacia ellos. Es evidente que parte del agua bombeada regresará por esta vía a dichos receptores, en el caso del arroz de inundación en las épocas de drenado previos a la cosecha y en general para cualquier cultivo como consecuencia de la necesidad de eliminar los excesos de agua provocados por las precipitaciones pluviales directas sobre el área bajo cultivo. En ese sentido, lo relevante de esta agua de retorno no es su cantidad sino su calidad, ya que en ella se vincularán los residuos de agroquímicos persistentes que durante las prácticas cultivables se hayan acumulado en el suelo.

Aunque las zonas bajas, como la de la región analizada, amortiguan eficientemente los efectos de la contaminación por desechos biodegradables de poblados, industrias, etc., no ha de abusarse de dicha capacidad, como puede ocurrir con el uso de pesticidas para el tratamiento del arroz, y la fumigación de los pastizales. Esto sin duda afectará la viabilidad del sistema (comunidades vegetales, fauna, pesca, cuerpos de agua, etc.) para el reaprovechamiento de los nutrientes y de los desechos orgánicos, así como el procesamiento de ciertos productos

químicos que tiendan hacia la disminución de la producción de oxígeno o al aumento de toxicidad.

3.5.2. Protección al medio ambiente.

De acuerdo con los valores expuestos y los posibles impactos detectados, entre las recomendaciones que pueden darse para evitar un desequilibrio mayor en la zona a futuro, por la tendencia observada en la implementación de programas de desarrollo agrícola, pecuario y forestal, se enumeran a continuación algunas de las recomendaciones que se considera podrían ayudar a la minimización de los efectos de implantación del proyecto de riego del Bajo Usumacinta.

1. Una primera propuesta sería la de realizar una zonificación futura de tierras, bajo criterios de administración y reordenamiento de las actividades, tanto de las productivas como de las de protección del medio natural.

Esta zonificación podría definir criterios y normas que registran la afectación no planificada de las áreas naturales que aún conservan un nivel de preservación adecuada, por lo que se considera que el establecimiento de dichas zonas de manejo podrían estar orientadas por las características de singularidad, fragilidad y valor de los recursos contenidos en los ecosistemas presentes en el área de estudio.

La protección deberá concentrarse en áreas como la Selva de la Montaña y las zonas pantanosas asociadas al Palizada, así como el área litoral al sur de la Laguna de Términos, incluyendo las zonas de manglares. Dentro de la propuesta de protección será conveniente definir un estatus especial para los sistemas lagunares de la zona de Playa Larga, colindantes con el límite sur del proyecto de riego y las del Vapor-del Este y Sitio Viejo que desembocan en la Laguna de Términos. En base a estudios de detalle podría considerarse también la inclusión de alguna de las áreas de Sabana existentes en la zona.

En este aspecto, adicional al diagnóstico realizado hasta el momento, se sugiere que se definan en otro estudio los elementos específicos que darían sustento a las propuestas de protección. En principio se sugiere que para el establecimiento de estas áreas se sigan los siguientes criterios metodológicos:

- a) Reconocimiento de campo.
- b) Análisis aerofotográfico.
- c) Análisis cartográfico.
- d) Vuelos aéreos.
- e) Confirmación de campo.
- f) Identificación de atributos para área:
Naturales, socioeconómicas, escénicas, productivos, turísticos.

- g) Identificación de limitaciones por área.
- h) Definición de objetivos de cada área.

En función de lo anterior, se considera que en la región existen sitios que tienen capacidad de ser manejados como zonas naturales, es decir sitios que son considerados como muestras representativas de ecosistemas naturales, que pueden estar en condiciones prístinas o bien han sufrido una alteración parcial que sugiere la idea de mantener bancos naturales del plasma germinal de las especies nativas de la zona.

La recomendación dada para mantener este tipo de zonas asociado a sitios en desarrollo agrícola y pecuario extensivo, se sustenta bajo la idea fundamental de resguardar la crianza de peces, es originario de estos sitios, en la perspectiva de que ellos provengan las especies que puedan asegurar a futuro una restauración del medio natural.

2. Otra de las medidas que podrían contemplarse a efecto de mitigar las consecuencias de la extracción del agua y en cierta manera forzar un uso más juicioso de agroquímicos, sería el asociar al cultivo de arroz inundando la crianza de peces, es decir la llamada rizipiscicultura. En efecto, la introducción de peces en los arrozales permitirían parcialmente usar el agua desviada al curso del Usumacinta y reducirían el impacto que esta disminución del gasto tendrá sobre la producción pesquera global.

El cultivo de peces en arrozales por otra parte, implicaría un manejo más cuidadoso de plaguicidas ya que en ese momento un exceso de estos o el uso de compuestos bioacumulables causaría consecuencias negativas en una parte del esquema productivo por lo que la percepción del impacto ambiental en el uso de plaguicidas seguramente se haría más objetiva.

Sin embargo, es necesario señalar algunas de las limitaciones de una propuesta de este género:

a) Si bien desde el punto de vista tecnológico es posible recuperar parte de la productividad piscícola que se perdería con el proyecto de riego, socialmente no garantiza la mitigación de los impactos negativos sobre las comunidades de pescadores, ya que difícilmente los beneficios de dicha actividad serían disfrutados por estas.

b) La necesidad de adaptación de las áreas arroceras para permitir el cultivo de peces, seguramente incrementaría los costos de infraestructura, aspecto que no necesariamente es compatible con los niveles de inversión previstos.

c) Dependiendo del esquema de rizipiscicultura que se definiera, las necesidades de agua proveniente del bombeo podrían incrementarse (aunque no necesariamente), aumentando consecuentemente los efectos de esta sustracción de agua.

3. Otra medida que se considera necesaria de implementar tiene que ver con un sistema de monitoreo que permita seguir la evolución de diferentes variables ambientales a fin de limitar cualquier contingencia ambiental por la operación del proyecto. En este sentido se considera que deberá presentarse particular atención al comportamiento hidráulico del sistema, monitoreando los gastos, niveles y cantidades de material particulado, acarreados por el río Usumacinta y el Palizada. Por otra parte es indispensable llevar un seguimiento de los agroquímicos persistentes, particularmente los organoclorados, y de las formas nitrogenadas y forsfóticas para evitar su acumulación en otros elementos presentes en la zona.

4. Dentro de las recomendaciones de mitigación evidentes se encuentra por supuesto una estricta regulación en el uso de diversos agroquímicos y en la disposición final de los residuos y envases utilizados en las prácticas culturales. Esto se considera una mínima precaución para darle viabilidad ambiental al proyecto de riego.

5. Se recomienda que con objeto de disminuir los imatos en la zona de la cuenca lagunar, se construyan los drenajes hasta llegar al río Usumacinta, evitando con ello que se acumulen en la laguna de Chas-hoch los agroquímicos. Por otra parte se considera necesario reponer dentro de esta cuenca lagunar el volumen de agua que se impedirá llegar por causa de los cambios en la hidrología superficial.

6. Se propone que al final de los drenes principales, se estudie la posibilidad de construir obras de control, con objeto de proporcionar aunque sea en menor medida parte del agua que se impediría llegar durante aquellos meses críticos.

7. Por último podría considerarse el establecimiento de estaciones y ranchos cinegéticos que por una parte cooperan dentro de una política de reintroducción de fauna silvestre en las áreas protegidas y por otra permitan una regulación nacional del aprovechamiento de la fauna local.

CAPITULO CUARTO

PROPUESTA DE ANTEPROYECTO.

C A P I T U L O C U A R T O

PROPUESTA DE ANTEPROYECTO

4.1. Estrategia de desarrollo hidroagrícola.

La viabilidad social y económica de este proyecto depende en gran medida de la posibilidad de agrupar grandes superficies para establecer subsistemas de riego eficientes y rentables para cubrir 54 mil hectáreas, que se implanten en forma modular y gradualmente, dentro de un plan general que los articule y garantice su funcionamiento con una elevada eficiencia hidráulica.

Uno de los principales atractivos del proyecto lo constituye el sistema de explotación que se planea utilizar y que consiste en compactar áreas en mosaicos productivos que permitan la explotación escalonada y continua a lo largo de todo el año, con el fin de aprovechar óptimamente los recursos humanos y materiales como son mano de obra, maquinaria agrícola, paquetes tecnológicos, etc.

Dicha estrategia de desarrollo hidroagrícola se llevó a cabo tomando como base el conocimiento general de la zona de estudio, la recopilación de la información existente y sobre todo los estudios básicos efectuados como son la topografía de la zona de riego, el estudio agroclimatológico, el estudio socioeconómico, la tenencia de la tierra, el uso actual del suelo y del agua y el estudio hidrológico de la zona de riego. La fuente de abastecimiento es el Río Usumacinta, cuyo sitio seleccionado para ubicar la obra de toma es el denominado "Las Mercedes".

Del estudio socioeconómico y de la situación actual respecto al uso actual del suelo y del agua, se desprende que la zona de estudio se caracteriza por tener un marcado porcentaje de propiedad ejidal y un acentuado minifundismo en propiedades particulares. La productividad agrícola es muy superior en las tierras que cuentan con riego respecto a las de temporal; además existe una tendencia de la población a abandonar la agricultura en busca de mayores ingresos. Por lo mencionado se puede decir, que mientras mayor sea el área beneficiada, mayores problemas socioeconómicos serán resueltos.

La superficie agrícola para el proyecto es de 51,146 hectáreas y las superficies por cultivo tanto de los ciclos Primavera-Verano como de Otoño-Invierno es de 83,000 hectáreas, más las 6,746 hectáreas de pastos cultivados y 2,000 hectáreas de cítricos dan un total de 91,746 hectáreas, obteniéndose con esta alternativa un coeficiente de intensidad de uso del suelo de 1.90.

La infraestructura que requiere el proyecto consiste fundamentalmente en un sistema de drenes controlados y en un sistema de riego por bombeo. El primero se planeó con base a la utilización de los cauces naturales, y el segundo aprovechando las aguas del Río Usumacinta.

El sistema de riego está basado en los siguientes aspectos:

- a) El sistema de distribución será preferentemente por gravedad y utilizando agua superficial bombeada del Río Usumacinta.
- b) Los canales y drenes del sistema se proyectarán sobre los linderos de las sociedades de producción real, que serán subsistemas de riego que funcionarán en forma independiente.
- c) Se tratará en todo momento de aprovechar la infraestructura hidroagrícola existente, como es el caso de diversos canales, que requerirán una adecuación para satisfacer las demandas del proyecto.
- d) El sistema de riego se plantea en cuatro módulos lo que facilita su desarrollo gradual.
- e) El sistema de drenaje se planeó en base a la utilización de los cauces naturales existentes, constituidos por los arroyos Salsipuedes, Del Este y una zona lagunar.
- f) Existen algunas pequeñas zonas altas, en donde será necesario el rebombeo, de los canales o de los pozos existentes, para garantizar la suficiencia de agua para una producción continua.
- g) Se diseñarán y promoverán sistemas de riego, controlados por las asociaciones de productores para que:

- Formulen los planes de riego.
- Fijen internamente las cuotas de cobro del agua.
- Realicen o contraten la operación y mantenimiento del sistema.
- Concerten las relaciones y trámites necesarios con la Comisión Nacional del Agua C.N.A., para el pago del agua.
- Administren los servicios complementarios que resulten necesarios.

Finalmente se realizó el anteproyecto en una superficie de 51,146 hectáreas, las cuales se incorporaron a la explotación agropecuaria bajo condiciones de riego, según las recomendaciones de los diferentes estudios básicos. Asimismo se efectuó la planeación de la misma, delimitando los terrenos regables, localizando y diseñando el canal principal, los canales secundarios, drenaje y estructuras en general requeridas.

4.2. Planeación de la red de distribución.

Para llevar a cabo el anteproyecto del sistema de riego de la zona de estudio se tomaron en cuenta diversos trabajos previos como son: topografía de la zona, tenencia de la tierra, tipo de suelo y su potencialidad en la producción de diferentes cultivos, la hidrología de la región, tipos de cultivos más adecuados y su requerimiento de agua, etc.

Una vez que se definió la distribución de cultivos en el área de proyecto se tuvo la planeación base para el desarrollo de los diseños de la infraestructura requerida.

La planeación de la zona de riego se realizó en base a los estudios básicos, lo cual permitió localizar y delimitar el área de la zona de riego. El canal principal dependió de la ubicación de la obra de toma, cuyo nivel del espejo de agua requerido en el inicio de dicho canal es de 18.630 m.s.n.m.; la obra de toma se localiza en el sitio denominado "Las Mercedes". Dentro de la zona de riego se usó como criterio fundamental el aprovechamiento al máximo de la topografía y la tenencia de la tierra; trazando los canales laterales, sublaterales, ramales y subramales por los parteaguas y utilizando linderos y caminos existentes en la medida que fue posible.

4.2.1. Trazo y proyecto del canal principal.

Para la localización del trazo del anteproyecto del canal principal, se partió de la elevación de salida que tendrá la obra de toma ubicada sobre el Río Usumacinta, en el sitio denominado "Las Mercedes". A partir de esta elevación se fue siguiendo un control de elevaciones de la plantilla y de la superficie libre del agua, tomando en consideración la pendiente del canal.

La zona del proyecto se divide en una parte alta en Tabasco y otra plana en Campeche-Tabasco. El canal principal se encuentra localizado en esta última zona, siguiendo el parteaguas natural de la misma, para propiciar el suministro de agua a las zonas de influencia. En algunos tramos y dado que el parteaguas no está claramente definido, el trazo del canal se llevó por los linderos de algunos predios tratando de respetar lo más posible la tenencia de la tierra.

La localización puede seguir dos criterios: según si el canal es de conducción o bien si es canal distribuidor.

Si el tramo en estudio corresponde a conducción, solamente se localiza de tal manera que la sección hidráulica del canal quede protegida en el terreno natural íntegramente.

En el caso de que el canal es alimentador de tomas granja y tomas laterales, ésta localización se hace de tal manera que la

superficie libre del agua en el canal principal quede arriba del terreno natural lo suficiente para que las tomas granja o canales laterales alimentados puedan regar inmediatamente de su salida.

En cada cruce con el drenaje natural se hace uso de los datos obtenidos en el proyecto de los drenes principales, los cuales se mencionan más adelante, con la finalidad de determinar que tipo de estructura conviene utilizar.

Se proyecta la rasante y perfil del agua con base en el registro del control de elevaciones, anotando todas las estructuras que llevará el canal principal como tomas, puentes, sifones, entradas de agua, caídas, rápidas, etc.

Cuando el canal no conduce su gasto de diseño es necesario elevar el nivel del agua mediante represas de manera de proporcionar la carga necesaria para que funcionen las tomas, sin invadir el bordo libre.

El desnivel entre la superficie libre del agua en el canal principal estando la represa cerrada y la elevación de la superficie libre del agua en el canal alimentado, debe ser como mínimo igual a la suma de pérdidas de carga en las estructuras de toma y aforadora para que satisfaga la condicionante de que la superficie libre del agua en el canal lateral esté como mínimo 30 cm. arriba del terreno natural. Por otro lado las normas establecen que para darle una mayor flexibilidad a la operación se sume a la pérdida de carga en la toma 0.25 del tirante del canal principal. El desnivel que se ha indicado es para que haya la posibilidad de abastecer a los canales a toda su capacidad, teniendo en el canal principal, tirantes inferiores al normal, lo que hace más flexible la operación del mismo.

Con objeto de tener una mejor operación y una menor conservación, se recomienda tener un desnivel entre la elevación de la plantilla del canal principal y la elevación de la plantilla de la toma del canal lateral, como máximo de 4/10 del tirante del canal principal y como mínimo, igual a 50 cm. Esta regla tiene por objeto evitar que las plantillas de las tomas de los canales laterales queden muy altas sobre la plantilla del canal principal, porque en ese caso no podría ser abastecido el canal lateral, cuando en el principal se tengan tirantes inferiores al normal. Se fija como mínimo el desnivel de 50 cm. entre la plantilla del canal principal y la plantilla de la toma del canal lateral, para preveer la posibilidad de que se depositen azolves.

Con base al perfil del terreno, se estudian las pendientes del canal que mejor se adapten al terreno natural, que asociados a los gastos necesarios obtenidos en las tablas de áreas-capacidades definirán la sección tipo en cada tramo del canal.

Cuando la pendiente longitudinal del terreno, es superior a la máxima adoptada para el canal, se hace necesario proyectar

rápidas o caídas para absorber el desnivel.

Las rápidas o caídas son estructuras que se utilizan para unir dos tramos del canal, situados a diferente nivel. Generalmente las caídas son estructuras verticales, utilizadas para unir pequeños desniveles y las rápidas son estructuras inclinadas usadas para desniveles mayores. Para la localización de las caídas deberán seguirse las siguientes reglas:

- a) Se procurará en todos los casos determinar la altura de la caída más económica, para que el costo total por metro lineal del canal, incluyendo las excavaciones, préstamos, costos de estas y de las represas adicionales que sean necesarias construir en su caso, sea el mínimo.
- b) La altura de las caídas se cierra a 1.00, 1.50, 2.00 y 2.50 m. máximo. Para mayores niveles se tendrá que hacer un estudio hidráulico más detallado del canal y la estructura.
- c) Las caídas o caídas-represas, deberán localizarse inmediatamente aguas abajo de las tomas, siempre que no haya otras circunstancias que se opongan a esta condición.
- d) La decisión de usar una rápida en lugar de tener una serie de caídas, se deberá basar en estudios hidráulicos y económicos de ambas alternativas.

Una vez definido el trazo y localización del canal principal se obtiene el perfil definido por el trazo, sobre el cual se efectuó el anteproyecto del canal, tomando en consideración su gráfica de áreas-capacidades para determinar la capacidad del canal en sus distintos tramos.

En el anexo se presentan los planos denominados "Planeación General (BU-CT-PG)" y "Proyecto del Canal Principal (BU-CT-PCP)", en los cuales se muestra la localización y el trazo (planta y perfil) de dicho canal.

4.2.2. Consideraciones generales para los canales secundarios.

Para la localización de los canales secundarios se consideró que la red óptima es la que aproveche al máximo la topografía existente. De esta forma, los canales se localizaron por los parteaguas de los lomeríos que se encuentran dentro de la zona de riego, para así dominar ambos lados.

En general el sistema de distribución (compuesto por canales laterales, sublaterales y ramales) se ubicó en función de la tenencia de la tierra y de la topografía, cuidando que su funcionamiento sea el adecuado para suministrar el agua a todos los predios.

La superficie de los lotes resultantes de esta planeación varía de 100 a 300 hectáreas y cada uno de ellos cuenta con una toma de agua y con un dren. En el anexo se presenta el plano denominado "Áreas por Regar (BU-CT-AR)", en este se presentan los lotes con su respectiva superficie y la red de distribución, correspondiendo una toma a cada lote.

En función de la lotificación se calculó para cada uno de los canales una tabla de áreas brutas y áreas netas; en las que se presenta el cadenamamiento donde se ubica la toma, la superficie bruta tributaria de cada toma, la superficie neta tributaria de ésta, la cual se obtiene de aplicar un factor de 0.95 a la primera, con el objeto de tomar en cuenta la superficie invadida por la infraestructura parcelaria y la superficie por regar, que es el acumulado de las superficies tributarias de cada toma, expresadas en hectáreas.

Asimismo se calculó la capacidad necesaria en cada tramo de canal afectando los valores de la superficie anteriores por el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.) en lts./seg./ha., el cual se calculó en el estudio hidrológico.

Con los valores de estas tablas se prepararon las gráficas de capacidad necesaria para cada canal, colocando en el eje de las abscisas el cadenamamiento de cada toma o salida de agua y en el eje de las ordenadas el gasto necesario en m³/seg.

Del análisis de las gráficas anteriores se estimó para cada tramo del canal, una capacidad adoptada, con objeto de mantener en el canal una sección de diseño uniforme, resultando unas nuevas gráficas de áreas-capacidades.

Con relación al control de elevaciones necesario para el diseño de los canales y en particular para determinar las elevaciones mínimas en el espejo del agua de cada uno de los canales se analizaron cada uno de los lotes por regar, determinando la elevación de las superficies libres de agua necesaria para que se domine toda el área de riego, definiendo primeramente la carga hidráulica en las tomas granja, y posteriormente la de los ramales, canales sublaterales y canales laterales.

La carga hidráulica en cada toma granja resulta de los pasos indicados a continuación:

- a) En cada lote se determinó la elevación A del terreno por regar en el punto o zona más crítica, que por lo general son las más alejadas de las tomas, a esa elevación se agregan 15 cm. para obtener la carga hidráulica mínima de riego en la zona crítica.
- b) Se consideraron dos casos:

1. Cuando la pendiente del terreno es mayor que 0.0001.
2. Cuando la pendiente del terreno es menor que 0.0001.

- CASO 1

La elevación B del agua al pie de la toma es igual a:

$$B = (ST * L) + 0.15$$

donde;

ST = Pendiente del Terreno.

L = Longitud de la regadera más larga.

- CASO 2

La elevación B del agua al pie de la toma es igual a:

$$B = (0.0001 * L) + 0.15$$

c) A la elevación B al pie de la toma se le agrega la diferencia de nivel que toma en cuenta todas las pérdidas de carga de la toma y del dispositivo de medición que se adopte; para estos canales se toma 0.25 m., dando como resultado la elevación C mínima del agua en el canal alimentador frente a la estructura de la toma granja.

En la figura 4.1. se ilustra la toma granja con sus respectivas elevaciones.

De esta manera se obtuvo el control de elevaciones necesario para el diseño de los canales.

Con las elevaciones obtenidas de esta forma y la longitud entre toma, se calculó la pendiente hidráulica en el canal, esta pendiente se limitó a valores no menores de $S=0.0001$. De esta forma se obtuvieron las elevaciones propuestas en cada una de las tomas granja o salidas laterales. Con las pendientes calculadas en el control de elevaciones y los gastos de capacidad adoptada, se propusieron secciones tipo, para el diseño de canales, utilizando la fórmula de Manning y la de continuidad:

$$V = (R^{2/3} * S^{1/2}) / n \quad \text{Ecuación de Manning.}$$

$$Q = A * V \quad \text{Ecuación de continuidad.}$$

donde;

V = Velocidad en m/seg.

Q = Gasto de diseño en $m^3/seg.$

R = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente longitudinal del canal.

n = Coeficiente de rugosidad.

A = Area hidráulica en $m^2.$

Para canales abiertos, la sección más comúnmente adoptada es la trapecial, tanto por su facilidad de construcción, de operación, limpieza y conservación, como de satisfacer la condición de capacidad. En la figura 4.2. se muestran los componentes de un canal de sección trapecial.

Con relación al revestimiento que llevarán los canales se estimó que todos los canales secundarios serán de tierra, los parámetros en estos canales se tomaron en base a las recomendaciones marcadas por la S.A.R.H. y al tipo de terreno de la zona, siendo estas las siguientes:

n = Coeficiente de seguridad = 0.030
K = Talud de los canales = 1.50

La velocidad permisible en canales excavados en tierra y sin revestir, depende de las características del material que forma la sección y la cantidad y calidad de los sedimentos acarreados por el agua.

El "Bureau of Reclamation", aconseja usar los siguientes valores para canales en condiciones normales:

Canal excavado en tierra	Velocidad Permisible (m/seg.)	
	Mínima.	Máxima.
Canales laterales pequeños	0.45	0.75
Canales principales	0.60	1.35

En los canales sin revestir, para prever la reducción del área hidráulica del canal por el depósito de azolves y el crecimiento de hierbas, se recomienda incrementar el coeficiente de rugosidad original de modo que proporcione un incremento del 10% al 20% del área adicional.

4.2.3. Diseño del canal principal.

CUADRO DE TOMAS Y GRAFICA AREAS-CAPACIDADES.

La capacidad del canal está regida por la demanda de agua que requieran los cultivos para su riego en la zona del proyecto. El volumen necesario está en función del área por regar y del gasto unitario obtenido en función de la ley de demandas. Para definir la capacidad de dicho canal, en sus diferentes tramos es necesario formar el cuadro de tomas y la gráfica de áreas-capacidades.

El cuadro de tomas se realiza una vez hecha la localización de las tomas laterales y tomas granja, determinada el área

dominada por cada toma, calculando el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.) y realizado el cadenamamiento a lo largo del canal principal.

Para llegar a la obtención de la capacidad del canal, se sigue el siguiente proceso:

Se ubica el cadenamamiento donde se localiza la toma; se anota el tipo de toma de que se trate ya sea toma lateral (T.L.), toma granja sencilla (T.G.), o toma granja doble (T.G.D.); se considera el área bruta que domina cada toma; se obtiene el área efectiva o neta que regará la toma, la cual se obtiene de multiplicar un factor de 0.95 al área bruta, esto es con el objeto de tomar en cuenta la superficie invadida por la infraestructura parcelaria, y la superficie por regar, que es el acumulado de las superficies tributarias de cada toma, expresado en hectáreas; por otro lado se contemplará el número de lotes por regar por cada toma. Para calcular la capacidad necesaria en cada tramo del canal se afecta los valores de la superficie acumulada por el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.) que le corresponde según el área por regar.

El valor de la superficie acumulada se obtiene al sumar las áreas netas de abajo hacia arriba. Por otro lado el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.) se afecta por las eficiencias tanto parcelaria como de conducción, dependiendo éstas del tipo de canal, es decir, si es revestido o bien sin revestir.

Es así como se llega a la capacidad necesaria del canal, estos cálculos se pueden visualizar en el cuadro 4.1.; Además en el anexo se presenta el plano denominado "Planeación General (BU-CT-PG)" en éste se ubica el canal principal con el cadenamamiento de las distintas tomas que se consideraron.

Con los valores del cuadro 4.1. se traza una gráfica de áreas-capacidades, colocando en el eje de las abcisas el cadenamamiento de cada toma y en el eje de las ordenadas la capacidad necesaria y el área por regar; en la figura 4.3. se muestra la gráfica de áreas-capacidades del canal principal. Esta gráfica nos indica en que tramos es necesario variar la capacidad del canal.

Del análisis de la gráfica de áreas-capacidades se estimó para cada tramo del canal, una capacidad adoptada, con el objeto de mantener en el canal una sección de diseño uniforme, la capacidad adoptada es un ajuste de la capacidad necesaria a múltiplos de 100 lts./seg., y está será la capacidad de diseño del canal principal. Resulta una nueva gráfica de áreas-capacidades la cual se ilustra en la misma figura 4.3. En el cuadro 4.1. se presentan los valores de la capacidad adoptada para cada tramo del canal.

DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL PRINCIPAL.

Para el diseño hidráulico del canal, se necesita contar con la capacidad de cada tramo del canal, ésta la obtenemos directamente del cuadro de tomas o bien de la gráfica áreas-capacidades. Con estas capacidades, del análisis del perfil del canal principal y las elevaciones por dominar del mismo, se procede al diseño hidráulico del canal o la elección de la sección tipo apropiada. Para el diseño del canal es esencial saber en que tipo de terreno va a ser alojado y definir el tipo de sección, así como si es necesario su revestimiento.

Las tomas son los puntos de control a los que se les deberá determinar la elevación de la superficie libre del agua necesaria para que dominen toda el área de riego para la cual se les proyectó. Se debe determinar primeramente la carga hidráulica en las tomas granja, posteriormente la de los sub-ramales, ramales, sub-laterales y laterales. Determinada la carga hidráulica mínima sobre el terreno en las tomas granja, se diseñan los canales partiendo de la última subdivisión (canales sub-ramales), hasta los canales laterales y determinar con esto la elevación de la superficie libre del agua mínima en el canal principal. En el cuadro 4.2. se presenta el control de elevaciones obtenido del canal principal.

Con la determinación del control de elevaciones se procede a realizar los siguientes pasos:

- Sobre el perfil del canal se dibuja la superficie libre del agua necesaria, determinada para cada toma.
- Se une esta superficie del agua entre tomas y se determina una pendiente hidráulica media.
- Con esta pendiente y con el gasto adoptado por tramos, se determina la sección del canal, obteniendo las dimensiones del mismo en cada tramo.

En general las secciones que deben adoptarse son las de máxima eficiencia en canales revestidos y las de mínima filtración en canales sin revestir.

Para definir la relación plantilla-tirante que deben de tener los canales en este caso, debemos de tener definidos:

1. Talud.
2. Tipo de revestimiento en caso de ser necesario.
3. Información completa de los suelos de la zona.

Condiciones a estudiar para fijar la relación b/d :

1. Sección de máxima eficiencia.
2. Problemas constructivos.
3. Mínima filtración.

En todos los casos en función del talud se determina la sección de máxima eficiencia que es aquella que nos da el radio hidráulico mínimo partiendo de éste se determina la relación plantilla-tirante que nos da la máxima eficiencia.

En canales con gastos muy grandes generalmente la relación plantilla-tirante de máxima eficiencia resultan plantillas muy chicas y esto origina que sean difíciles de construir por lo que en estos casos lo que generalmente se hace es fijar una dimensión mínima de plantilla que constructivamente pueda hacerse con el equipo de que se dispone.

Por esto la relación de máxima eficiencia se usa únicamente en canales de sección pequeña, tomando en cuenta sus limitaciones constructivas. Estas limitaciones constructivas originan que no puedan construirse canales con la relación plantilla-tirante de máxima eficiencia.

Por lo expuesto anteriormente la máxima eficiencia no rige en ciertos casos, considerando que se tienen gastos muy grandes, en tal caso se emplea otro criterio. Teniendo como datos el gasto y la pendiente se realiza el cálculo hidráulico de las secciones en los distintos tramos del canal, haciendo uso de las fórmulas de Manning y la de Continuidad:

$$V = (R^{(2/3)} * S^{(1/2)}) / n \quad \text{Ecuación de Manning.}$$

$$Q = A * V \quad \text{Ecuación de Continuidad.}$$

Para canales abiertos, la sección más comúnmente adoptada es la trapecial, tanto por su facilidad de construcción, de operación y conservación, como de satisfacer la condición de capacidad. En la figura 4.2. se muestra la composición de un canal de sección trapecial.

Si al obtener la sección para la capacidad adoptada, la velocidad resulta mayor que la permisible, se reduce la pendiente y se proyectan estructuras de caída para absorber el desnivel disponible.

Determinadas las secciones del canal en sus diversos tramos, se resta el tirante del mismo a la elevación de la superficie libre del agua y se obtiene la rasante del canal.

Además en el diseño del canal se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

-La velocidad mínima para que no haya depósitos de azolves en suspensión, será de 0.40 m/seg. para canales revestidos. En canales sin revestir, la velocidad mínima que no permite el crecimiento de la vegetación es de 0.75 m/seg.

-En todos los casos, la velocidad mínima que se adopte es de 0.60 m/seg., que no provoca depósito de azolves y en condiciones obligadas con aguas limpias hasta 0.30 m/seg.

-La velocidad permisible en canales excavados en tierra y sin revestir, depende de las características del material que forma la sección y la cantidad y calidad de los sedimentos acarreados por el agua. El "Bureau of Reclamation", cuenta con el siguiente rango de valores para el canal principal en condiciones normales:

Velocidades permisibles:

-Mínima 0.60 m/seg.
-Máxima 1.35 m/seg.

-La velocidad en canal revestido, depende del tipo de revestimiento, en el caso de este proyecto, dicho material de revestimiento es de concreto, la velocidad en condiciones normales es:

Velocidades permisibles:

-Mínima 1.00 m/seg.
-Máxima 2.50 ó 0.80Vc m/seg.

-El coeficiente de rugosidad en un canal cualquiera, representa la valuación de los factores que se oponen o tienden a retardar el escurrimiento. En este diseño los valores del coeficiente de rugosidad que se utilizaron son:

Canal revestido $n = 0.015$
Canal sin revestir $n = 0.030$

-El talud del canal a usar es:

Canal revestido $K = 1.00$
Canal sin revestir $K = 1.50$

-Determinada la sección hidráulica de cada uno de los tramos del canal se procede a fijar el bordo libre y ancho de la corona de los bordos. Existen un gran número de factores que influyen en la determinación del bordo libre y pueden resumirse en tres:

1. Tipo de canal.
2. Capacidad normal y posibilidad de aumento en la misma.
3. Velocidad y estabilidad horizontal, de la superficie libre del agua.

Los libres bordos de canales y en ancho de la corona para los bordos del canal con camino y sin camino recomendados son los siguientes y están en función del gasto:

LIBRE BORDO PARA CANALES REVESTIDOS DE CONCRETO.

GASTO (m ³ /seg)	ESPESOR (m)	BORDO LIBRE (m)	BERMA CON CAMINO (m)	BERMA SIN CAMINO (m)
1 - 2	0.05	0.25	4.00	2.50
2 - 3	0.06	0.25	4.00	2.50
3 - 4	0.06	0.30	4.00	2.50
4 - 10	0.07	0.30	4.00	2.50
10 - 20	0.08	0.35	4.00	2.50
20 - 40	0.10	0.40	6.00	3.00
40 - 60	0.10	0.50	6.00	4.00
60 -100	0.10	0.60	7.00	4.00

LIBRE BORDO PARA CANALES SIN REVESTIR

GASTO (m ³ /seg)	BORDO LIBRE (m)	BERMA CON CAMINO (m)	BERMA SIN CAMINO (m)
0 -0.5	0.35	4.00	1.50
0.5- 1	0.40	4.00	1.50
1 - 2	0.50	4.00	2.00
2 - 3	0.55	4.00	2.00
3 - 4	0.60	4.00	2.00
4 - 10	0.70	4.00	2.00
10 - 20	0.80	4.00	3.00
20 - 40	1.00	5.00	3.00
40 - 60	1.10	6.00	4.00
60 -100	1.20	7.00	4.00

Los parámetros que se utilizaron en este canal se tomaron en base a las recomendaciones marcadas por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos S.A.R.H., y al tipo de terreno de la zona.

En el cuadro 4.3. se proporcionan los datos obtenidos en el cálculo hidráulico en cada tramo del canal principal.

En el anexo se presenta el plano denominado "Proyecto del Canal Principal (BU-CT-PCP)", en dicho plano se ilustra el perfil con todos los datos de elevaciones de terreno, rasante, superficie libre del agua; la planta del canal donde se mencionan los cadenamientos donde se ubican las tomas laterales y tomas granja; la sección tipo del canal y el cuadro de datos hidráulicos en cada tramo del canal principal.

El canal principal es el único canal que llevará revestimiento de concreto con taludes de 1:1, en el tramo comprendido de la estación 0+000.00 a la estación 27+844.09, tramo a partir del cual se reduce el gasto transportado a 3.80 m³/seg., por lo que a partir de este cadenamiento el canal será de tierra cuyo talud será de 1.5:1. El canal tendrá su origen en la salida de la obra de toma en el sitio denominado "Las Mercedes" (Kilómetro 0+000.00), con una elevación de plantilla de 15.060 m. y una elevación de la superficie libre del agua igual a 18.630 m, con un gasto de conducción al inicio de 55.50 m³/seg.

4.2.4. Caminos de servicio.

Los caminos de servicio de la zona de riego constituyen una parte fundamental y necesaria, para lograr un eficiente funcionamiento de la zona de riego; ya que, de nada serviría contar con las mejores tierras cultivables, disponer del agua necesaria, etc., si no se cuenta con una red de caminos que permitan la fácil movilización de las cosechas, así como mantener en buen estado los canales. Es por esto que se debe prestar atención a la localización, construcción y conservación de la red de caminos, ya que de esto depende la vida de la zona de riego.

En el proyecto de una zona de riego, se pueden considerar dos tipos de caminos principales y un sistema general de caminos de acceso.

Los dos tipos de caminos principales que se localizan dentro de la zona de riego son:

-Caminos sobre los bordos de los canales de riego y drenes o caminos de operación.

-Caminos de acceso a obras especiales.

Los caminos que conforman el Sistema General de Caminos de Acceso no entran dentro del proyecto de la zona de riego, pero no se debe dejar de tomar en cuenta la importancia que tienen dentro de la planeación. La finalidad principal de ellos es la de comunicar la zona del proyecto con el o los centros de consumo, embarque o camino principal más cercanos a la zona de riego.

En general, con objeto de tener una operación y comunicación adecuada en el sistema de riego se proyectaron caminos de servicio ubicados junto a los canales de riego.

Estos caminos, además de permitir dar el mantenimiento a las estructuras, sirven para introducir maquinaria e insumos de riego y para la extracción del producto de la cosecha.

La localización de los caminos, así como la de los canales de riego y drenaje se presentan en el plano denominado "Planeación General (BU-CT-PG)" que se anexa en este trabajo.

4.3. Planeación de la red de drenaje.

En los sistemas de riego generalmente debe considerarse una eficiente red de drenaje para desalojar rápidamente el agua sobrante que pueda provenir de las lluvias y de los excedentes de riego.

La red de drenaje tiene como objetivo principal eliminar el agua sobrante, tanto superficial como del subsuelo, que afecta al buen desarrollo de las plantas. Las principales funciones del drenaje son las siguientes:

-Eliminar el agua superficial, principalmente el agua de lluvia, así como la de exceso de riego y desagüe de canales.

-Evitar la elevación del manto freático a niveles que afecten el desarrollo de los cultivos.

-Drenar zonas bajas o empantanadas para aprovecharlas en la agricultura.

-Desalojar el agua que escurre de la cuenca externa a la zona del proyecto y de los arroyos que atraviesan dicha zona. .

Para satisfacer las funciones antes mencionadas, el drenaje debe llenar las siguientes condiciones:

-Estar localizado hacia donde fluyen las aguas en forma natural.

-Tener la capacidad necesaria para eliminar las aguas que fluyen a él, principalmente las aguas de lluvias o avenidas de los arroyos que cruzan la zona del proyecto en un tiempo que no afecte a los cultivos.

-Disponer de un número suficiente de drenes, para poder absorber aparte de lo anotado en el punto anterior, las aportaciones que se derivan del drenaje parcelario y del exceso de riego.

En el caso del anteproyecto del Bajo Usumacinta, la topografía plana y la climatología de la zona, conducen a pensar que el proyecto de drenaje es fundamental para el buen funcionamiento del sistema de riego.

4.3.1. Drenaje natural de la zona de proyecto.

De acuerdo con la topografía, el drenaje natural de la zona se dividió en tres grandes cuencas:

-Cuenca del arroyo "Salsipuedes".

-Cuenca del arroyo "Del Este".

-Cuenca de la zona lagunar, al sur del área de estudio.

Las superficies de estas cuencas actualmente tienen la siguiente proporción:

CUENCA	SUPERFICIE (Ha.)
-Arroyo Salsipuedes.	28,888
-Arroyo Del Este.	12,258
-Zona Lagunar.	10,000
Total	51,146

Como parte de la planeación del sistema de drenaje de la zona del proyecto se pretende que las superficies de drenaje de las mencionadas cuencas estén más equilibradas, lo cual se puede conseguir, ya que originalmente gran parte de la actual cuenca del Arroyo "Salsipuedes" drenaba hacia el Arroyo "Del Este", hasta que se construyó la carretera Villahermosa-Escarcega. Por lo que para lograrlo se planea abrir la cuenca del arroyo "Salsipuedes" mediante un cruce tipo alcantarilla en esta carretera.

De esta forma las áreas correspondientes a cada cuenca de drenaje serán:

CUENCA	SUPERFICIE (Ha.)
-Arroyo Salsipuedes.	22,846
-Arroyo Del Este.	18,300
-Zona lagunar	10,000
Total	51,146

En el anexo se presenta el plano denominado "Planeación General (BU-CT-PG)", en el cual se manejan estos sistemas de drenaje como drenes principales.

4.3.2. Consideraciones generales para la red de drenaje.

El tipo de drenaje utilizado es el combinado ya que se aprovecharán los drenes naturales y además se propone la construcción de drenes artificiales. El drenaje artificial es superficial, es decir, sólo se consideran canales abiertos.

En general el sistema de drenaje que se proyecta queda constituido por canales a cielo abierto, que servirán para desagüe y drenaje. Se clasifican en tres tipos generales:

- Principales.
- Colectores.
- Secundarios.

El dren principal es aquel o aquellos que cruzan la zona y que generalmente lo constituye la corriente principal.

Los drenes colectores son los que van recogiendo las descargas de los drenes secundarios, éstos son los que se extienden a todos y cada uno de los lotes para dar salida al drenaje agrícola.

Para el diseño se consideran los siguientes aspectos:

LOCALIZACION.

La localización de los drenes obedeció a los siguientes criterios:

-Se aprovecharon los cauces naturales para alojar a los canales principales de drenaje.

-Se localizaron los drenes siguiendo los arroyos, thalwegs y bajos lo más posible.

-A partir de la determinación de las áreas de riego (Plano "Áreas por Regar (BU-CT-AR)" presentado en el anexo), se ubicaron los drenes procurando asegurar la descarga de cada una de estas áreas. Además se respetó al máximo posible los linderos de propiedad definidos por el estudio de tenencia de la tierra.

En el anexo se presenta el plano denominado "Planeación General (BU-CT-PG)" en él se ilustra la planeación de la red de drenaje.

DISEÑO DE CANALES DE DRENAJE.

Para la determinación de la capacidad de los drenes se utiliza para el análisis el Coeficiente Unitario de Drenaje (C.U.D.); el cual considera:

- La precipitación en la zona de estudio.
- El tamaño del área tributaria.
- La topografía del lugar.
- Las características del suelo.
- El tipo de vegetación.
- El grado de protección garantizada.

La determinación del Coeficiente Unitario de Drenaje (C.U.D.) se presenta en el estudio hidrológico de este trabajo con todas las consideraciones necesarias.

La sección hidráulica para fines de anteproyecto se estima trapecial con taludes de 1.5:1, salvo cuando los estudios geológicos indiquen que se pueden reducir éstos.

La capacidad de las secciones es función directa del área drenada multiplicada por el Coeficiente Unitario de Drenaje, ésta se proyecta para dar paso a las aguas de lluvia y a los excedentes y retornos de riego. Lo anterior considerando el caso de los canales de riego aún cuando las capacidades necesarias pueden tener una gran variación, se agrupan en secciones tipo dejando márgenes de seguridad.

Con los datos anteriormente obtenidos se hace una lista clasificando los drenes y se anota la sección adoptada para cada tramo de ellos.

Generalmente la mayor parte de los drenes secundarios son de capacidades pequeñas, y las disminuciones de su sección están supeditadas en funcionamiento del drenaje y a el procedimiento de construcción que se aplique.

En el anteproyecto de los drenes, se procura que la plantilla se apegue sensiblemente a la pendiente del terreno natural; salvo que está sea menor a la necesaria para el desarrollo.

El coeficiente de rugosidad recomendado está en un intervalo de $n = 0.030$ a 0.035 para el empleo de la fórmula de Manning, en drenes nuevos de sección trapecial.

En el diseño de drenes a cielo abierto es necesario adoptar velocidades que por un lado no produzcan erosión y pongan en peligro la estabilidad de la sección del dren, y que por otro lado no produzcan el azolvamiento de los mismos.

Por lo que respecta a las velocidades máximas permisibles, se ha observado que los valores siguientes han dado resultados satisfactorios en cada uno de los tipos de materiales indicados:

TIPO DE SUELO	VELOCIDAD MAXIMA (m/seg.)
-Arcilla.	1.20
-Limo arcilloso.	1.00
-Limo arenoso.	0.80
-Arenoso ligero.	0.40

En cuanto a la velocidad mínima que se recomienda adoptar para evitar azolvamiento excesivo en un dren, se propone el valor de 0.40 m/seg.

La velocidad de escurrimiento se determina a partir de la fórmula de Manning:

$$V = (R^{(2/3)} * S^{(1/2)}) / n$$

Donde;

V = Velocidad media en m/seg.

R = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente hidráulica.

n = Coeficiente de rugosidad, se usa $n=0.030$.

Los taludes de los cortes dependen del tipo de material a través del cual se excava el dren. Los taludes laterales deben ser mayores que el ángulo de reposo del material saturado, por lo menos hasta la altura del talud que quedará mojada cuando el dren esté funcionando. Arriba de la línea de saturación de los taludes, pueden ser iguales al ángulo de reposo del material seco. En los materiales en los que se excavan los drenes usualmente, los taludes laterales se conservan ordinariamente entre 1.50:1 y 2.00:1; pero en algunos materiales pueden ser mayores o menores, en cuyo caso debe fijarse un valor de acuerdo a los estudios de geotecnia que se realicen. El talud usado para fines de anteproyecto es de $K=1.50$ (tierra).

El ancho mínimo de plantilla en los drenes, será de 1.50 mts. para facilitar su conservación.

En la descarga, el desnivel mínimo entre la plantilla del dren aportador y el receptor deberá de ser de 0.60 mts.

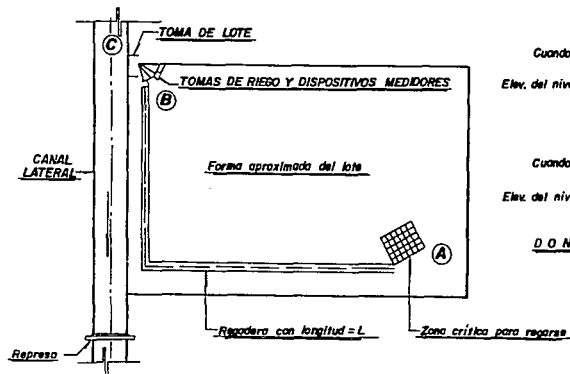
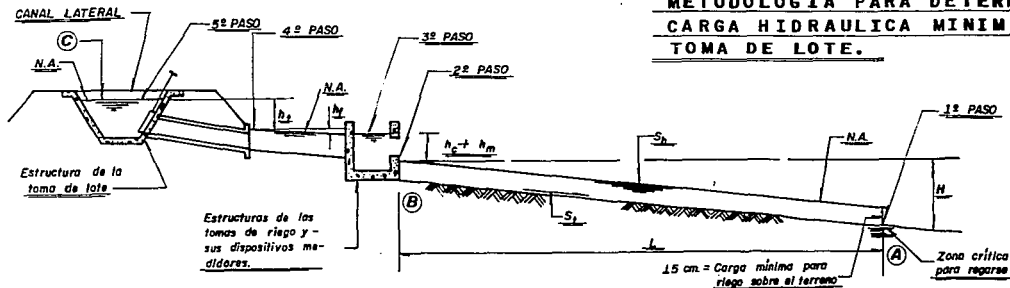
Además la capacidad de los drenes será suficiente para conducir el gasto producido por una lluvia con periodo de retorno de 5 años.

Los cambios de sección transversal obedecen a los cambios en la capacidad adoptada por cada uno de los drenes, determinada con las curvas áreas-capacidades.

El anteproyecto se realiza considerando drenes de tierra de secciones trapeciales con taludes de 1.50:1 modificándose o rectificando las secciones que actualmente se poseen.

En el anexo se presenta el plano denominado "Planeación General (BU-CT-PG)" en el cual se encuentra el sistema de drenes tanto principales como secundarios que se pretenden considerar en la zona de riego del Bajo Usumacinta.

FIGURA 4.1. ESQUEMA GENERAL QUE MUESTRA LA METODOLOGIA PARA DETERMINAR LA CARGA HIDRAULICA MINIMA EN LA TOMA DE LOTE.



FORMULA 1

Cuando $(S_h L - S_t L)$ es positivo.

$$\text{Elev. del nivel de agua (C)} = \text{Elev. A} + H + h_c + h_m + h_f + h_t$$

FORMULA 2

Cuando $(S_h L - S_t L)$ es negativo.

$$\text{Elev. del nivel de agua (C)} = \text{Elev. B} + 6\text{cm} + h_c + h_m + h_f + h_t$$

DONDE: S_t = Pendiente del terreno.

S_h = Pendiente hidráulica de la regadera.

$H = 15 \text{ cm} + (S_h L)$.

h_c = Pérdida de carga de la Toma de Riego.

h_m = Pérdida de carga para la Estructura Medidora.

h_f = Pérdida de carga de la Toma de lote.

h_t = Pérdida por fricción entre los dos Tomos.

A, B = Elevaciones del Terreno.

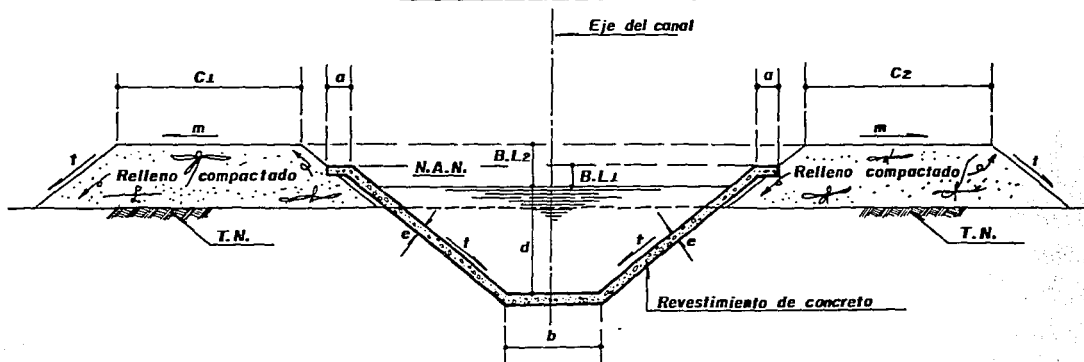
C = Nivel de agua en el Canal

NA = Nivel de agua.

NOTAS

1. La zona crítica (A) no es necesariamente la más baja del terreno.
2. Este esquema es general y los ajustes estarán de acuerdo a las condiciones de distribución y medición del agua específicas para cada proyecto. -Esto dependerá si la medición se hace en las tomas de riego, en la toma lote o en ambas partes, o si el dispositivo medidor está separado o incorporado a la estructura de toma respectiva.
3. La superficie del lote y de la parcela así como los sistemas de distribución y medición, a nivel de lote y parcela, deberán ser aprobados previamente al proyecto del Sistema de Riego.

FIGURA 4.2. COMPONENTES DE UN CANAL DE SECCION TRAPEZIAL
SECCION TIPO

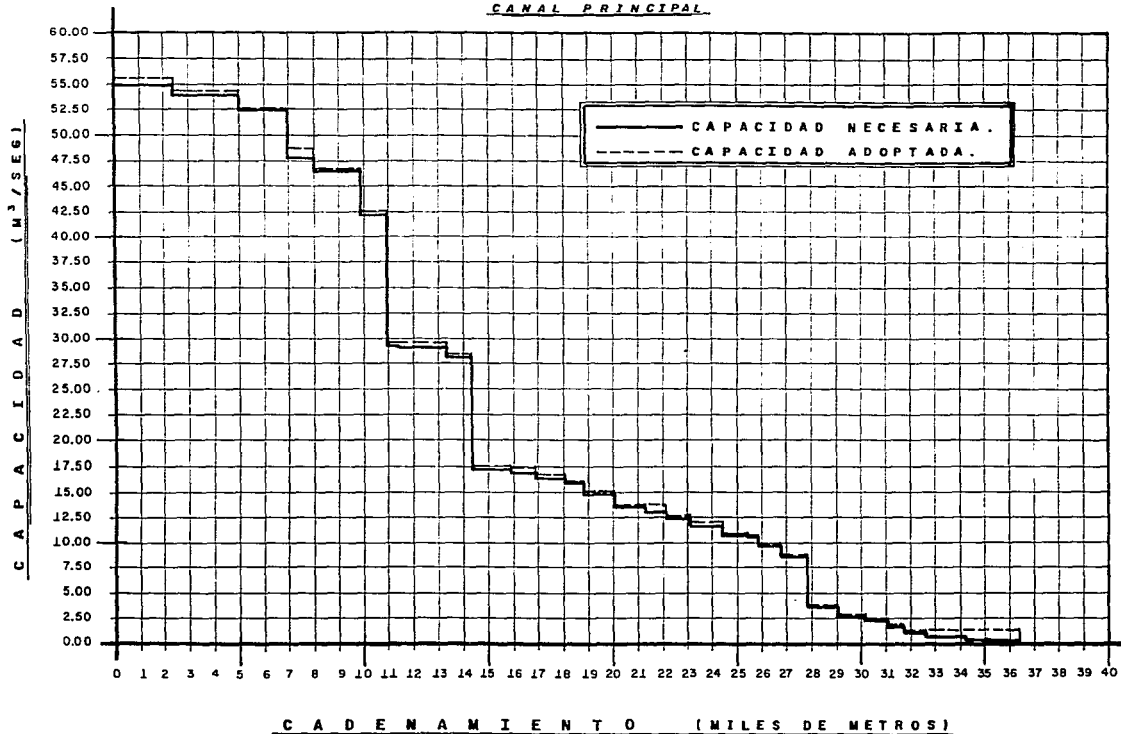


N O M E N C L A T U R A

- b = base del canal.
- d = tirante del agua.
- t = talud.
- B.L.1 = Bordo libre de la superficie libre del agua a la parte superior del revestimiento.
- B.L.2 = Bordo libre de la superficie libre del agua a la corona de los bordos.
- e = espesor del revestimiento de concreto.
- C_1 = Ancho del bordo de la margen izquierda.
- C_2 = Ancho del bordo de la margen derecha.
- m = pendiente del bordo.
- N.A.N. = Nivel del Agua Normal.
- T.N. = Terreno Natural.
- a = Ancho de banquetta del revestimiento.

FIGURA 4.3. CURVA AREAS-CAPACIDADES

CANAL PRINCIPAL



CUADRO 4.1. TOMAS Y TABLA DE AREAS-CAPACIDADES.

ESTACION	TIPO DE TOMA	AREAS (Ha.)		AREA POR REGAR (ACUMULADA) (Ha.)	COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO	NUMERO DE LOTES DOMINADOS	CAPACIDAD (m /seg.)	
		BRUTA	NETA				NECESARIA	ADOPTADA
2+365.29	T.L.I.	1699.96	1614.96	39,866.70	1.378	6	54.954	55.500
4+981.63	T.L.I.	836.26	794.45	38,251.74	1.406	5	53.800	54.200
4+981.63	T.L.D.	999.38	949.41	37,457.29	1.420	4	53.206	54.200
7+901.53	T.L.I.	5472.73	5199.09	36,507.88	1.435	48	52.397	52.400
8+008.25	T.G.	267.71	254.32	31,308.79	1.523	1	47.695	48.800
8+008.25	T.L.D.	1103.97	1048.77	31,054.47	1.528	3	47.447	48.800
9+786.42	T.L.I.	662.37	629.25	30,005.70	1.546	5	46.401	46.500
9+786.42	T.L.D.	3355.10	3187.35	29,376.45	1.558	28	45.754	46.500
10+915.61	T.L.D.	9834.72	9342.98	26,189.10	1.613	51	42.243	42.600
11+371.93	T.G.	89.04	84.59	16,846.12	1.732	1	29.171	29.200
13+322.66	T.G.	135.74	128.95	16,761.53	1.733	1	29.043	29.200
13+322.66	T.L.I.	433.47	411.80	16,632.58	1.734	2	28.848	29.200
14+387.65	T.L.I.	6938.16	6591.25	16,220.78	1.740	52	28.222	28.300
15+931.75	T.G.	140.69	133.66	9,629.53	1.793	2	17.270	17.500
16+927.16	T.G.	64.50	61.28	9,495.87	1.794	1	17.032	17.500
16+927.16	T.L.I.	302.08	286.98	9,434.59	1.794	2	16.923	17.500
18+056.88	T.L.I.	289.78	275.29	9,147.61	1.794	2	16.411	16.500
18+056.88	T.G.	46.81	44.47	8,872.32	1.794	1	15.920	16.500
18+702.36	T.L.I.	403.12	382.96	8,827.85	1.794	3	15.841	16.000
18+702.36	T.G.	127.08	120.73	8,444.89	1.795	1	15.157	16.000
20+023.77	T.L.I.	850.37	807.85	8,324.16	1.795	6	14.941	15.100

CUADRO 4.1. TOMAS Y TABLA DE AREAS-CAPACIDADES. (cont.)

ESTACION	TIPO DE TOMA	AREAS (Ha.)		AREA POR REGAR (ACUMULADA) (Ha.)	COEFICIENTE UNITARIO DE RIEGO	NUMERO DE LOTES DOMINADOS	CAPACIDAD (m /seg.)	
		BRUTA	NETA				NECESARIA	ADOPTADA
20+023.77	T.G.	56.44	53.62	7,516.31	1.796	1	13.498	15.100
21+277.78	T.G.	214.87	204.13	7,462.69	1.796	2	13.402	13.500
22+084.57	T.L.L.	252.08	239.48	7,258.56	1.796	2	13.037	13.500
22+084.57	T.G.	98.66	93.73	7,019.08	1.796	1	12.609	13.500
23+053.79	T.L.L.	338.23	321.32	6,925.35	1.797	2	12.442	12.700
23+053.79	T.G.	119.63	113.65	6,604.03	1.797	1	11.867	12.700
24+368.39	T.L.L.	413.52	392.84	6,490.38	1.797	3	11.663	12.200
24+368.39	T.G.	136.88	130.04	6,097.54	1.797	1	10.960	12.200
25+492.99	T.L.D.	127.83	121.44	5,967.50	1.798	2	10.727	10.800
25+753.44	T.L.L.	379.13	360.17	5,846.06	1.798	3	10.510	10.600
26+798.65	T.L.D.	179.10	170.15	5,485.89	1.798	3	9.864	9.900
26+798.65	T.L.L.	517.81	491.92	5,315.74	1.798	3	9.560	9.600
27+844.09	T.L.L.	3129.73	2973.24	4,823.82	1.799	29	8.678	8.700
29+004.63	T.L.D.	482.77	458.63	1,850.58	1.925	4	3.563	3.800
30+264.05	T.L.D.	286.57	272.24	1,391.85	1.954	4	2.719	3.200
31+009.65	T.L.D.	209.07	198.62	1,119.71	1.971	4	2.207	2.400
31+594.22	T.L.D.	287.21	272.85	921.09	1.983	4	1.827	1.900
32+662.74	T.L.D.	341.76	324.67	648.67	2.000	3	1.297	1.400
34+210.44	T.G.	120.27	114.26	323.57	2.021	1	0.654	1.400
35+251.98	T.G.	132.16	125.55	209.31	2.028	1	0.424	1.400
36+293.51	T.G.	88.17	83.76	83.76	2.036	1	0.171	1.400

CUADRO 4.2. CONTROL DE ELEVACIONES DEL CANAL PRINCIPAL.

ESTACION	DISTANCIA (m)	PENDIENTE	DELTA H (m)	TERRENO NATURAL	ELEVACIONES				NOTAS
					CANAL PRINCIPAL		TOMAS LATERALES		
					PLANTILLA	S.L.A.	PLANTILLA	S.L.A.	
0+000.00				14.948	15.060	18.630			
2+365.29	2365.29	0.000100	0.237	16.841	14.823	18.393	15.493	16.743	T.L.I.
4+981.63	2616.34	0.000100	0.261	16.031	14.562	18.132	15.789 16.422	16.809 17.612	T.L.I. T.L.D.
7+901.53	2919.90	0.000100	0.322	15.868	14.270	17.810	15.139	17.219	T.L.I.
8+008.25	106.72	0.000100	0.041	15.820	14.259	17.769	15.586	17.176	T.L.D.
9+786.42	1778.17	0.000100	0.178	15.592	14.081	17.591	14.695 14.581	16.135 17.071	T.L.I. T.L.D.
10+915.61	1129.19	0.000100	0.113	14.802	13.968	17.478	14.468	17.154	T.L.D.
13+322.66	2407.05	0.000100	0.390	14.243	13.727	17.088	14.227	15.087	T.L.I.
14+387.65	1064.99	0.000100	0.165	14.167	13.621	16.923	14.113	15.913	T.L.I.
16+927.16	2539.51	0.000210	1.527	14.539	13.088	15.396	13.657	14.527	T.L.I.
18+056.88	1129.72	0.000210	0.307	13.553	12.851	15.089	13.658	14.518	T.L.I.
18+702.36	645.48	0.000210	0.174	13.485	12.715	14.915	13.215	14.265	T.L.I.
20+023.77	1321.41	0.000210	0.350	13.421	12.438	14.565	12.935	14.099	T.L.I.
22+084.57	2060.80	0.000210	0.432	12.410	12.006	14.133	12.563	13.133	T.L.I.
23+053.79	969.22	0.000210	0.206	11.931	11.802	13.927	12.369	13.099	T.L.I.
24+368.39	1314.60	0.000210	0.327	11.381	11.526	13.600	12.026	12.836	T.L.I.
25+492.99	1124.60	0.000241	0.275	11.000	11.255	13.325	11.755	12.825	T.L.D.
25+753.44	260.45	0.000241	0.083	11.000	11.192	13.242	11.731	12.551	T.L.I.
26+798.65	1045.21	0.000241	0.328	10.758	10.940	12.914	11.440	12.294	T.L.D.
26+898.90	100.25	0.000241	0.098	10.701	10.916	12.816	11.418	12.078	T.L.I.
27+844.09	945.19	0.000241	0.268	10.872	10.688	12.548	11.188	11.974	T.L.I.
29+004.63	1160.54	0.000210	0.369	10.484	10.444	12.179	10.944	11.679	T.L.D.
30+264.05	1259.42	0.000210	0.279	10.417	10.180	11.900	10.680	11.386	T.L.D.
31+009.65	745.60	0.000210	0.312	10.472	10.023	11.588	10.523	11.080	T.L.D.
31+594.22	584.57	0.000210	0.287	10.131	9.900	11.301	10.400	10.801	T.L.D.
32+662.74	1068.52	0.000210	0.420	10.413	9.676	10.881	10.176	10.577	T.L.D.
36+293.51	3630.77	0.000210	0.981	10.000	8.914	9.900			

CUADRO 4.3. DATOS HIDRAULICOS DEL CANAL PRINCIPAL.

T R A M O		GASTO q m ³ /seg	VELOCIDAD v m/seg	AREA A m ²	RADIO HID. Rh. m	BASE b m	TIRANTE d m	BORDO LIBRE m	RUGOSIDAD n	TALUD t	PENDIENTE s	C2 m	C1 m
Del Km.	Al Km.												
0+000.00	2+365.29	55.50	1.189	46.660	2.381	9.50	3.570	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	6.00
2+365.29	4+981.63	54.20	1.184	45.767	2.366	9.25	3.570	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	6.00
4+981.63	7+901.53	52.40	1.180	44.392	2.335	9.00	3.540	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	6.00
7+901.53	8+008.25	48.80	1.158	42.155	2.288	8.50	3.510	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	6.00
8+008.25	9+786.42	46.50	1.151	40.400	2.253	8.00	3.510	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	4.00
9+786.42	10+915.61	42.60	1.128	37.768	2.199	7.25	3.510	0.50	0.015	1.000	0.000100	4.00	4.00
10+915.61	13+322.66	29.20	1.039	28.101	1.937	5.00	3.361	0.40	0.015	1.000	0.000100	3.00	6.00
13+322.66	14+387.65	28.30	1.032	27.413	1.912	5.00	3.302	0.40	0.015	1.000	0.000100	3.00	6.00
14+387.65	16+927.16	17.50	1.202	14.559	1.383	4.00	2.308	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
16+927.16	18+056.88	16.50	1.182	13.961	1.351	4.00	2.238	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
18+056.88	18+702.36	16.00	1.173	13.640	1.334	4.00	2.200	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
18+702.36	20+023.77	15.10	1.159	13.032	1.301	4.00	2.127	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
20+023.77	22+084.57	13.50	1.128	11.969	1.258	3.50	2.127	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00

CUADRO 4.3. DATOS HIDRAULICOS DEL CANAL PRINCIPAL. (cont.)

T R A M O		GASTO Q m ³ /seg	VELOCIDAD V m/seg	AREA A m ²	RADIO HID. Rh. m	BASE b m	TIRANTE d m	BORDO LIBRE m	RUGOSIDAD n	TALLD t	PENDIENTE s	C2 m	C1 m
Del Km.	Al Km.												
22+084.57	23+053.79	12.70	1.112	11.422	1.233	3.25	2.125	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
23+053.79	24+368.39	12.20	1.105	11.042	1.211	3.25	2.074	0.35	0.015	1.000	0.000210	2.50	4.00
24+368.39	25+492.99	10.80	1.142	9.460	1.132	2.50	2.070	0.35	0.015	1.000	0.000241	2.50	4.00
25+492.99	25+753.44	10.60	1.136	9.328	1.124	2.50	2.050	0.35	0.015	1.000	0.000241	2.50	4.00
25+753.44	26+798.65	9.90	1.121	8.832	1.093	2.50	1.974	0.30	0.015	1.000	0.000241	2.50	4.00
26+798.65	26+898.90	9.60	1.148	8.360	1.062	2.50	1.900	0.30	0.015	1.000	0.000241	2.50	4.00
26+898.90	27+844.09	8.70	1.073	8.110	1.045	2.50	1.860	0.30	0.015	1.000	0.000241	2.50	4.00
27+844.09	29+004.63	3.80	0.476	7.985	0.967	2.00	1.735	0.60	0.030	1.500	0.000210	2.00	4.00
29+004.63	30+264.05	3.20	0.456	7.018	0.911	1.50	1.720	0.60	0.030	1.500	0.000210	2.00	4.00
30+264.05	31+009.65	2.40	0.426	5.630	0.817	1.25	1.565	0.55	0.030	1.500	0.000210	2.00	2.00
31+009.65	31+594.22	1.90	0.405	4.695	0.745	1.25	1.401	0.50	0.030	1.500	0.000210	2.00	2.00
31+594.22	32+662.74	1.40	0.380	3.684	0.659	1.25	1.205	0.50	0.030	1.500	0.000210	2.00	2.00
32+662.74	36+293.51	0.80	0.327	2.444	0.537	1.00	0.986	0.40	0.030	1.500	0.000210	1.50	4.00

C O N C L U S I O N E S

La elaboración de un proyecto para la construcción de una zona de riego, analizado y visto desde los distintos ángulos, formado por las diversas disciplinas que participan en la ingeniería de obras de infraestructura hidráulica, pondrán en relieve la importancia y consistencia que deberá tener la base del diseño de una zona de riego, hasta la construcción y culminación con la operación eficiente y económica de la misma.

Los estudios que en un principio se podrán apoyar utilizando índices estadísticos y planos esquemáticos, se irán ajustando y precisando sucesivamente para obtener conclusiones que nos permitan llegar al desarrollo final del proyecto.

Después de los primeros intentos se tienen los puntos de apoyo para efectuar los levantamientos topográficos con la amplitud y detalles necesarios, así como los estudios preliminares como son hidrológicos, agroclimatológicos que aunados nos permiten visualizar las posibilidades de aprovechamiento hidráulico en sus aspectos de riego, generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua, etc. Con los estudios preliminares se puede llegar a la obtención de un estudio de Gran Visión, el cual señalará los aspectos que se aplicarán con más firmeza en los estudios de factibilidad técnica y económica, los que apoyados en proyectos de carácter preliminar o anteproyectos como es el caso de este trabajo, determinarán la justificación para elaborar el proyecto definitivo y finalmente la construcción y su funcionalidad.

Los levantamientos y estudios diversos que en su principio tienen el carácter de preliminares que nos permiten llegar al anteproyecto de la zona de riego, cubren los siguientes aspectos:

uso actual del suelo, topográficos, agrológicos y agronómicos, climatológicos, socioeconómicos, tenencia de la tierra y estudios que nos permiten determinar el impacto ambiental que traerá consigo la elaboración del proyecto.

A continuación se describe la finalidad de los estudios que son fundamentales para el buen desarrollo del anteproyecto, el cual marcará la pauta para la elaboración del proyecto definitivo.

a) Estudios y levantamientos topográficos.

Dependiendo de la etapa y el nivel de precisión de los estudios los levantamientos topográficos pueden llevarse a cabo por procedimientos terrestres o aéreos.

1. Levantamiento topográfico aéreo. Es aplicable de manera eficiente en la configuración de zonas vírgenes para fines de estudios preliminares y de Gran Visión.
2. Levantamiento topográfico terrestre. Es el procedimiento a seguir para la configuración topográfica a niveles de precisión necesaria para los estudios de planeación de zonas regables y localización de estructuras.

Generalmente, el levantamiento topográfico de una zona regable se efectúa aplicando el método de la plancheta, y en ocasiones, en combinación con la aerofotogrametría con controles terrestres, se obtiene la configuración del terreno a escala 1:5000 que es utilizado para mostrar los anteproyectos de las redes de canales de riego y de drenaje, así como la elaboración preliminar del canal principal.

Para el desarrollo de este anteproyecto se consideró la siguiente información topográfica:

La topografía de la zona de proyecto es en general plana, con elevaciones que varían de 16 m.s.n.m. a 9 m.s.n.m. Existe dentro del área comprendida del Estado de Tabasco una zona alta de aproximadamente 2,905 hectáreas, en la que se registra una elevación promedio de 20 m.s.n.m.; con elevaciones máximas de 25 m.s.n.m., y mínimas de 15 m.s.n.m. En general las pendientes topográficas de la zona se dan de sur a norte y varían de 0.020% a 0.040%.

b) Estudios agrológicos.

Los estudios y planos agrológicos contienen la información sobre el tipo de los suelos y su clasificación, profundidad, salinidad, áreas regables, niveles freáticos y piezométricos, etc. Además, definen los planes de cultivo de diseño, los programas de riego adecuados al mejor aprovechamiento del agua

disponible y otros aspectos. El objetivo de un estudio agrológico es caracterizar los suelos del área del proyecto desde el punto de vista físico, químico, morfológico e hidrodinámico, con el fin de clasificarlos y dar recomendaciones sobre su mejor uso y manejo en cada una de las clases de suelos detectados.

En general la mayoría de los suelos del área de estudio tienen limitada aptitud para ser utilizados en la explotación de cultivos comerciales bajo condiciones de riego (frijol, maíz, hortalizas, cítricos, soya, entre otros) pero existen condiciones óptimas para el cultivo del arroz, así como para el desarrollo de las actividades pecuarias.

En esta zona los suelos se han formado con los materiales transportados por los ríos, a través de procesos de sedimentación aluvial y coluvial. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente ácidos y textura pesada, así como desagüe superficial y permeabilidad lenta.

c) Estudio de programación agrícola.

El objetivo general de este estudio es elaborar la programación del patrón y estructura de los cultivos según las características agroclimáticas presentes en el área del proyecto, tomando en consideración los cultivos tradicionales de la región y los que son susceptibles de adaptación a las condiciones actuales.

La determinación de la estructura y patrón de cultivos, así como el tamaño de superficie factible a explotarse fue resultado de tres aspectos fundamentales: las recomendaciones de los estudios básicos, los resultados obtenidos del estudio de mercado y la experiencia, conocimiento e interés de los productores locales.

El patrón seleccionado se compone de once productos agrupados de la siguiente manera: Granos Básicos: arroz, maíz y frijol; Oleaginosas: soya; Hortalizas: chile, jitomate y sandía; Frutales: naranja y limón; Forrajes: sorgo y pastos.

La superficie del proyecto se definió en 53,365 hectáreas de las cuales 44,400 hectáreas se incorporaron a las actividades agrícolas bajo condiciones de riego, 6,746 hectáreas a la explotación ganadera y 2,219 hectáreas a otros usos.

d) Estudio hidrológico.

Con los diversos datos climatológicos que dan apoyo al estudio hidrológico, se tendrá la información necesaria de las avenidas probables en los cauces de los recursos superficiales disponibles y de los faltantes del agua. También se tendrá lo que se requiere para la determinación de los índices de escurrimiento que se

utilizan en el diseño de las redes de canales de drenaje.

Los objetivos de este estudio consisten en lo siguiente:

--Determinar los volúmenes de agua de lluvia en la zona de estudio y cuantificar la demanda de agua de los cultivos propuestos, a partir del modelo agua-planta-suelo, para definir las necesidades de agua que deberán ser tomadas en cuenta para el diseño del sistema hidroagrícola.

--Definir los volúmenes de agua a drenar mediante la determinación de un modelo de tormenta (curvas intensidad-duración-periodo de retorno) y la avenida de diseño que nos permita proyectar los drenes del sistema.

--Determinar el gasto y los niveles máximos y mínimos que se presentarán en las obras de abastecimiento, mediante un análisis, utilizando registros hidrométricos de los almacenamientos y corrientes superficiales de la zona.

El área del proyecto se localiza en la región hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta. Este sistema concentra el 27% de los recursos hídricos del país. El proyecto está comprendido en la cuenca del Río Usumacinta, cuya área drenada es de 113,284 km². La zona está surcada por corrientes de menor importancia en el sistema de drenaje del proyecto como son los arroyos Salsipuedes y Del Este.

Por otro lado aunque las precipitaciones en la zona del proyecto son abundantes, su irregularidad plantea la necesidad de asegurar los volúmenes de agua requeridos de acuerdo a las características del suelo y al patrón de cultivos propuesto, para proporcionar con oportunidad los riegos de auxilio necesarios. En la determinación de estos volúmenes de agua intervienen todos los factores relacionados con tres aspectos importantes: el, suelo, la planta y la lluvia de la zona. La combinación de estos elementos proporcionará las necesidades de agua en volumen, espacio y tiempo, con las cuales se podrán diseñar las secciones de los canales para conducirla a partir del llamado Coeficiente Unitario de Riego. Además para el diseño de los drenes se aplicó el Coeficiente Unitario de Drenaje, los gastos de diseño correspondieron a un periodo de retorno de 5 años con objeto de disminuir las dimensiones de los drenes.

Los diversos aspectos determinantes que pueden obtenerse de los estudios agroclimatológicos e hidrológicos para la planeación y proyecto definitivo de una zona regable, deberán cubrir los requerimientos hidráulicos para cumplir con los programas agropecuarios regionales y de ámbito nacional, no solamente actuales, sino también proyectados hacia el futuro en tiempo y superficie regable.

e) Estudio Socioeconómico.

Para establecer las prioridades en los proyectos de distritos de riego es necesario tener un concepto de los beneficios económicos y sociales que pueden esperarse.

Por lo general la búsqueda de una solución hacía un balance adecuado de inversiones económicas y de inversiones sociales, es más difícil mientras más limitados son los recursos del país. En estos casos es conveniente dar prioridad a aquellos programas que combinan los aspectos económicos y sociales, o sea programas de características económicas con metas sociales que al mismo tiempo tengan características sociales con metas más económicas. En terminos generales el aspecto técnico define el diseño y construcción de las obras, no solo con sólidos conocimientos, sino además para aplicar esos conocimientos a soluciones que se adapten al medio.

f) Impacto y control ambiental.

Los impactos al medio ambiente más predecibles se han clasificado en tres niveles de acuerdo a tres factores principales:

1) Incremento de la frontera agrícola. Este impacto se refiere al proceso de desmonte o desforestación que afecta grandes áreas aledañas e incluso lejanas de vegetación, las cuales contribuyen en forma importante a la producción primaria y tienen una gran importancia en la retención y estabilización de sedimentos, oxigenación de las aguas y transformación de nutrientes, además de servir de refugio a una diversa fauna silvestre, incluso de especies protegidas.

2) Impactos por la tecnología de riego. Este impacto se refiere al cambio hidrológico que por las necesidades de riego del proyecto modificará los niveles y volúmenes anuales y estacionales del agua.

3) Efectos del uso de insumos agrícolas (fertilizantes-plaguicidas).

De una u otra manera en estos impactos podemos resumir las consecuencias en el marco ambiental que traerá el proyecto. De acuerdo a estos impactos detectados se han dado recomendaciones para evitar un desequilibrio mayor en la zona a futuro, los cuales permitirán minimizar los efectos de la implantación del proyecto de riego del Bajo Usumacinta.

Finalmente para la elaboración del anteproyecto de los sistemas de riego y drenaje de la zona de estudio hubieron de tomarse en cuenta diversos estudios, los cuales ya fueron mencionados.

El anteproyecto consiste fundamentalmente en un sistema de drenes controlados y en un sistema de riego por bombeo. El primero fue planeado con base a la utilización de los cauces naturales existentes y el segundo aprovechando las aguas del río Usumacinta. La zona por regar es de 51,146 hectáreas, siendo la fuente de abastecimiento el río Usumacinta. A continuación se marcan las consideraciones realizadas en el anteproyecto:

La localización de los canales de riego se fundamentó principalmente en dos aspectos: la topografía y la tenencia de la tierra. En particular el canal principal dependió de la ubicación de la obra de toma en el Río Usumacinta, la cual se localiza en el sitio denominado "Las Mercedes". Por otro lado se tuvo el cuidado para que todos los predios fueran suministrados de agua. La superficie de los lotes resultantes de esta planeación varía de 100 a 300 hectáreas y cada uno de ellos cuenta con una toma de agua y con un dren de servicio.

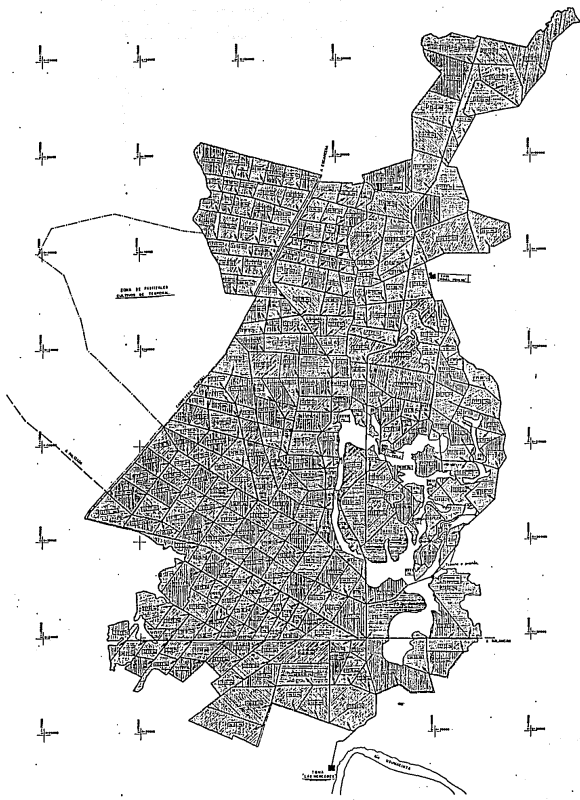
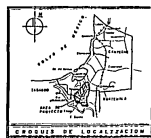
El criterio para ubicar los canales de drenaje fue aprovechar el drenaje natural existente, es decir, se tomaron como drenes principales los arroyos Salsipuedes y Del Este.

Los drenes secundarios se ubicaron considerando en forma combinada las características topográficas y de tenencia de la tierra de la zona, formando en conjunto con el drenaje principal un sistema que desaloja las aguas hacia la zona norte del proyecto.

Con objeto de poder tener una operación y comunicación adecuada en el sistema de riego se proyectaron caminos de servicio ubicados junto a los canales de riego. Estos caminos, además de permitir dar el mantenimiento a las estructuras, sirven para introducir maquinaria e insumos de riego y para la extracción del producto de la cosecha.

ANEXO DE PLANOS:

- 1 . AREAS POR REGAR .
- 2 . PLANEACION GENERAL .
- 3 . PROYECTO DEL CANAL
PRINCIPAL .



AREA DE PROTECCION
AL CANTON DE SANGOLI

- LEYENDA**
- LINEA DE PROTECCION
 - SANEAMIENTO POTABLE
 - CANAL DE AGUA
 - — — — — FERRIS
 - — — — — AREA PARA AGUA
 - FUENTE PARA AGUA

NOTAS GENERALES

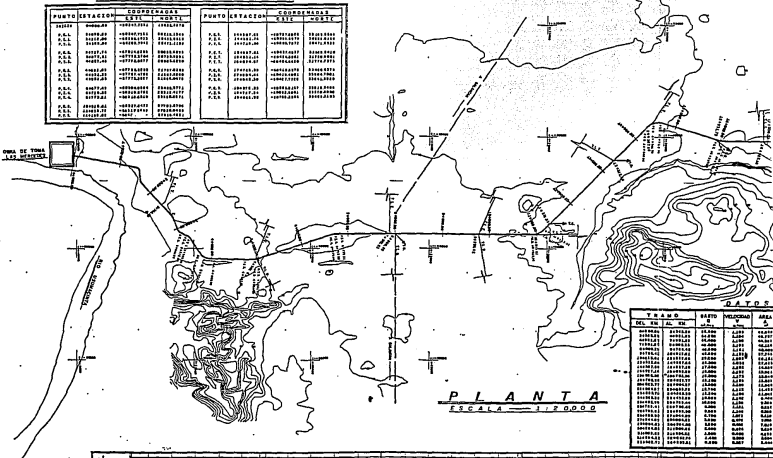
• EL DISTRITO DE COMERCIO QUISO EL PLANIFICACION POR LA COMUNA NACIONAL DEL AGUA.



MUNICIPIO DE SANGOLI	
DISTRITO DE COMERCIO	
CANTON DE SANGOLI	
PROVINCIA DE LOS RIOS	
REPUBLICA DEL ECUADOR	
ESTADO PLANO	
AÑO 1971	
Escala: 1:250,000	
Folio No. 1	

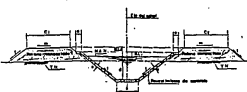
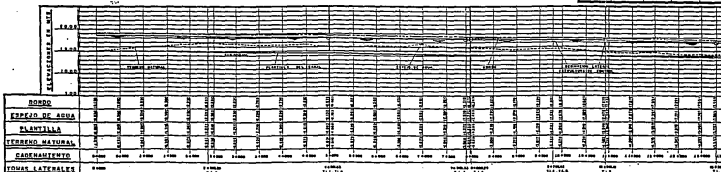
DATOS DE LAS CURVAS

PUNTO	LEYENDA	COORDENADAS		PUNTO	LEYENDA	COORDENADAS	
		ELE	ABST			ELE	ABST
P.A.	2000.00	10800.000	1000.000	P.A.	2000.00	10800.000	1000.000
P.A.	2010.00	10800.000	1000.000	P.A.	2010.00	10800.000	1000.000
P.A.	2020.00	10800.000	1000.000	P.A.	2020.00	10800.000	1000.000
P.A.	2030.00	10800.000	1000.000	P.A.	2030.00	10800.000	1000.000
P.A.	2040.00	10800.000	1000.000	P.A.	2040.00	10800.000	1000.000
P.A.	2050.00	10800.000	1000.000	P.A.	2050.00	10800.000	1000.000
P.A.	2060.00	10800.000	1000.000	P.A.	2060.00	10800.000	1000.000
P.A.	2070.00	10800.000	1000.000	P.A.	2070.00	10800.000	1000.000
P.A.	2080.00	10800.000	1000.000	P.A.	2080.00	10800.000	1000.000
P.A.	2090.00	10800.000	1000.000	P.A.	2090.00	10800.000	1000.000
P.A.	2100.00	10800.000	1000.000	P.A.	2100.00	10800.000	1000.000
P.A.	2110.00	10800.000	1000.000	P.A.	2110.00	10800.000	1000.000
P.A.	2120.00	10800.000	1000.000	P.A.	2120.00	10800.000	1000.000
P.A.	2130.00	10800.000	1000.000	P.A.	2130.00	10800.000	1000.000
P.A.	2140.00	10800.000	1000.000	P.A.	2140.00	10800.000	1000.000
P.A.	2150.00	10800.000	1000.000	P.A.	2150.00	10800.000	1000.000
P.A.	2160.00	10800.000	1000.000	P.A.	2160.00	10800.000	1000.000
P.A.	2170.00	10800.000	1000.000	P.A.	2170.00	10800.000	1000.000
P.A.	2180.00	10800.000	1000.000	P.A.	2180.00	10800.000	1000.000
P.A.	2190.00	10800.000	1000.000	P.A.	2190.00	10800.000	1000.000
P.A.	2200.00	10800.000	1000.000	P.A.	2200.00	10800.000	1000.000



DATOS

TRAMO	ESTO	DELIMITACION	AREA
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50



- CONVENCIONES**
1. Línea de terreno.
 2. Línea de cadernameo.
 3. Línea de agua.
 4. Línea de drenaje.
 5. Línea de drenaje de borde.
 6. Línea de drenaje de borde.
 7. Línea de drenaje de borde.
 8. Línea de drenaje de borde.
 9. Línea de drenaje de borde.
 10. Línea de drenaje de borde.
 11. Línea de drenaje de borde.
 12. Línea de drenaje de borde.
 13. Línea de drenaje de borde.
 14. Línea de drenaje de borde.
 15. Línea de drenaje de borde.
 16. Línea de drenaje de borde.
 17. Línea de drenaje de borde.
 18. Línea de drenaje de borde.
 19. Línea de drenaje de borde.
 20. Línea de drenaje de borde.

PERFIL
 ESCALAS:
 HORIZONTAL 1:20,000
 VERTICAL 1:200

- CONVENCIONES**
- 1. Línea de terreno.
 - 2. Línea de cadernameo.
 - 3. Línea de agua.
 - 4. Línea de drenaje.
 - 5. Línea de drenaje de borde.
 - 6. Línea de drenaje de borde.
 - 7. Línea de drenaje de borde.
 - 8. Línea de drenaje de borde.
 - 9. Línea de drenaje de borde.
 - 10. Línea de drenaje de borde.
 - 11. Línea de drenaje de borde.
 - 12. Línea de drenaje de borde.
 - 13. Línea de drenaje de borde.
 - 14. Línea de drenaje de borde.
 - 15. Línea de drenaje de borde.
 - 16. Línea de drenaje de borde.
 - 17. Línea de drenaje de borde.
 - 18. Línea de drenaje de borde.
 - 19. Línea de drenaje de borde.
 - 20. Línea de drenaje de borde.

SECCION TYP

B I B L I O G R A F I A

1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) - Comisión Nacional del Agua (C.N.A.); Proyecto Arrocero del Bajo Usumacinta, Estados de Campeche y Tabasco; Consultoría, Supervisión, Estudios y Proyectos, S.A. de C.V. (COSEPSA); México, D.F.; marzo de 1991.
2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), Dirección General de Obras Hidráulicas y de Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural; Prontuario de riego por gravedad; México, D.F.; 1982.
3. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica; Manual de drenaje de zonas tropicales; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; México, D.F.; 1986.
4. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), Departamento de Canales de la Dirección de Proyectos de Grande Irrigación; Proyectos de zonas de riego; México, D.F.; 1973.
5. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.); Recomendaciones para el diseño y revisión de estructuras para el control de avenidas; México, D.F.; 1978.
6. Francisco J. Aparicio Mijares; Fundamentos de hidrología de superficie; Editorial Limusa; México, D.F.; 1989.
7. Rolando Springall G.; Hidrología, primera parte; Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.; México, D.F.; 1970.
8. Gilberto Sotelo Avila; Apuntes de Hidráulica II; Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.; México, D.F.; 1989.
9. Victor L. Streeter; Mecánica de los fluidos; Editorial McGRAW-HILL; México, D.F.; 1990.
10. Francisco Torres Herrera; Obras Hidráulicas; Editorial Limusa; México, D.F.; 1987.