

24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA



**EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LOS
RECURSOS ACUÁTICOS DE UNA REGIÓN INDUSTRIAL
APLICANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

29/01/01

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

P R E S E N T A

VÍCTOR MANUEL HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA.



FEBRERO, 2001

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
SECRETARÍA DE ASISTENCIA ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RECONOCIMIENTOS.

Quiero agradecer a todas las personas que de alguna u otra forma han contribuido a la realización del trabajo de tesis.

Biol. Sergio Gasca A. Asesor de tesis y, sobre todo, compañero y amigo quien en todo momento me apoyo de forma incondicional, gracias por acertada dirección y consejos que se convirtieron en parte fundamental de la tesis.

Mta. Oralia Oropeza Orozco. Asesora de Tesis, quien desde un principio me brindo todo su apoyo y apporto comentarios siempre acertados, además de su infinita paciencia..

Mta Ma. Eugenia Villagómez H. Por dedicar parte de su valioso tiempo a la revisión de la tesis y por la objetividad de sus observaciones.

Lic. Gabriel Legorreta P. Por su atenta y oportuna revisión de la tesis y sobre todo por sus comentarios precisos, además, por la sencillez y objetividad al momento de revisar el documento.

Mto Alejandro D'Luna F. Parte fundamental en la revisión del documento, siempre oportuno y preciso en las observaciones y por los consejos aportados.

También quiero hacer un atento reconocimiento, a modo de agradecimiento, a todas las demás personas que hicieron posible la realización de la tesis.

Jaqueline Salazar. Gracias por tu infinita paciencia y con quien nunca me he dado la oportunidad de agradecerle todo lo que a hecho por mi.

A mis compañeras de trabajo Paty y Karina, excelentes personas que siempre me han brindado su invaluable amistad.

Al Instituto Mexicano del Petróleo, en especial a la gerencia de Control ambiental, por quienes tuve la oportunidad de recibir la beca para realizar la tesis brindándome valioso apoyo técnico y económico. Al Ing. Carlos Valdés, al Ing. Guillermo Calderón y al comité de Becas de la institución.

Y a todas aquellas personas que por motivo de espacio no puedo incluir dentro del texto pero que siempre tendrán mis más sinceros agradecimientos.

CON CARIÑO Y RESPETO.

Quiero dedicar la presente tesis, así como mi vida entera, a las dos personas que realmente merecen todo mi cariño y respeto ya que gracias a ellos he podido llegar a ser lo que soy: Mis padres, *Julia y Anselmo*, quienes en todas las etapas de mi vida han estado presentes, por el apoyo recibido y por el cariño que me han dado.

Un agradecimiento y reconocimiento muy especial a todos y cada uno de mis hermanos quienes también han sido parte esencial de mi vida, gracias por todos sus consejos y regaños oportunos, gracias por esos momentos inolvidables que he pasado a su lado y sobre todo, muchas gracias por su apoyo incondicional.

No podría dejar de mencionar a las personas que de alguna forma u otra se encuentran presentes en mi vida. Mis sobrinos (a los nueve) que en todo momento me han apoyado y soportado.

A mis grandes amigos, con los que he disfrutado algunos de los mejores momentos de mi vida y me han enseñado el verdadero significado de la amistad. En primer lugar a mis grandes cuatachos, amigos de la infancia y quienes me han enseñado el verdadero significado de la amistad. En segundo lugar, pero no menos importantes, a los grandes compañeros de la universidad. También a ti, mi gran AMIGA inseparable de toda la vida.

RELACION DE CUADROS.

| <i>N. de cuadro</i> | <i>Nombre del cuadro.</i> | <i>Pagina</i> |
|---------------------|---|---------------|
| Cuadro 1.1 | Municipios del área de estudio. | 8 |
| Cuadro 1.2 | Regiones hidrológicas que limitan con la zona de estudio. | 9 |
| Cuadro 1.3 | Población migrante. | 25 |
| Cuadro 1.4 | Distribución de la población. | 25 |
| Cuadro 1.5 | Población económicamente activa por rama de actividad 1970. | 28 |
| Cuadro 1.6 | Cuestiones que debe resolver un SIG | 33 |
| Cuadro 1.7 | Tabla relacional de la topología de la fig. 1.B | 39 |
| Cuadro 1.8 | Ejemplo de la estructura de una base de datos relacional. | 40 |
| Cuadro 2.1 | Porcentaje de descarga de las industrias de la zona de estudio. | 44 |
| Cuadro 2.2 | Relación de empresas fabricantes de fertilizantes. | 48 |
| Cuadro 2.3 | Empresas productoras de gases químicos. | 49 |
| Cuadro 2.4 | Empresas productoras de fibras sintéticas. | 49 |
| Cuadro 2.5 | Industrias de productos adhesivos. | 50 |
| Cuadro 2.6 | Industrias del grupo <i>otros productos</i> . | 50 |
| Cuadro 2.7 | Industrias extractivas. | 51 |
| Cuadro 2.8 | Agroindustrias. | 52 |
| Cuadro 2.9 | Clasificación de las fuentes de contaminación de acuerdo al nivel de descarga de agua residual. | 53 |
| Cuadro 2.10 | Distribución de los volúmenes de descarga municipal. | 54 |
| Cuadro 2.11 | Industrias del municipio de Coatzacoalcos y calificación por niveles de descarga. | 55 |
| Cuadro 2.12 | Industrias del municipio de Minatitlán y calificación por niveles de descarga. | 55 |
| Cuadro 2.13 | Industrias del municipio de Cosoleacaque y calificación por nivel de descarga. | 56 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Cuadro 2.14 | Industrias del municipio de Ixhuatlán del sureste y Calificación por nivel de descarga. | 57 |
| Cuadro 2.15 | Norma oficial mexicana de calidad del agua NOM-001-ecol-1996 | 63 |
| Cuadro 2.16 | Criterio ecológico de calidad del agua. CE-CCA-001/89 | 64 |
| Cuadro 3.1 | Valores de la evaluación del grado de deterioro. | 75 |
| Cuadro 3.2 | Clasificación de los volúmenes de descarga. | 75 |
| Cuadro 3.3 | Calificación de volumen de descarga que recibe cada cuerpo de agua. | 76 |
| Cuadro 3.4 | Clasificación de los parámetros de contaminación. | 77 |
| Cuadro 3.5 | Valores del grado de deterioro de los cuerpos de agua de acuerdo a los parámetros de contaminación | 77 |
| Cuadro 3.6 | Evaluación final del grado de deterioro de los cuerpos de agua. | 78 |

RELACIÓN DE FIGURAS

| N. de figura | Nombre de la figura. | Pagina. |
|--------------|---|---------|
| Figura 1.A | Estructura de Pc Arc/Info. | 38 |
| Figura 1.B | Ejemplo de Topología. | 39 |
| Figura 2.A | Volumen de descarga por municipio. | 53 |
| Figura 2.B | Porcentajes de descarga residual de tipo industrial en el municipio de Coatzacoalcos. | 54 |
| Figura 2.C | Porcentajes de descarga residual de tipo industrial en el municipio de Minatitlán | 56 |
| Figura 2.D | Porcentajes de descarga residual de tipo industrial en el municipio de Cosoleacaque. | 57 |
| Figura 2.E | Porcentajes de descarga residual de tipo industrial en el municipio de Ixhuatlán del sureste. | 57 |

RELACIÓN DE MAPAS

| N. de mapa | Nombre | Pagina. |
|------------|--|---------|
| Mapa 1.1 | Zona de estudio | 8-bis |
| Mapa 1.2 | Regiones hidrológicas. | 9-bis |
| Mapa 1.3 | Crecimiento urbano. | 24-bis |
| Mapa 2.1 | Fuentes de contaminación de la industria petrolera. | 45-bis |
| Mapa 2.2 | Fuentes de contaminación de la industria química. | 48-bis |
| Mapa 2.3 | Fuentes de contaminación de la industria extractiva y agroindustrial. | 55-bis |
| Mapa 3.1 | Tipos de descarga. | 70-bis |
| Mapa 3.2 | Calificación de los cuerpos de agua por volumen de descarga recibidos. | 78-bis |
| Mapa 3.3 | Evaluación del grado de deterioro. | 80-bis |

I INTRODUCCION

La zona de estudio que compete a la presente tesis se localiza en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz y se caracteriza por ser, en su medio físico, una extensa zona de tierras bajas donde el recurso agua es el elemento primordial en el sistema ecológico ya que es parte fundamental en la conformación de la fisiografía regional debido a la presencia de ambiente acuáticos tales como pantanos, zonas de inundación, lagunas costeras, estuarios, vegetación hidrófila, etc.

En este sistema ecológico la acción combinada de las aguas dulces del sistema fluvial, del agua de las intensas precipitaciones pluviales y de las oceánicas, establecen un patrón específico de flujos de energía y materia dentro del ecosistema, donde el agua regula la vida del sistema costero, constituye la liga esencial entre sus elementos marinos y terrestres, transporta los nutrientes y materiales a través de sus diferentes componentes, impulsa el plancton, controla la salinidad, transporta sedimentos y muchas otras tareas necesarias para el sostén de la vida.^a

Por otro lado en esta misma zona se encuentra establecido uno de los mayores centros industriales del país, formado por importantes industrias petroleras (que ha sido desde el inicio el centro regidor del crecimiento y evolución de la región), industrias químicas, extractivas y agroindustrias, además de ciudades como Coatzacoalcos y Minatitlán, que son grandes centros urbanos que presentan acelerados niveles de crecimiento.

El corredor industrial Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque (C-M-C) a originado una serie de contradicciones entre el desarrollo industrial, la fragilidad ecológica y el entorno social de la zona ya que la generación de desechos industriales, aunado con los desechos urbanos, son descargados sobre los cuerpos de agua que afectan de forma negativa al ecosistema de la zona de estudio.

Las áreas naturales como ríos, estuarios, lagunas, etc. además de la biota de cada lugar, se han visto seriamente afectados por los desechos generados en las plantas industriales, principalmente químicos y solventes, ocasionando severos trastornos al ecosistema en general.

De igual forma, la problemática se ha manifestado en el crecimiento urbano acelerado y sin planeación (de 1960 a 1980 la población en general se sextuplicó^b). La región se convirtió en un fuerte centro de atracción de inmigrantes, tanto de otros sitios del país como de la población rural de la zona, quienes al ser expulsados de sus lugares de origen por los violentos procesos de ganaderización que experimenta el agro veracruzano^c se ven en la necesidad de buscar empleos fuera de sus lugares de origen.

El crecimiento de la mancha urbana se da sobre sitios de importancia ecológica como estuarios, márgenes de los ríos, dunas costeras, etc. que alteran directamente al entorno ecológico de la cuenca del río Coatzacoalcos.

^a Toledo, A. 1983. Petróleo y ecología en el sureste de México.

^b Toledo, Alejandro. 1988. Energía, ambiente y desarrollo.

^c Ochoa S. Armando. 1973. Estudio de la contaminación en el bajo río Coatzacoalcos.

Para detener y enfrentar toda esta problemática es necesario la realización de estudios serios sobre el impacto ambiental que está ocurriendo en la zona y dar con ello bases sólidas para emprender acciones efectivas por parte de las autoridades correspondientes.

Dichos estudios demandan cada vez más de personal altamente capacitado y especializado, además de la utilización de herramientas que facilitan y optimizan el manejo de la información para poder obtener resultados que lleven a la acertada toma de decisiones.

Dentro de los estudios de carácter ambiental una de las herramientas de mayor utilidad son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que por ser un sistema de cómputo realiza un mayor procesamiento y almacenamiento de la información, con una probabilidad de error menor, permite la obtención de resultados concretos y rápidos, con la finalidad de resolver problemas y contestar las preguntas de forma inmediata.

Este tipo de sistemas de cómputo tiene la ventaja de manejar datos georeferenciados, es decir, con un sistema de coordenadas terrestres, que facilita la localización, dimensión y ubicación de datos, lo que permite realizar un análisis espacial detallado. Este hecho, el de representar y analizar información espacial, es lo que diferencia básicamente a los SIG de otros sistemas de información.

Por otro lado, los resultados se pueden plasmar en forma cartográfica, es decir, en mapas, lo que facilita la presentación de conclusiones y propuestas de los estudios realizados.

El presente estudio de tesis forma parte *del Programa de formación y desarrollo del factor humano* del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el cual tiene como objetivo el brindar apoyo técnico y económico a profesionistas de diferentes especialidades para realizar el trabajo final de titulación.

De la misma forma, la temática de la tesis surge a partir del proyecto "Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, desarrollado por el IMP con la colaboración de instituciones como el Colegio de Posgraduados de Jalapa, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y la empresa PLADEIRA (empresa particular de consultoría ambiental), documento del cual se tomaron datos y cifras vitales para la elaboración de la tesis.

OBJETIVOS.

El objetivo principal de la tesis es la "aplicación de un sistema de información geográfica para realizar la evaluación del grado de deterioro ambiental de los cuerpos de agua naturales en una región industrial" específicamente del Complejo Portuario Industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque.

Es necesario especificar que no se realizara el estudio de la contaminación del agua en sí, más bien es de utilizar, como ejemplo, los resultados obtenidos en el ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos para realizar la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua utilizando un SIG.

Para alcanzar el objetivo principal se plantearon dos objetivos particulares que son:

- Identificar las fuentes que generan aguas residuales que son descargadas a los cuerpos de agua de la zona de estudio, los volúmenes de descarga de cada una y los cuerpos de agua donde vierten sus desechos.
- Aplicar un SIG como herramienta que permita realizar la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua, mediante la elaboración y estructuración de bases de datos y la presentación los resultados se verá plasmada en forma cartográfica.

Se considera como hipótesis que la determinación del grado de contaminación de los recursos acuáticos se facilita y optimiza con el uso de un SIG, por tal motivo la utilización de esta herramienta apoya la comprensión del grado de contaminación del agua y es un auxiliar en el diseño de estrategias de mitigación tendientes a reducir los efectos negativos de dicho fenómeno.

Con el desarrollo de la hipótesis se pretende demostrar las ventajas que presenta la utilización de un SIG en estudios del medio físico en general o en el caso específico, estudios ambientales, debido a que es una herramienta sumamente útil en el manejo, almacenamiento y procesamiento de la información.

La tesis se encuentra estructurada en tres capítulos, dentro de los cuales se tocan los puntos considerados como necesarios para cumplir con los objetivos anteriormente especificados.

En el capítulo I Zona de estudio y sistemas de información geográfica se tratan los aspectos más relevantes para comprender la situación actual de la zona, tales como:

- Medio Físico, hidrografía, geología, clima, suelos y vegetación, que son los aspectos naturales que mayor influencia tienen en la región y en donde los efectos negativos de la contaminación se encuentran presentes.
- Históricos, dividido en dos periodos: pre-industrial e Industrial, que permiten visualizar todos los cambios o diferencias que existen entre los periodos a partir del establecimiento de la actividad industrial.
- Socioeconómico, con aspectos como crecimiento acelerado de la población a partir del establecimiento de las industrias, los efectos de la migración, la estructura de la población y las características económicas más sobresalientes.
- Por último una breve introducción sobre los SIG, desde sus orígenes hasta la aplicación específica a la tesis y en especial al programa Arc / Info que fue la herramienta utilizada.

En el capítulo II análisis de los contaminantes del agua, se realizó un análisis de los contaminantes del agua donde se especifican los diferentes tipos de aguas residuales de acuerdo a la procedencia y se hace una descripción de las fuentes generadoras de agua residual y el volumen de descarga de cada fuente.

También se dan las características físicas, químicas y biológicas más comunes de las aguas residuales, así como los parámetros indicativos para poder determinar el nivel de contaminación orgánica del agua, todo esto con la finalidad de poder comprender más a fondo cuándo a un agua se le considera contaminada, su nivel de contaminación y los posibles efectos que pueden tener sobre el medio físico.

En el capítulo III análisis con el SIG se identifican los cuerpos de agua que reciben agua residual, cantidades o calificaciones y orígenes. Con lo anterior se estructuraron las bases de datos que fueron introducidos al SIG con el cual se realizó la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua de la región, presentando los resultados en forma cartográfica.

La evaluación consta básicamente de tres partes.

- Clasificación de los cuerpos de agua por volúmenes de descarga recibidos, obtenidos en función a los volúmenes totales de descarga residuales que reciben.
- Identificación de los sitios o cuerpos de agua en los que predomina un tipo de descarga en particular, ya sea de la industria petrolera, química, extractiva o agroindustrial, así como municipal y las principales problemáticas que esto ocasiona.
- Comparación de los parámetros obtenidos en el estudio de contaminación realizados en el Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, con los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas.

En el capítulo III el SIG cobró importancia dado que, además de permitir un análisis más rápido de los datos, permitió obtener calificaciones específicas del grado de deterioro ambiental de cada cuerpo de agua en cuestión, además de presentar los resultados en forma cartográfica con lo que se cumplió el objetivo principal de la tesis.

Por último se incluye un anexo donde se encuentra la base de datos utilizada para realizar la evaluación de los cuerpos de agua.

Los mapas donde se plasmaron los resultados de la tesis son a escala 1:150 000, excepto el de cuentas hidrológicas (mapa 1.2) que esta a escala 1 : 2 500 000.

II METODOLOGIA.

La metodología es un elemento básico en cualquier trabajo de investigación ya que es la definición de pasos o procesos a seguir para alcanzar los objetivos planteados, por lo que la determinación de una metodología es indispensable desde el momento mismo del planteamiento de los objetivos a alcanzar.

La metodología se basa fundamentalmente en tres aspectos, los cuales fueron tratados a lo largo de la realización de la tesis.

Recopilación de Información.

Como se menciona anteriormente, del documento "Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos" se tomó información referente a las fuentes generadoras de agua residual con sus respectivas localizaciones, los volúmenes y cuerpos hacia donde descargan y algunos parámetros indicativos de la calidad del agua, mientras que el resto de la información se obtuvo de diversas bibliotecas y páginas de internet.

Los muestreos para determinar los parámetros de contaminación de los cuerpos de agua de la zona de estudio fueron tomados entre el 17 y 21 de marzo de 1996, mismos que se analizaron en los laboratorios del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Análisis de la información.

Para poder realizar el análisis espacial de la zona de estudio y la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua, utilizando un SIG, fue necesario elaborar dos bases de datos que contuvieran toda la información necesaria para tal fin.

La primer base de datos se estructuró teniendo como campo temático principal a las fuentes de descarga de agua residual y como variables temáticas al tipo de fuente (municipal o industrial), cuerpos de agua hacia donde descargan los desechos y la calificación del volumen de descarga, su objetivo es determinar zonas o sitios donde predominan ciertos tipos de descargas y las problemáticas que esto puede acarrear.

La segunda base de datos contiene información en particular de cada cuerpo receptor de agua residual, por lo que el campo temático principal es "cuerpos de agua" y las variables son volumen total de descarga que reciben, tipo de fuente que predomina en las descargas que recibe y parámetros de contaminación del agua utilizados en la presente tesis.

La evaluación se realizó en tres partes, que se refieren a la identificación de los tipos y cantidades de descargas que recibe cada cuerpo de agua, a la localización de zonas o sitios donde se descargan mayores cantidades de aguas residuales por tipo de fuente y al análisis de los parámetros de contaminación que presenta cada cuerpo de agua.

Por ultimo, la determinación final del grado de deterioro de los cuerpos de agua se realizó de la siguiente manera. En primer lugar, en cada uno de los tres pasos anteriores, los resultados obtenidos se dividieron en cinco grupos diferentes, los cuales corresponden a calificaciones que van desde muy altos hasta muy bajos, según sea el caso, de esta forma al concluir las etapas de la evaluación se obtuvieron tres calificaciones diferentes en cada cuerpo de agua.

Con estos tres valores que presentaron los cuerpos en estudio, se obtuvo uno final que es la evaluación definitiva del grado de deterioro de los cuerpos de agua.

Presentación de Resultados.

La presentación de los resultados se realizó dentro capitulo III que es básicamente la interpretación de los mapas que se originaron durante el proceso de análisis de la información, por lo tanto, los resultados serán presentados en dos formas, escrita y cartográfica (mapas, resultado del análisis de la información).

CAPITULO I ZONA DE ESTUDIO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.

Al realizar la investigación de un espacio determinado, es necesaria una explicación detallada de todos los fenómenos ahí presentes, con la finalidad de dar un panorama amplio de todo lo que le rodea y conocer las principales características que dan el carácter de único al espacio en cuestión.

Tomando en cuenta el tema principal del presente estudio, que se refiere a la aplicación de un sistema de información geográfica al análisis de la contaminación por descargas de aguas residuales sobre cuerpos de agua naturales en una región industrial, se considera necesario el tratar los elementos, tanto de medio físico como del social y económico, que se relacionen con la problemática del lugar o donde la contaminación ha tenido las mayores repercusiones.

Por tal motivo, en el capítulo uno se da una breve explicación de los hechos o fenómenos presentes en la cuenca baja del río Coatzacoalcos dividiéndose en dos temas, que se refieren al medio físico (hidrología, geología, clima, suelos y vegetación), cuestiones sociales (antecedentes históricos y medio socioeconómico), además como complemento, se da una explicación de los sistemas de información geográfica, su importancia y aplicación como herramienta principal utilizada para el análisis espacial de la zona.

Por lo que respecta a la zona de estudio, es necesario mencionar que se trata de una región donde el agua es el elemento primordial en el sistema ecológico ya que en su mayor parte está formado por tierras bajas inundables o inundadas y es atravesada por importantes vías fluviales, además el agua es uno de los principales agentes modificadores y conformadores de la fisiografía regional.¹ Por tal motivo, al tratar algún tema de la región no se puede omitir de ninguna manera, el mencionar su relación con el recurso agua tales como ríos, pantanos, manglares, etc.

Por otro lado, Coatzacoalcos se ha consolidado como uno de los mayores complejos portuario-industriales del país, donde la industria petrolera es el eje rector, convirtiéndose así en un elemento decisivo en la vida económica, social, cultural y política de la región.²

En contraste, dicho desarrollo industrial está creando impactos negativos sobre el entorno ecológico de la región, en especial sobre los cuerpos de agua, que se han convertido en los principales receptores de las descargas residuales de las industrias, además de las zonas urbanas.

De acuerdo con el Plan Nacional Hidráulico 1995-2000 la cuenca del río Coatzacoalcos se encuentra dentro de las 15 cuencas que requieren atención prioritaria ya que concentra a industrias que se caracterizan por utilizar grandes cantidades de agua en sus procesos productivos y además por las actividades propias de estas industrias, como la química, petroquímica y petrolera, que aportan mayor cantidad de contaminantes al medio, alterando la calidad del agua y los recursos biológicos.

¹ Toledo, Alejandro. 1988. Energía, ambiente y desarrollo

² Ochoa Solano, Armando. 1973. Estudio de la contaminación en el bajo río Coatzacoalcos

Localización. La zona de estudio se localiza dentro de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz, perteneciente a la región geográfica “Vertiente del golfo de México” y a la región fisiografica denominada “Llanura costera del Golfo sur”, INEGI 1981.

Dentro del área se localiza el corredor industrial Coatzacoalcos–Minatitlán–Cosoleacaque, políticamente abarca parte de los siguientes municipios: (ver mapa 1.1)

Coatzacoalcos.

Cosoleacaque.

Ixhuatlán del Sureste.

Minatitlán.

Nanchital de Lázaro Cárdenas (Abarca al municipio en su totalidad).

Presenta una extensión de 668.804 km² distribuidos de la siguiente forma:

| Entidad | *Extensión total (km ²) | **Extensión dentro del área de estudio (km ²) | *Población dentro del área de estudio (1990) |
|------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Coatzacoalcos | 471.2 | 175.201 | 229576 |
| Cosoleacaque | 234.4 | 191.539 | 39227 |
| Ixhuatlán del Sureste | 212.4 | 108.756 | 9956 |
| Minatitlán | 4123.9 | 162.605 | 148085 |
| Nanchital de Lázaro C. | 30.703 | 30.703 | 25593 |
| Total | | 668.804 | 452437 |

Cuadro 1.1. Municipio del área de estudio.

Fuentes: * Censo general de Población y Vivienda, estado de Veracruz. INEGI 1990.

** Calculo propio mediante GIS.

1.1 MEDIO FISICO.

El medio físico se refiere a los elementos de la naturaleza, que le dan el carácter de único y especial a la región, además de sostener una larga cadena de vida animal, vegetal y humana, además de ser fundamental para explicar la fisonomía de un lugar.

La hidrología es uno de los puntos principales de esta tesis, por tal motivo se tratarán con mayor detalle todos los aspectos relacionados con el río Coatzacoalcos y demás cuerpos de agua, resaltando con ello las zonas que mayores impactos han tenido a partir de la descarga de aguas residuales.

A) HIDROGRAFIA.

La cuenca del río Coatzacoalcos pertenece a los ríos de la zona ístmica y junto con la cuenca del río Tonalá forma la región hidrológica (RH) n. 29 (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1977), en donde a la cuenca del río Coatzacoalcos le corresponde la RH 29B, misma que se encuentra rodeada por otras tres regiones importantes que son (Ver mapa 1.2 y cuadro 1.2).

| | |
|-------|---|
| OESTE | R.H. PAPALOAPAN (30) |
| ESTE | R.H. TONALA (29A) R.H. GRIJALVA (30) |
| SUR | R.H. TEHUANTEPEC. (22A) |
| NORTE | GOLFO DE MEXICO. |

Cuadro 1.2 Regiones hidrológicas que limitan con la zona de estudio.

El volumen de desplazamiento anual de agua del río es de 18 381 millones de m³ y manifiesta un gasto medio anual equivalente a 556.29 m³/seg que puede ir desde 410 m³ /seg en temporadas de estiaje, hasta valores de 2000 a 3000 m³/seg durante la temporada de lluvias.³

El río Coatzacoalcos nace en el estado de Oaxaca, en la Sierra Atravesada, a más de 2000m de altitud. En la primera parte de su recorrido atraviesa una zona montañosa de topografía complicada y recibe una gran cantidad de pequeños afluentes. Tras unos 37 km de recorrido hacia el noreste, cambia la dirección hacia el oeste y la conserva por unos 36 km más, hasta Santa María Chimalapa, en el estado de Oaxaca.⁴

Pasando este poblado toma dirección norte y durante su trayecto recibe, por la margen izquierda, a los ríos Chihuahua, Almoloya, Molatonga y Sarabia. A la altura del poblado Jesús Carranza (estado de Oaxaca) adquiere a dirección NNE y recibe al río Jaltepec. A partir de este punto, tanto el recorrido del río Coatzacoalcos como la cuenca del mismo pertenecen en su mayor parte al estado de Veracruz. El cauce se vuelve divagante, con apenas 120 m sobre el nivel del mar, por lo que forma numerosos meandros, lagunas y esteros, además de recibir algunos afluentes importantes, especialmente por la margen derecha, como el Solosúchil y el Uxpanapa.

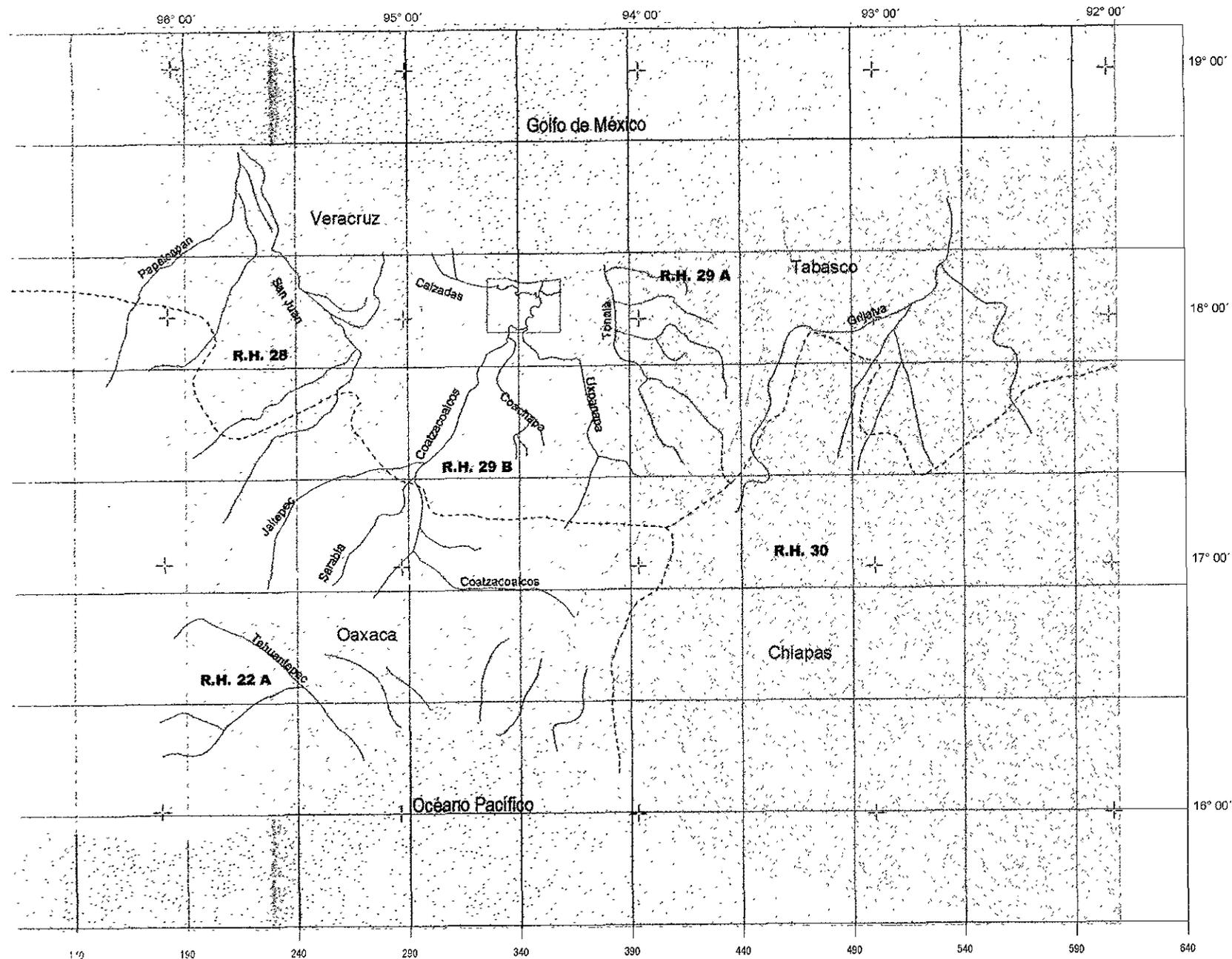
La zona de estudio comprende desde la confluencia del arroyo Naranjo, ubicada a 1.5 km al sur de la ciudad de Minatitlán, hasta la desembocadura del río Coatzacoalcos, en el Golfo de México, pues a partir de esta zona se asientan algunas ciudades y poblados importantes, así como las zonas industriales del corredor industrial C-M-C. (mapa 1.2) que vierten sus descargas de agua residual al sistema hidrológico que nos ocupa.

El río Uxpanapa es uno de los ríos importantes de la región y se une al río Coatzacoalcos, por la margen derecha, cinco km al sur de Minatitlán. Se trata de un río notable, que nace en el estado de Oaxaca, tiene una longitud aproximada de 185 km y drena una cuenca⁵ de 4 803 km².

³ SRH 1969 Boletín Hidrológico N. 29.

⁴ Toledo, A. 1988 Energía, ambiente y desarrollo

⁵ SRH 1969 Op Cit



La importancia del río Uxpanapa es por la cantidad de agua que incorpora y que en cierta medida ayuda a diluir los contaminantes descargados al río Coatzacoalcos por las industrias cercanas a la ciudad de Minatitlán, principalmente la refinería Lázaro Cárdenas.

A 800 m aproximadamente al noreste del poblado de Paso Nuevo y sobre la margen izquierda del río Coatzacoalcos descarga el arroyo San Francisco, que forma parte del sistema hidrológico del pantano Santa Alejandrina, importante por ser el cuerpo de agua donde descargan la mayor parte de sus residuos la refinería de Minatitlán y otras industrias cercanas.

A 6.5 km antes de su desembocadura en el Golfo de México, el río Coatzacoalcos recibe por su margen izquierda al río Calzadas, el cual viene desde la serranía de San Andrés Tuxtla, donde se le conoce como río Huazuntlán, este río se caracteriza por ser el cuerpo de agua que recibe las descargas de aguas residuales municipales de la ciudad de Coatzacoalcos y algunas industrias como Petrogas, Bimbo del Golfo y Avícola Olmeca, entre otras.

Aproximadamente a 4.5 km antes de la desembocadura del río Coatzacoalcos, muy cerca del puente Coatzacoalcos I, sobre la margen derecha se encuentra el arroyo Teapa, aunque es pequeño en cuanto a extensión, constituye un cuerpo de agua superficial importante debido a que su cauce se ha convertido en el colector principal de las descargas residuales de diferentes industrias, principalmente del complejo petroquímico de Pajaritos y de recibir los efluentes de Tetraetilo Mexicana, Industria química del Istmo, además de proporcionar agua para los procesos de Fertilizantes Fosfatados Mexicanos, entre otros.

A sólo dos km antes de la desembocadura del Coatzacoalcos y sobre la margen derecha, se encuentra el canal que comunica con las dársenas de la laguna de Pajaritos. Las condiciones naturales de esta antigua laguna fueron modificadas para convertirlas en dársenas de atraque de barcos de cabotaje y altura que sirven a las industrias de la región. La antigua comunicación con el río se cerró y se abrió una nueva que va directamente hacia la bocana. Esta fue dragada para permitir la entrada de barcos hasta de 20 000 ton.

Las zonas inundables, tales como esteros, pantanos, manglares, además de las lagunas, juegan un papel importante en la dinámica hidrológica de la región. Estos ecosistemas funcionan como depuradores y exportadores netos de grandes volúmenes de materia orgánica hacia el estuario y zonas costeras, su funcionamiento es vital para el desarrollo de especies marinas comerciales y para la existencia de comunidades vegetales de importancia ecológica, además de que, en cierta medida, ayudan a disminuir los efectos de la contaminación en algunos ríos, como el Calzadas.

En cuanto al aporte de agua dulce hacia el litoral, las aguas del río Coatzacoalcos contienen gran cantidad de nutrientes y sedimentos que incrementan la producción primaria y facilita el desarrollo de larvas de diferentes especies, manteniendo de esta forma una compleja, pero adecuada cadena alimenticia.

B) GEOLOGÍA

En la porción norte del Istmo de Tehuantepec, que cubre el extremo sur del estado de Veracruz y la parte noroccidental del estado de Tabasco, se encuentra la zona petrolífera conocida como *Cuenca Salina del Istmo*. Su nombre se debe a importantes depósitos salinos del subsuelo.

En dicha cuenca salina existe un claro predominio de rocas sedimentarias cuya edad va del Triásico – Jurásico al Reciente, el basamento geológico consiste en depósitos aluviales y el subsuelo contiene yacimientos de hidrocarburos y azufre (estos últimos catalogados como uno de los más puros del mundo).⁶ Sólo en la parte norte de la ciudad de Minatitlán se localiza un pequeño afloramiento de roca ígnea.

Durante el periodo Jurásico Superior se dio una serie de transgresiones y regresiones del mar hacia el sur las cuales llegaron a abarcar hasta el borde meridional de la cuenca salina, lo que originó una gran depositación de materiales y minerales.

Posteriormente durante el Cretácico Medio la zona volvió a sufrir una transgresión del mar, con la particularidad de que cada vez se adentraba menos hacia el continente y en el tipo de sedimentación predominaron las lutitas.

Lo anterior dio como consecuencia que los sedimentos más superficiales están dispuestos de tal manera que las rocas más antiguas se encuentran hacia la parte sur, siendo más jóvenes a medida que se avanza hacia el norte, correspondiendo en general, a una serie fundamentalmente regresiva con algunos periodos de transgresión.⁷

La acción combinada de la intensa depositación de materiales por parte de los ríos y la topografía casi plana dieron lugar a la formación de una llanura con lomeríos suaves, además la barra de dunas, la escasa pendiente y las intensas precipitaciones (más de 1500 mm/año) han condicionado que la región sea una llanura de inundación cuyos suelos en su mayoría son sedimentos aluviales.⁸

Estos sedimentos aluviales han conformado una superficie baja y amplia que se extiende hacia el mar a la cual se conoce como llanura aluvial. Los agentes climáticos han sido los principales causantes de las formaciones aluviales y debido a ellas los ríos de la región presentan fluctuaciones y bifurcaciones que ocasionan la formación de diques naturales o meandros.⁹

La llanura aluvial es una zona con altitudes menores a 10 msnm, aunque existen algunos puntos con niveles bajo el mar por lo que se registran zonas dominadas por pantanos, lagunas y zonas inundables. Los materiales depositados en las partes planas de la llanura provienen de las sierras de San Martín Pajapan y los Chimalapas (al sur de la zona).

⁶ INEGI. 1988. Síntesis geográfica del estado de Veracruz.

⁷ IMP. 1998. Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos

⁸ INEGI. 1988. Op. Cit

⁹ INEGI. 1988. Op. Cit

En la zona de estudio las condiciones de temperatura y precipitación han ocasionado un fuerte intemperismo en las rocas sedimentarias (partes bajas) e ígneas (zonas altas) lo que da origen al desarrollo de suelos profundos.

C) EDAFOLOGIA.

Los suelos predominantes en la zona de estudio son el resultado de procesos de arrastre y acumulación de materiales de rocas preexistentes en las partes altas o en las sierras y que son transportados por los ríos, posteriormente depositados en las partes bajas como rellenos de valles y en los deltas de los ríos.

De acuerdo con la carta edafológica de INEGI, existen dos grandes tipos de suelos predominantes en la zona de estudio, los cuales tienen que ver con las condiciones topográficas.

Por un lado se encuentran los suelos que se localizan en las partes planas y bajas, ocupan cerca del 50 % del área de estudio, según la clasificación de FAO-UNESCO este grupo de suelos son del tipo Gleysol mólico, con suelos secundarios del tipo Gleysol eútrico.

El suelo Gleysol se caracteriza por estar formado de materiales no consolidados, excluyendo depósitos aluviales recientes, el horizonte A como único horizonte de diagnóstico. El suelo Gleysol mólico presenta en el horizonte A características como saturación de bases mayor al 50% y la materia orgánica menor al 1%.¹⁰

Las zonas pantanosas se ubican sobre este tipo de suelos (gleysol) se caracterizan por tener una capa de suelos negros con un alto contenido de materia orgánica que se mantiene gracias a los procesos de inundación y su espesor varía entre los 50 cm hasta 2 metros.

La clase textural es media, con una capa de arena limo-arcillosa semi impermeable debajo de la capa de suelos negros, formada por los procesos de descomposición anaerobia. Esta capa actúa como sello natural entre el pantano y el estrato inferior, de modo que la infiltración del agua es mínima, lo que favorece al equilibrio ecológico del pantano pues da lugar a la inundación y a los procesos de descomposición de la materia orgánica.¹¹

Otra característica de este suelo es que presenta procesos hidromórficos, que se refiere a la reducción o segregación local de hierro como consecuencia de la saturación temporal o permanente de los poros del suelo por el agua, lo que provoca un prolongado déficit de oxígeno,¹² está compuesto por materiales poco consolidados, con abundancia de limos y arcillas.

La problemática principal de estos suelos es el drenaje deficiente, la escasa permeabilidad y por lo plano del terreno son áreas inundables, además de salinidad alta debido a constantes intrusiones de agua de mar.

¹⁰ Fitzpatrick, 1986. Génesis y clasificación de los suelos

¹¹ IMP 1998 Ordenamiento Ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos.

¹² Duchaufour, 1984. Edafología

El segundo grupo de suelos importante son los del tipo Cambisol ferrálico con suelos secundarios de Cambisol gleyico y se localiza en lomeríos con pendientes suaves y algunas zonas de inundación.

Este tipo de suelos está formado por material consolidado, principalmente por rocas calizas, conglomerados y aluviones, además está sujeto a fuerte intemperización lo que origina la desintegración intensa de la roca y se caracteriza por la alteración de los minerales primarios, pérdida de sílice y procesos de neoformación de arcillas a expensas de elementos previamente solubilizados.

Los cambisoles ferrálicos poseen una capacidad de intercambio catiónico menor de 24 meq por 100g de arcilla, mientras que el gleyico presenta propiedades hidromórficas en una capa de 50 a 100 cm de profundidad de la superficie.¹³

Presentan texturas de media a gruesa y alta permeabilidad, que unido a la pequeña pendiente que llegan a presentar, son zonas con pocas probabilidades de inundación.

Existe un tercer grupo de suelos, que abarca menos del 5% del total del área de estudio, se trata de regosoles, que consisten en depósitos profundos de material suave (roca no consolidada) en los cuales muy poco o casi ninguna de las características del suelo se desarrollan claramente, se localizan en las zonas de dunas costeras y la playa.

Durante la época de lluvias, las zonas de inundación y los pantanos crecen en forma importante, debido al desbordamiento de cuerpos de agua como ríos y lagunas de la región.

Este fenómeno provoca que, al incorporar mayor cantidad de agua a los ríos, lagunas y zonas inundables, se disuelvan gran cantidad de contaminantes ahí contenidos, lo que amortigua los niveles de contaminantes.

D) CLIMA.

La zona de estudio presenta un clima cálido húmedo, Am según la clasificación climática de Enriqueta García, que se caracteriza por presentar lluvias abundantes en verano y parte de otoño, con presencia de lluvias en invierno por efecto de temporales o *nortes*.

Las temperaturas medias de la región de Coatzacoalcos varían de 22.2°C a 28°C, es decir, menos de 6°C, que significa una variación termina pequeña durante gran parte del año.¹⁴

Dentro de los factores climáticos que dan origen al clima de la zona de estudio se encuentran las masas de aire. Existen dos tipos diferentes que se alternan en el dominio de la zona: la tropical, que se presenta en el verano y la polar, que tiene incursiones frecuentes durante el invierno.

¹³ Fitzpatrick, 1986 Op Cit

¹⁴ E. Jauregui 1989 Atlas climático del estado de Veracruz

Al norte de Coatzacoalcos se localiza la sierra de los Tuxtlas, que presenta una elevación de 1000 msnm y que se considera como elemento condicionante para la determinación del clima de la zona de estudio, ya que esta barrera actúa como rampa y que eleva a los vientos húmedos provenientes del norte, originando el desarrollo de nubes que en la mayoría de los casos se precipita sobre la llanura costera contigua, es decir, del río Coatzacoalcos.

Existe un periodo de transición en el cual se pasa del dominio de una masa de aire a otra. Durante este periodo dichas masas de aire se van alternando o en ocasiones no hay una situación bien definida, lo que da como resultado que alrededor de Coatzacoalcos se localiza la zona más lluviosa de Veracruz, más cálida y con menor variación térmica.¹⁵

Presenta una temporada de lluvias de gran intensidad entre los meses de mayo y octubre, con promedios de 1870.7 mm anuales, alcanzando la máxima intensidad en el mes de septiembre, con promedios de 522.77 mm. La precipitación pluvial en verano y parte de otoño es originada por los procesos convectivos de las masas de aire caliente y húmedo provenientes del noreste que invaden la región. En los últimos meses de este periodo se incrementa la entrada de dichas masas en la entidad como consecuencia directa de los ciclones y tormentas tropicales, que son una fuente mayor de humedad.

En los meses de noviembre a febrero la precipitación es producto de frentes fríos o nortes originados por el choque de los vientos del norte con los vientos alisios y generalmente se manifiesta en forma de llovizna, durante ese tiempo cerca de 20 o 25 nortes atraviesan el Golfo.

La lluvia invernal se concentra de diciembre a febrero y en cada uno de estos meses se presentan entre 3 a 5 nortes, los cuales vienen acompañados por vientos con velocidad mayor a 40 km/hr.¹⁶

La época de estiaje se presenta entre los meses de marzo a abril, con 90.2 mm de lluvia promedio, este decremento se atribuye al desplazamiento de la zona intertropical de convergencia entre verano e invierno.

E) VEGETACION Y SU ESTADO DE CONSERVACION.

El estado de conservación de la vegetación es uno de los principales parámetros para poder conocer los efectos negativos que han tenido las actividades económicas sobre un espacio, ya que la vegetación es uno de los elementos naturales más frágiles y susceptibles a la transformación.

De acuerdo con la carta de uso del suelo y vegetación a escala 1:250 000 de INEGI, la vegetación natural de la zona de estudio se compone básicamente de vegetación hidrófila, que se distribuyen de la siguiente manera.

Zonas de inundación. En las zonas inundables predomina la vegetación de popal, misma que se localiza en la parte sur del río Calzadas y al poniente del río Coatzacoalcos, que corresponde a la región del pantano las Matas.

¹⁵ E. Jauregui, 1989 Atlas Climático del estado de Veracruz.

¹⁶ IMP, 1998, Estudio de clasificación del río Coatzacoalcos

También dentro de las zonas de inundación se localizan algunos manchones de manglar, principalmente cerca de la confluencia del río Calzadas y arroyo Gopalapa con el río Coatzacoalcos y también hacia el sur, donde confluye el arroyo San Regino.

En lo que actualmente corresponde a la ciudad de Coatzacoalcos, la vegetación natural era de palmar, que se extendía sobre gran parte de la franja costera.

Al oriente de la ciudad de Villa Nanchital se encuentra una zona extensa de pastizales, intercalado con selvas de acahual, que va desde acahual de selva alta perennifolia, que prácticamente rodea a todo el poblado de Nanchital, y acahual de selva mediana perennifolia, que es la más extensa de las dos mencionadas, localizada en grandes manchones al sur de la zona de estudio.

En lo referente al estado de conservación de la vegetación, para este fin se utilizó una carta de clasificación supervisada de la imagen de satélite LandSat TM96 y la carta de uso del suelo y vegetación de Coatzacoalcos y Minatitlán escala 1:250 000 (INEGI).

De manera general, la vegetación natural de la zona de estudio ha sido sumamente alterada ya que predominan claramente las zonas donde la vegetación natural ha sido sustituida casi en su totalidad por la introducción de pastizales, principalmente en el municipio de Cosoleacaque y en varios puntos sobre la margen de ambos lados del río Coatzacoalcos.

Hacia el sur de la zona de estudio, entre los ríos Coatzacoalcos y Uxpanapa, se localiza una extensa zona de popal y tular característicos de las zonas pantanosas y que mantienen el equilibrio hídrico de la región, además de pequeñas zonas de sabanas y acahual perturbado en gran medida por la implantación de pastizales.

Al oeste, dentro del municipio de Ixhuatlán del Sureste, existe un marcado predominio de vegetación de acahual y en menor grado de sabanas con encinar, que también están siendo sustituidos por el aumento de zonas destinadas a pastizales, zonas de cultivo y además de la presencia de algunos poblados como Ixhuatlán del Sureste, Rosalía y el Túnel.

En la margen izquierda del río Coatzacoalcos se localiza la ciudad de Minatitlán, que se caracteriza por ser una ciudad que esta creciendo rápidamente, ganando espacios a las zonas de popal y tular. Es importante mencionar que esta zona pertenece al corredor industrial C-M-C por tal motivo existe una alta densidad de industrias, que de alguna u otra manera alteran o transforman a la vegetación natural a consecuencia de la contaminación.

En la parte norte de la ciudad de Minatitlán se localizan varias zonas inundables que forman cuerpos de agua como lagunas, esteros, pantanos, etc. Estos se encuentran rodeados por vegetación de popal y tular, además de pequeños manchones de selva de palmar.

En la última parte del río Coatzacoalcos, que corresponde desde el río Teapa hasta la desembocadura en el Golfo de México y a ambos lados del cauce principal, en el municipio de Coatzacoalcos, la vegetación natural ha sido prácticamente sustituida por la presencia de zonas urbanas - ciudad de Coatzacoalcos, Allende, Estero el Pantano, Nanchital, etc. - que crecen sobre zonas pantanosas, vegetación de popal y tular y sobre las zonas de dunas costeras.

1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los antecedentes históricos se refieren a los aspectos relacionados con las diferentes actividades del hombre, que han sido el principal factor de transformación del espacio natural a un espacio adaptado, según sus necesidades a través del tiempo.

La importancia de este tema consiste en entender la dinámica socio-económica presente en la zona, relacionado a los cambios que ha sufrido la región de Coatzacoalcos desde la aparición del hombre hasta el presente y cómo se ha transformado el espacio a partir del establecimiento de la actividad petrolera e industrial.

A) EPOCA PRE - INDUSTRIAL.

Coatzacoalcos se compone de tres frases en idioma nahuatl, “coatl” que significa *serpiente*, “Tzacualli” que significa *santuario* y “co” cuyo significado es *lugar de* y su traducción literal es *en el santuario de la serpiente*,¹⁷ nombre que también hace pensar en el camino sinuoso que sigue este río, desde su nacimiento en la sierra Atravesada (Oaxaca) hasta su desembocadura en el Golfo de México, al sur de Veracruz.

La región de Coatzacoalcos perteneció a la zona geográfica y cultural olmeca, siendo la localidad de Coatzacoalcos capital de la provincia con el mismo nombre y una de las ciudades más antiguas de la zona. Según una leyenda de la región, un grupo de toltecas y sus caudillos emigraron de la decadente ciudad de Tula, capital del imperio, hacia Centro o Sudamérica, pasando por Coatzacoalcos a finales del siglo XII.¹⁸ Fue en esa misma región donde nació el más grande y célebre de los guerreros de México, Quetzalcoatl “serpiente emplumada” señor del viento y del cielo, sabio, sacerdote y gobernante de los toltecas.¹⁹

También se cree que en la región, específicamente Jaltipan, nació la celebre doña Marina, o mejor conocida como la Malinche, que durante la conquista de México fue amante, intérprete, consejera y estratega de Hernán Cortés. A través de ella los españoles conocieron la política y las divisiones internas de la tierra que se habían propuesto conquistar, además que es indudable que desempeñó un papel destacado en la decisión de los españoles de lanzarse contra los aztecas a quienes odiaban todas las culturas de la costa.

En cuanto al conocimiento del petróleo en varias localidades cercanas al Golfo de México, se han encontrado pequeñas figurillas de arcilla con una antigüedad de hasta 2000 años, cuyos rasgos anatómicos y atuendos se destacaban aplicando Chapopote (nombre que se le daba al petróleo en esa época).

¹⁷ Covarrubias Miguel, 1979. El sur de México

¹⁸ PEMEX, 1988. La industria petrolera en México. Tomo I.

¹⁹ Covarrubias Miguel, 1979. Op Cit

Al parecer el uso del chapopote fue común en varios pueblos de Mesoamérica y su significado en nahuatl se compone de dos palabras, "Tzouctli" que significa *Pegamento o goma* y "Popochtli" que significa *perfume u olor*.²⁰ Esta sustancia se recolectaba directamente de los depósitos superficiales, de los escurrimientos o bien por la decantación de las aguas de algunos lagos o ríos, se mezclaba con oxin (ungüento amarillo extraído de ciertos insectos) para formar una goma suave, elástica y olorosa que se masticaba y era usada como dentrítico, blanqueador y confortador de los dientes, para combatir y prevenir el mal aliento; A esta sustancia se le denominaba Chicle.

Con la llegada de los españoles no hubo cambios sustanciales en el uso del chapopote, pues siendo mucha la abundancia en la que se encontraba en las costas de la Nueva España era vendido a precios bajísimos, además el que se encontraba en la superficie era suficiente para satisfacer la escasa demanda generada por su uso como combustible o pegamento.²¹

Diversas crónicas del siglo XVI dan cuenta de las fuentes del betún (o petróleo) que existía en el territorio novohispánico. El doctor Francisco Hernández, enviado del rey Felipe II para recoger información sobre los usos de plantas, animales y minerales, describe al petróleo como un género de mineral el cual resplandece con un color similar al púrpura y echa de sí un grave olor como el del trébol o el asfalto.

Durante la época de la Colonia el uso del petróleo no tuvo cambios significativos, sólo que fue incluido dentro del intervalo de *jugos de la tierra*, quedando así como propiedad de la real Corona, quien era la única con autoridad para explotar cualquier riqueza extraída del subsuelo o en su defecto, conceder permisos de explotación a sus vasallos, con lo que se definió el llamado *dominio eminente* de la corona española sobre el subsuelo, al establecerse expresamente que el soberano era el dueño absoluto de las riquezas existentes.

En 1900 Edward L. Doheney, quien trabajaba en la construcción del ferrocarril central de México, al buscar sustituir el carbón como combustible y siguiendo los consejos del geólogo mexicano Ezequiel Ordóñez, decidió hacer exploraciones en las zona costera de Veracruz, en busca de petróleo y descubrió la denominada *faja de oro*, que todavía en 1928 se consideraba "el campo más maravilloso de la historia del petróleo en el mundo" que comprendía desde San Diego de la Mar, en las márgenes de la laguna de Tamiahua por el norte, hasta los terrenos de San Isidro en el Sur, 15 km más allá del río Uxpanapa, dentro del estado de Veracruz.

²⁰ PEMEX. 1988. La industria petrolera en México

²¹ PEMEX. 1988. Op. Cit

B) EPOCA INDUSTRIAL.

Inicios del corredor industrial Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque (C-M-C).

A finales del siglo XIX llegó a México el inglés Weetman Pearson, quién por encargo del presidente Porfirio Díaz, construyó el canal de desagüe en la capital y posteriormente el ferrocarril Transístmico que comunica a los estratégicos puertos de Salina Cruz y Coatzacoalcos, posteriormente en 1906, inició la construcción de los muelles del puerto comercial de Coatzacoalcos, que en aquella época sólo contaba con 3 000 habitantes.

Durante la construcción del ferrocarril Transístmico, los ingenieros a su cargo encontraron chapopoterías en la región conocida geológicamente como cuenca salina del Istmo, comenzando así un importante emporio petrolero en México.

Hacia 1906, Pearson registró en México la sociedad *S. Pearson and Son Limited* que iniciaba procesos de explotación en las regiones de San Cristóbal y Potrerillo, a no gran distancia de Minatitlán, sobre el río Coatzacoalcos.

En 1906, Pearson amplió su zona de trabajo mediante ventajosos contratos firmados con el gobierno mexicano, obteniendo una enorme concesión para explorar y explotar los yacimientos petrolíferos del subsuelo de los lagos, lagunas albuferas y terrenos nacionales baldíos en toda la planicie costera del Golfo de México, quedando la exportación libre de todo impuesto.²²

La producción bastante aceptable de petróleos ligeros en los campos petroleros del sureste alentó a la compañía de Pearson a construir a 40 km aguas arriba de la desembocadura del río Coatzacoalcos la refinería de Minatitlán, lo que dio inicio al intenso movimiento de materiales, equipo y productos en las zonas de exploración, explotación y la refinería de Minatitlán.²³

En sus inicios la refinería de Minatitlán, que entonces era conocida como planta experimental, era destinada fundamentalmente a realizar investigaciones sobre los productos derivados del petróleo, dos años después, en 1908, la refinería comenzó a elaborar productos para el comercio que en su mayor parte era para el mercado extranjero.

Ese mismo año, 1908, gracias a la construcción de nuevas instalaciones el volumen de producción llegó a 954 m³/día además de una gran variedad de productos, tales como dos marcas de kerosina, dos clases de gasolina, bencina, 25 clases de aceites lubricantes, tres clases de parafina, gasoil, petróleo para combustible de distintas clases y seis clases de asfalto.²⁴

El 31 de agosto de 1908, el mismo Pearson creó la *Compañía mexicana de petróleo el Aguila* con la que adquirió todas las propiedades de la sociedad *Pearson and Son*.²⁵

²² PEMEX 1988. La industria petrolera en México

²³ Toledo, A. 1988. Energía, ambiente y desarrollo.

²⁴ Santos, Jesús 1988. El petróleo en Veracruz

²⁵ PEMEX. 1988. Op Cit

En 1910 se inicia la revolución mexicana, sin embargo el conflicto no afectó la producción petrolera ya que los dueños de las compañías, que en su totalidad eran extranjeros, ejercieron fuerte presión hacia el gobierno del país para que se les garantizara la seguridad necesaria, manteniendo de esta forma alejada las zonas de producción petrolera de las zonas de conflicto.

Durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918), si bien México no participó directamente en el conflicto, si lo hizo de forma indirecta ya que el petróleo se convirtió en un combustible estratégico el cual México se encargó de cubrir la excesiva demanda que existía por parte de las potencias aliadas (Estados Unidos e Inglaterra), sin el cual, se dice, no se hubiera podido ganar la guerra. Durante este periodo la producción petrolera del país alcanzó niveles altos, se convirtió en segundo productor de hidrocarburos a nivel mundial, periodo que se puede denominar como la "*época dorada*" de la industria petrolera mexicana.

Con el auge de las explotaciones petroleras de la llanura costera del Golfo las instalaciones portuarias de la región cobraron una intensa actividad debido a que una proporción considerable de los crudos de estos campos se refinaron en Minatitlán.

Para 1919 las exportaciones de petróleo refinado en el puerto de Coatzacoalcos ascendieron a 285 262 ton anuales.²⁶ A principios de los años veinte, México se convirtió en el segundo productor mundial de hidrocarburos y el complejo portuario construido en el delta del Coatzacoalcos ya se encontraba inmerso en la acelerada producción industrial del petróleo a escala mundial. Esta intensa actividad alrededor del petróleo generó un importante crecimiento demográfico en la zona aledaña al río Coatzacoalcos. Se establecen las primeras industrias derivadas del petróleo, las cuales se convirtieron en centros de atracción para buscar empleo.

Se comenzaron a construir carreteras y vías férreas que comunicaban a las industrias con la refinería y el puerto, además de plantas eléctricas, extensas redes telefónicas y telegráficas, centros financieros, etc. en las ciudades, lo que propició una acelerada urbanización de la región, todo esto con fuertes inversiones extranjeras (principalmente los dueños de las compañías petroleras), mientras que la inversión federal o estatal era escasa.²⁷

El 18 de marzo de 1938, por decreto oficial del entonces presidente del país, el general Lázaro Cárdenas, se determinó que el estado mexicano tomaba posesión de los bienes de 16 compañías petroleras que hasta entonces tenían el control total de la producción petrolera nacional, conociéndose a este proceso como la expropiación petrolera, lo que significó no solamente la toma de las propiedades de las compañías extranjeras como una acción individualizada o particular, sino como una medida encaminada a poner en marcha un cambio sensible en la estructura económica del país.

Con esta medida, el gobierno tomó control absoluto sobre la exploración, explotación y refinación del petróleo en México, además de la elaboración de productos derivados, creando para ello la empresa paraestatal PEMEX (Petróleos Mexicanos).

²⁶ Toledo, Alejandro. 1983 Op Cit

²⁷ Meyer, Lorenzo. 1972 México y los Estados Unidos en el conflicto petrolero.

1.3 MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

Para entender mejor el crecimiento y consolidación del complejo industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque es necesario tratar el tema de las situaciones sociales y económicas debido a que son resultado directo de las actividades económicas que ahí se realizan (actividades vinculadas a la producción, procesamiento y transporte de hidrocarburos y sus derivados).

Los aspectos sociales se refieren a fenómenos como crecimiento demográfico, migración, crecimiento de zonas urbanas, tasas de crecimiento de la población y toda una serie de aspectos que explican la dinámica social del área de estudio.

Los aspectos económicos se relacionan con las actividades económicas que desarrolla la población de la zona de estudio y que dan una idea sobre las condiciones en las que se encuentra la población en general, hablando desde el punto de vista de calidad de vida, vivienda, salud, infraestructura, etc.

Los aspectos sociales y económicos no se pueden tratar de manera individual ya que ambos se conjuntan y se interrelacionan, son parte fundamental de la dinámica social de la zona.

A) DEMOGRAFÍA.

El crecimiento demográfico de una zona en particular es el resultado de la interacción de ciertos fenómenos sociales, económicos y/o políticos, los cuales permiten observar con detalle la dinámica de crecimiento de la población de un lugar.

En la zona de estudio dicho crecimiento ha estado íntimamente ligado al desarrollo de diferentes actividades económicas, entre las que destacan la de exploración, explotación, refinación de petróleo, la industria química, industrias extractivas y de fertilizantes, entre otras, que significan la creación de empleos y por ende, fuertes movimientos migratorios ocurridos en diversos momentos históricos.

Se puede dividir en cuatro diferentes etapas el acelerado crecimiento demográfico de la región, cada una con rasgos propios pero con la generalidad de que todas las etapas se caracterizan por un sólo origen, el establecimiento de alguna actividad económica relacionada con el petróleo.

La primer etapa abarca desde principios de 1900 hasta principios de 1920, época que se distingue por el inicio de los trabajos de exploración y explotación de petróleo y durante el cual la región de Coatzacoalcos comienza a sufrir un intenso proceso de transformación del espacio, esto debido a que la aceptable producción de petróleos de la región sureste del país originó la construcción de la refinería en Minatitlán, iniciando con ello un intenso movimiento de materiales y equipo hacia las diferentes zonas de exploración, explotación y de refinación.

Esta intensa actividad propició una fuerte migración de población desde diferentes puntos de México, principalmente Veracruz, Oaxaca y Chiapas, que en busca de empleo se instalaron en los alrededores de los centros de trabajo.

La región sufrió un notable crecimiento demográfico ya que de 17 120 habitantes que tenía en 1900 (esta población abarca los municipios de Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste y Minatitlán que forman parte de la zona de estudio exclusivamente) para 1920 creció a 25 680 hab. lo que significa un crecimiento del 33% en tan sólo 20 años, que fue uno de los mayores crecimientos demográficos a nivel nacional y el mayor a nivel estatal.³⁰

Los municipios que mayor crecimiento demográfico registraron fueron Coatzacoalcos, que pasó de 4 487 hab. en 1910 a 7 627 hab. en 1920, con un crecimiento del 41% y el municipio de Minatitlán que pasó de 6 126 a 10 572 hab. lo que representa un crecimiento del 42%.³¹

En cuanto a las ciudades, Coatzacoalcos fue la que más creció en este periodo, para 1920 ya contaba con 7 500 hab. lo que representa el 98% del total del municipio y la ciudad de Minatitlán que contaba con 10 000 hab. (95 % del total la población del municipio).

Al iniciarse una intensa actividad que giraba alrededor del petróleo las vías del ferrocarril, los caminos y carreteras, los oleoductos, los buquetanques, las lanchas y las canoas penetraron por toda la planicie costera, de este modo se integró una región del tercer mundo al espacio industrial de la producción de hidrocarburos.³²

La segunda etapa abarca de 1920 a principios de 1938, periodo que es conocido como la época de la reorganización de la geografía mundial del petróleo y que se caracteriza por ser la época en que se consolidan las grandes compañías que monopolizaron al mercado mundial del petróleo, surge Venezuela como potencia mundial productora de hidrocarburos que desplazó del segundo lugar mundial a México y primero en Latinoamérica.

Aunado a estos sucesos, en México se comienzan a agotar algunos yacimientos petroleros considerados gigantes, como la famosa Faja de Oro en Veracruz (originado por la sobreexplotación indiscriminada), con estos sucesos se inició el final del modelo monoexportador bajo el control directo de las empresas multinacionales que controlaban en su totalidad a la exploración, explotación, y comercialización de la producción petrolera nacional.

Sin embargo, dichos sucesos no detuvieron el desarrollo industrial de la región de Coatzacoalcos ni el crecimiento demográfico ya que se siguieron explorando y explotando nuevos campos petroleros que pronto se convirtieron en centros de atracción de población provenientes de varios estados de la República en busca de trabajo.

Esta época (1920 - 1938) se define por el crecimiento demográfico más acelerado ya que, en la zona de estudio, la población creció más de 2.5 veces con respecto a 1920, al pasar de 25 680 hab. a casi 70 000 hab. en 1938, que fue uno de los promedios más altos a nivel nacional.

30 Ortiz Velázquez, Flora. 1990. Información demográfica municipal del estado de Veracruz.

31 Toledo Alejandro. 1988. Op. Cit.

32 Toledo Alejandro. 1988. Op. Cit.

Los municipios de mayor crecimiento demográfico fueron Minatitlán, que en 1920 contaba con 10 572 hab. y en 1938 sobrepasó los 36 000 hab. es decir, un crecimiento de 3.5 veces, seguido de Coatzacoalcos, que pasó de 7 627 hab. a casi 21 000 hab. y Cosoleacaque, que sólo creció el 31% al registrar un crecimiento poblacional de 5 195 hab. a 6 700 hab³³.

La tercer etapa de desarrollo es clave para la región del corredor industrial C-M-C, que abarca de 1938 (año de la expropiación petrolera mexicana) a finales de la década de los sesentas. La principal característica de esta etapa es que con la expropiación petrolera el complejo portuario industrial de C-M-C inicia una nueva fase de su desarrollo determinada por la regularización de la producción por parte del Estado.

Unido a la expropiación petrolera, se creó la empresa paraestatal PEMEX, que tenía como objetivo organizar el sistema energético a fin de asegurar que la producción y distribución de hidrocarburos y sus derivados abasteciera el mercado nacional, principalmente industrial que también estaba teniendo desarrollo importante en varios puntos del país.

Para alcanzar dicho objetivo fue necesario hacer una fuerte inversión en ciertas regiones estratégicas del país, dentro de las que se encuentra la región industrial de C-M-C, en donde el gobierno federal comenzó a desarrollar proyectos gigantescos de inversión para la explotación intensiva de sus recursos petroleros, la refinación y distribución de productos a diferentes sectores económicos del país.³⁴

Las instalaciones de la refinería de Minatitlán crecieron considerablemente, aumentando con ello su capacidad de producción y distribución de productos derivados del petróleo, hasta llegar a situarse como una de las más grandes de América Latina.

Durante este periodo el crecimiento demográfico continuó siendo alto. La población de la región creció de 70 816 hab. en 1940 a 238 375 hab. en 1970, lo que significa que la población se triplicó en casi 30 años y abarcó más del 5 % del total de la población de todo el estado.

Los municipios que más crecieron fueron Coatzacoalcos, que en 1940 contaba con 21 816 hab. y en 1970 presentó una población de 109 588 hab. (casi cinco veces más que en 1940) Minatitlán, que pasó de 37 182 hab. a 94 621 hab. (la población se triplicó en este periodo de tiempo).

En 1962 el municipio de Minatitlán fue dividido para crear al municipio de Las Choapas, con lo cual se separan nueve localidades para formar el nuevo municipio. Esto originó que en el municipio de Minatitlán la población creciera sólo el 27.8 % que fue el crecimiento más bajo de los últimos 30 años, pero que continuó siendo muy alto en comparación con los demás municipios del estado, sólo superado por Coatzacoalcos que creció 50.84 % en el mismo tiempo.

El cuarto y último periodo, abarca de principios de la década de los años setentas hasta la actualidad y se le conoce como *proceso acelerado de urbanización* en donde las áreas urbanas de las principales ciudades crecieron a pasos acelerados integrándose una gran parte de la vida predominantemente rural a condiciones urbanas (sin que esto haya significado necesariamente la urbanización del campo).

³³ Ortiz Velázquez Flora, 1990 Op Cit.

³⁴ Toledo, Alejandro, 1984 Energía, ambiente y desarrollo en Coatzacoalcos

La característica principal de este periodo es el crecimiento acelerado y sin control de las zonas urbanas sobre áreas ecológicas vitales para el equilibrio ecológico tales como los estuarios (ciudad de Coatzacoalcos), las márgenes de los ríos (las ciudades de Minatitlán y Nanchital) y en el caso de Coatzacoalcos, la expansión de la mancha urbana ha afectado a los pantanos del sur de la ciudad y al área de dunas costeras del norte.

En el mapa 1.3 se puede observar el crecimiento urbano que ha tenido la región. Se comparó la información recopilada de cartas topográficas de INEGI a escala 1:50 000 editadas en 1970 con imágenes de satélite tomadas en 1995, dando como resultado que las zonas urbanas han crecido de forma acelerada en solo 25 años.

Los asentamientos urbanos comenzaron a crecer a partir de las décadas de 1970 y 1980 debido a que las ciudades que ya tenían instalaciones petroleras o derivadas de esta industria se vieron favorecidas con la designación de recursos económicos federales que se tradujeron en servicios públicos y en desarrollo de la infraestructura para continuar el impulso de la petroquímica y la consolidación de los centros urbanos.³⁵

Entre 1960 y 1980 la población de la zona de estudio se quintuplicó, tan sólo la ciudad de Coatzacoalcos pasó de 19 000 a 121 000 hab, la ciudad de Minatitlán triplicó la suya, al pasar en el mismo lapso de 35 000 a 116 000 hab. También otras ciudades tuvieron crecimientos espectaculares, como Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste y Nanchital de Lázaro Cárdenas.³⁶

Posteriormente la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) implementó el programa de 100 ciudades que favoreció a localidades que presentaban una consolidación urbana junto con una oferta de servicios de bienestar, que la federación reforzará o impulsará, dependiendo de las políticas de desarrollo urbano estatal, siendo en ambos casos mayormente favorecidas las áreas conurbadas de Coatzacoalcos – Nanchital y Minatitlán – Cosoleacaque.

En los últimos 25 años la población del área de estudio pasó de 238 300 hab. en 1970 a 514 000 hab. para 1995, un crecimiento mayor al 40 %, la tasa de crecimiento para Ixhuatlán del Sureste fue la mayor de la zona, de 3.72% anual, seguida de Coatzacoalcos, Minatitlán, con tasas de crecimiento superiores al 2.14 % anual.³⁷

La migración hacia la zona de estudio fue otro de los fenómenos sociales que promovieron el crecimiento acelerado de la población, que se toma como consecuencia de la instalación de zonas industriales (dotándolas de casi todos los servicios e infraestructura) sobre sitios donde la economía se basaba en actividades primarias.

La región de Coatzacoalcos comenzó a recibir una gran cantidad de gente proveniente de varios puntos de la república (principalmente de los estados de Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Puebla y Tabasco), desde principios de siglo, que es la época en que comenzó el auge de las exploraciones y explotaciones de hidrocarburos.

³⁵ I.M.P. 1998, Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos

³⁶ INEGI. 1990, Censo general de población y vivienda, Estado de Veracruz.

³⁷ INEGI. 1990, Censo general de población y vivienda, Estado de Veracruz

94° 40'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'

GOLFO DE MEXICO

GOATZACOALCOS

Alfonso

L. Peñas

Km 14

Mundo Nuevo

Barrabos

Nuevo Carizal

Villa Nanchal

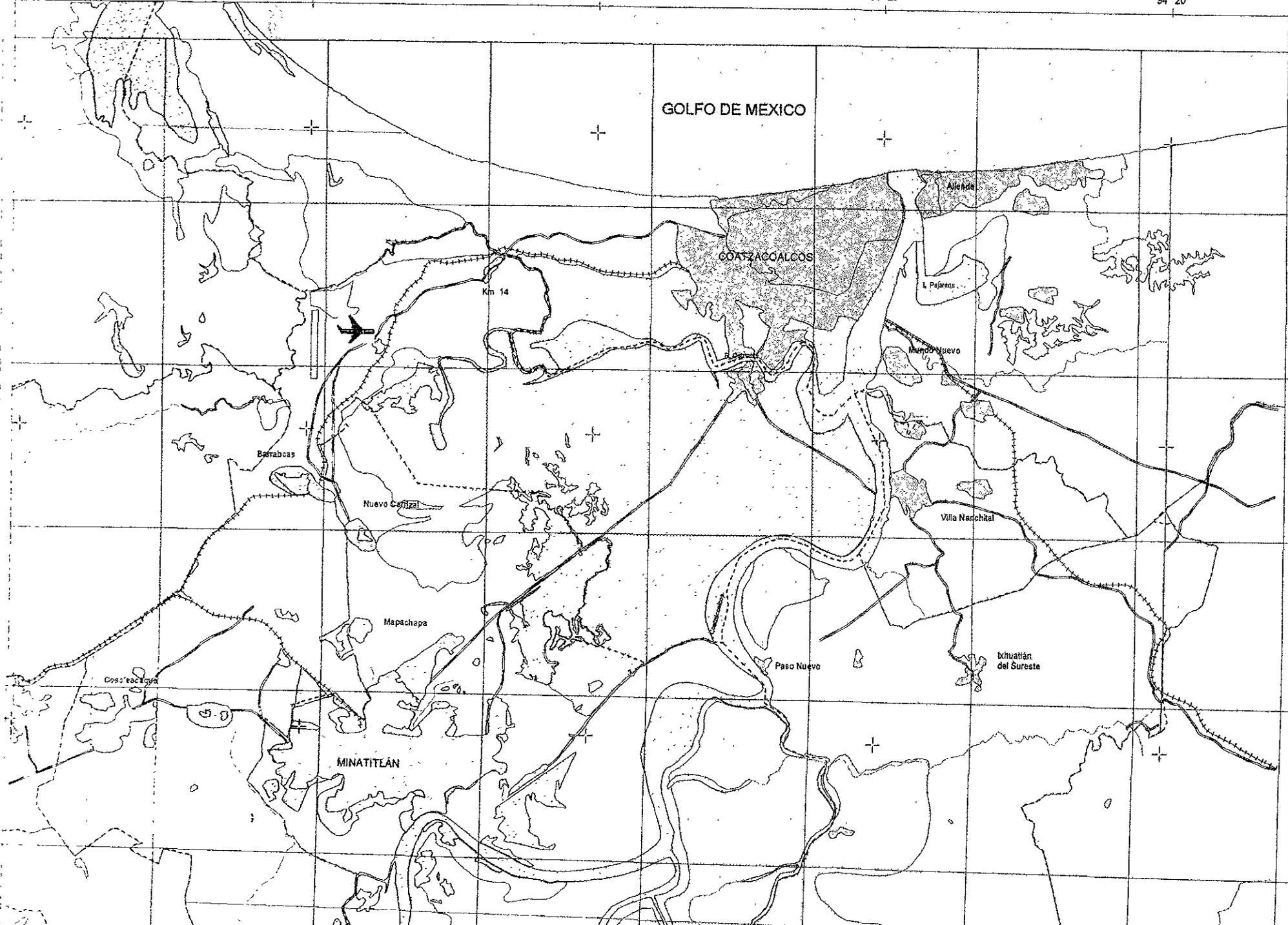
Mapachapa

Paso Nuevo

Estuación del Sureste

Cerro Coahuila

MINATITLÁN



En 1970, la población total del estado de Veracruz nacida en otra entidad representaba menos del 9%, para el municipio de Coatzacoalcos representó el 33.7%, que es uno de los niveles más altos a nivel nacional (comparado con algunas zonas turísticas como Can Cún o Acapulco), Ixhuatlán del Sureste con 18.9% del total de su población y Minatitlán con 18.14% sólo Cosoleacaque presentó un nivel relativamente bajo, del 9.8%, que es el más bajo de la zona y el más cercano al nivel estatal. (cuadro 1.3).

| Migración. | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Coatza. | Cosoleac. | Ixhuatlán | Minatitlán | Nanchital | Estado |
| Pob tot. 1970 | 109588 | 20531 | 13635 | 94621 | | 3815422 |
| Pob. Nac. Entidad | 72797 | 18512 | 11047 | 77454 | | 3482958 |
| Pob. Nac. Otra Entidad | 36560 | 2015 | 2577 | 17069 | | 328875 |
| % Pob. Nac. Otra entidad | 33.4 | 9.8 | 18.9 | 18.0 | 0.0 | 8.6 |
| Pob tot. 1980 | 186129 | 43771 | 21617 | 145268 | | 5387680 |
| Pob. Nac. Entidad | 119856 | 37959 | 16564 | 110688 | | 4790161 |
| Pob. Nac. Otra Entidad | 64049 | 4624 | 4695 | 32620 | | 513007 |
| % Pob. Nac. Otra entidad | 34.4 | 10.6 | 21.7 | 22.5 | 0.0 | 9.5 |
| Pob tot. 1990 | 233115 | 46726 | 11942 | 195523 | 26723 | 6228239 |
| Pob. Nac. Entidad | 161699 | 41776 | 10166 | 158686 | 19668 | 5597605 |
| Pob. Nac. Otra Entidad | 69513 | 3588 | 1673 | 35677 | 6823 | 630634 |
| % Pob. Nac. Otra entidad | 29.8 | 7.7 | 14.0 | 18.2 | 25.5 | 10.1 |

Cuadro 1.3. Población migrante.
(fuente: Censos de Población 1970, 1980 y 1990).

La inmigración de población es más notoria a partir de la década de los setenta, en el cuadro 1.3 se puede observar que todos los municipios de la zona de estudio están por encima de la media estatal de migración, además la zona esta catalogada como de alta atracción.³⁸

Los procesos de colonización y crecimiento acelerado de la población han provocado serios problemas a las autoridades políticas de la región, tales como la necesidad de dotar de infraestructura urbana y servicios a las zonas urbanas nuevas, además del considerable aumento de las densidades de población.

DISTRIBUCION DE LA POBLACIÓN.

La zona de estudio presenta dos fenómenos bien definidos respecto a la distribución de la población. En primer lugar, se da una alta concentración en los centros urbanos, ya que más del 70 % de la población se localiza en dos ciudades con más de 150 000 hab. que son Coatzacoalcos y Minatitlán (para esta última se tomó en cuenta la parte de la ciudad que se encuentra dentro del municipio de Cosoleacaque), se identificaron dos localidades con más de 20 000 hab. que contiene al 10% de la población de la zona y dos localidades entre 10 000 y 20 000 hab. (ver cuadro 1.4).

³⁸ Instituto de Geografía, 1992. Atlas nacional de México

| Tamaño de la localidad | Número de localidades | No. De habitantes | % Respecto a la población del area de estudio |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|---|
| > 150 000 hab. | 2 | 340 277 | 75. 21 |
| de 20 000 a 40 000 hab. | 2 | 47 100 | 10. 41 |
| de 10 000 a 20 000 Hab. | 2 | 29 823 | 6. 59 |
| < 10 000 Hab. | 14 | 30 064 | 6. 64 |
| Demás localidades. | | 5 123 | 1. 13 |

Cuadro 1.4. Distribución de la población dentro de la zona de estudio.

Según los censos de población y vivienda de 1990, la mayor parte de la población de la zona de estudio está concentrada en dos grandes zonas, una que corresponde a la conurbación Coatzacoalcos-Villa Nanchital, que incluye a los poblados Allende y Mundo Nuevo (municipio de Coatzacoalcos), Ixhuatlán y Barragantitán (municipio de Ixhuatlán del Sureste) y Villa Nanchital (municipio de Nanchital de Lázaro Cárdenas) que en su conjunto absorben a más de 250 000 hab.

La segunda conurbación corresponde a la zona de Minatitlán-Cosoleacaque, abarca a los poblados de Minatitlán, Mapachapa y Capoacan (municipio de Minatitlán) y Cosoleacaque, Barrancas, San Pedro Mártir, Coacotla y Estero Pantano (municipio de Cosoleacaque), con más de 160 000 habitantes. En el cuadro 1.4 se puede observar que más del 90 % de la población se encuentra ubicada en los centros urbanos o conurbados.

El otro fenómeno social presente en la zona es la fuerte dispersión de la población en los medios rurales. En esta región la población rural representa menos del 2 % del total y se encuentra presente sólo en pequeñas localidades de menos de 500 habitantes, esto es debido a la fuerte migración de la población hacia las ciudades, de la transformación del uso del suelo agrícola a urbano o pastizales, además del crecimiento de las zonas urbanas sobre espacios rurales.

El sistema de ciudades del estado de Veracruz otorga la jerarquía de ciudad regional a Coatzacoalcos, por su concentración poblacional y la importancia económica, considera a la zona como polo transformador de productos petroquímicos, además de puerto comercial.

A la conurbación de Minatitlán-Cosoleacaque le corresponde la jerarquía de ciudad prestadora de servicios en apoyo a la de Coatzacoalcos, toda vez que en Coatzacoalcos se ubica el principal equipamiento regional dejando a la conurbación de Minatitlán el complemento de servicios que brinda la primera y donde se prevé suelo futuro para el emplazamiento de las instalaciones industriales.³⁹

³⁹ L.M.P. 1998: Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río coatzacoalcos

ESTRUCTURA DE LA POBLACION.

Dentro del estudio de la estructura de la población se tomo en cuenta los censos de población de 1970, 1980 y 1990, que es el periodo de tiempo en que la población de la zona de estudio ha crecido rápidamente, principalmente sobre zonas ecológicas.

Analizando las pirámides de edades de los municipios del área de estudio (anexo 1) se pueden observar los cambios en las estructuras de la población, principalmente entre 1970 y 1990.

Dichos cambios tienen sus orígenes en dos aspectos diferentes pero que se relacionan entre sí, el desarrollo industrial de la región de Coatzacoalcos que se traduce en generación de empleos, muchos de ellos temporales y a la fuerte migración ocurridos en diversos momentos históricos, siempre en busca de empleos.

Para 1970, la zona de estudio en general presenta pirámides de población que se caracterizan por la base ancha, con edades que corresponden entre 0 y 14 años y que representa el 44.5% del total de la población, el segundo grupo importante es el de 15 a 39 años, que es la edad en que la población pertenece a la fuerza de trabajo y representa el 40.3% del total de la población y por último, a partir del grupo de los 40 años las pirámides comienzan a disminuir considerablemente.

En las pirámides de 1980 se observa un importante aumento de población y cambios en sus estructuras, las bases continúan siendo anchas, con la característica de que en los municipios de Minatitlán y Cosoleacaque el grupo de 5-9 años es considerablemente mayor y la parte media de la pirámide, que corresponde al grupo de 10 a 29 años sigue conservando la misma forma que en 1970, con la particularidad de que la población femenina creció más rápidamente.

Para 1990, en las pirámides se observa un cambio en la estructura de la población, la edad media de la población es de sólo 15 años lo que representa, en todos los casos, que la mitad de la población es adolescente.

La proporción por sexo en los tres primeros grupos quinquenales (entre 0 y 14 años) muestra un predominio de población masculina, sin embargo esta situación se invierte a partir del grupo de 15 años donde la población femenina es mayor.

Para este año sobresale un cambio en la estructura demográfica donde existe un adelgazamiento de las bases de la pirámide y la edad mediana se desplaza a los 19 años, esto es posiblemente resultado de la fuerte migración de gente joven en los últimos 20 años, superando con ello a la población infantil.

Las pirámides de población en general conservan la base ancha, en el municipio de Coatzacoalcos la base ancha es muy similar a la parte media, es decir, hasta el intervalo de 29 años, lo que representa un aumento acelerado de población joven y otro tanto de población infantil que pronto se sumará a la fuerza productiva, algo muy similar sucede con Minatitlán, sólo que el intervalo de 20 años la pirámide comienza a disminuir gradualmente, la población femenina es mayor.

El municipio de Ixhuatlán del Sureste presentó cambios bruscos en su estructura demográfica debido a que parte de su territorio y población pasó a formar parte del nuevo municipio de Nanchital, la pirámide de población presenta la base ancha hasta el intervalo de 10 años y tiende a ser más angosta en la parte media, lo que significa que predomina la población infantil. La población masculina sigue siendo mayoritaria (ver Pirámides de Población, anexo 1).

B) ECONOMÍA

Los aspectos económicos, al igual que los aspectos sociales están ligados al desarrollo o crecimiento de las actividades económicas de la región de Coatzacoalcos, es decir, cualquier cambio que se de en cuanto al desarrollo de la actividad económica se ve reflejado inmediatamente en la estructura social y económica de la región.

La región de la cuenca baja del río Coatzacoalcos a partir de 1960 experimento cambios drásticos en las actividades económicas, como la reducción de población dedicadas a actividades primarias (agricultura, ganadería y pesca) y el incremento acelerado en actividades secundarias.

Este cambio drástico es debido principalmente al fortalecimiento de las actividades industriales en la región bajo el modelo de sustitución de importaciones, con el cual las actividades primarias dejaron de ser el soporte económico de la zona, además del crecimiento de la zona metropolitana o corredor industrial de C-M-C que se impulsa como la mayor plataforma petroquímica del país, como parte estratégica de la economía nacional.

En 1970 la población económicamente activa (PEA) de la zona de estudio era de 64 159 hab. que representa al 26.9% del total de la población, el nivel de desempleo era bajo ya que sólo el 5.14 % de la PEA era desempleado.⁴⁰

En cuanto a la rama de actividades, en el cuadro 1.5 se puede notar que en los municipios de Coatzacoalcos, Ixhuatlán y Minatitlán la mayoría de la fuerza de trabajo se encontraba empleada en el sector petrolero, laborando principalmente en los pozos de extracción de petróleo, como en el caso de Ixhuatlán del Sureste donde el 40% de la PEA laboraba en dichos lugares.

También es importante mencionar que la fuerza de trabajo la conformaban casi en su totalidad los hombres, superior al 80% en todos los municipios de la zona de estudio, lo que da una idea del tipo de empleos disponibles para la región, que en su mayoría se refieren a trabajos pesados como la construcción o en pozos petroleros.

En el municipio de Cosoleacaque las actividades agrícolas y ganaderas eran las más importantes ya que el desarrollo industrial de la zona apenas comenzaba y sólo ocupaba espacios pequeños cercanos a las ciudades.

⁴⁰ INI GI, 1970 Censo general de población y vivienda.

CUADRO 1.5 POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA POR RAMA DE ACTIVIDAD. 1970

| Entidad | P. E. A. | | P.E.I.* | Act. Primarias | Ind. Petróleo | Ind. Extract. | Ind. Transform. | Comercio | Servicios |
|---------------|----------|----------|---------|----------------|---------------|---------------|-----------------|----------|-----------|
| | ocup. | desocup. | | | | | | | |
| Coatzacoalcos | 29188 | 2156 | 37133 | 3157 | 5477 | 363 | 3820 | 4636 | 6753 |
| Cosoleacaque | 4691 | 274 | 7045 | 2264 | 153 | 83 | 722 | 315 | 315 |
| Ixhuatlán | 3079 | 150 | 5105 | 658 | 1319 | 6 | 202 | 213 | 290 |
| Minatitlán | 23901 | 720 | 33578 | 5667 | 5142 | 766 | 2476 | 2236 | 3404 |

Fuente. Censo General de Población y Vivienda del estado de Veracruz, 1970. INEGI

* Población Económicamente Inactiva, referida a población mayor de 12 años en condiciones de trabajar.

Para 1980 sucede un fenómeno extraño, el desempleo disminuye sorprendentemente, principalmente en la población masculina. Esto se debe fundamentalmente a dos factores importantes, por una parte las industrias de la región, particularmente petroquímicas, químicas y centros de refinación, requieren de una alta cantidad de mano de obra en los procesos de construcción, más no en los procesos de operación, por lo que en el arranque de las plantas el nivel de ocupación de personal se redujo drásticamente y los empleados de la construcción pasan a formar parte de los desempleados, por otro lado, el nivel de automatización de los procesos de producción es cada vez mayor, en donde la utilización de personal se reduce.

La segunda actividad importante es la de construcción (como ya se mencionó anteriormente, en la mayoría de las veces son temporales). Para este mismo año, debido al crecimiento de la población y a la consolidación de grandes ciudades como Minatitlán y Coatzacoalcos, las actividades terciarias comienzan a destacar principalmente en el área de servicios y comercio. La participación de la población femenil en los centros de trabajo es más significativa.

Para 1990 la estructura económica cambió por el aumento de población, es decir, la población económicamente activa aumentó a 154 828 hab. que es el 34 % del total de la población de la zona de estudio, distribuida de la siguiente manera.

Para el municipio de Coatzacoalcos la PEA fue de 75 807 hab. distribuida en 17.6% a la industria manufacturera, el 14.2% en servicio, 10.9% al comercio y 9.8% a la construcción.

El municipio de Cosoleacaque la PEA fue de 11 949 hab. distribuidas en las siguientes ramas, 8.3% en actividades primarias, principalmente agricultura y ganadería, el 14.4% en la industria manufacturera y el 8.1% en la construcción. Es importante mencionar que en este municipio la actividades primarias tiene más importancia que en los demás municipios de la zona de estudio.

Ixhuatlán del Sureste registró a una PEA de 3 196 hab. de los cuales el 10% lo ocupa el sector primario. La industria manufacturera representa el 18.5% y la industria de la construcción es la rama que mayor población ocupa, con 25.2%.

La PEA de Minatitlán fue de 55 412 hab. distribuidas de la siguiente manera. 19.2% a actividades primarias, 19.0% a la industria manufacturera y el 11.8 % en servicios.

Como resumen general se puede mencionar que la población ocupada tiene un peso importante en el sector terciario, el cual llega a un 47.4%, le sigue en importancia el sector secundario con 29.5%, por último el sector terciario que aporta el 10% de la mano de obra de la zona de estudio.

1.3 CONCEPTOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

El desarrollo de la tecnología en los últimos años ha beneficiado enormemente a las diferentes ramas de la ciencia, permitiendo un mayor avance en cuanto a niveles de conocimiento se refiere. Como caso específico se puede mencionar a la computación, que es una de las áreas que mayores avances y beneficios ha traído a la ciencia y tecnología, debido a que su origen se da dentro del contexto general de *sociedad de la información* en donde es necesario e indispensable un mayor manejo y procesamiento de información para la obtención de resultados concretos y rápidos, con la finalidad de resolver problemas y contestar a las preguntas de forma inmediata.

Dentro de este concepto, el avance de la computación en las últimas décadas ha dado como resultado el desarrollo de un conjunto de programas de computo conocidos como *Sistemas de Información Geográficas* (SIG ó GIS por sus siglas en inglés), que es una nueva tecnología que forma parte del ámbito más extenso de los sistemas de información y que sin lugar a dudas ha revolucionado los estudios referentes a los recursos naturales en todo el mundo.

Los primeros SIG se desarrollan en la década de los sesentas, siendo Canadá el país pionero en esta tecnología, extendiéndose rápidamente hacia su vecino del sur y posteriormente Europa. El creciente interés por la planificación del medio ambiente permitió que los SIG se consolidaran en la década de los setentas, paralelamente al vertiginoso desarrollo de los equipos de computo.⁴¹

Los sistemas de información computarizados son programas o conjunto de programas diseñados para representar y gestionar grandes volúmenes de datos sobre ciertos aspectos del mundo real, permitiendo llevar a cabo operaciones (que antes se realizaban de forma manual y con alto grado de error) de forma automática mediante tales sistemas, además de que permiten producir, a partir de datos no tratados, información útil en la toma de decisiones.

Los SIG facilitan la gestión y el análisis de la información espacial, convirtiéndose así en una herramienta útil y prácticamente necesaria para aquellos profesionales dedicados a los estudios del territorio, como geógrafos, biólogos, geólogos, ecólogos, etc. Se trata de sofisticadas herramientas multipropósitos con aplicaciones en campos tan variados como la ordenación del territorio, la cuantificación y diagnóstico de los recursos naturales, la planificación urbana, la gestión catastral, la planificación del transporte, el mantenimiento y la gestión de redes públicas, el análisis de mercado, etc.⁴²

El desarrollo de los SIG ha conducido a que se consideren cada vez más los conceptos teóricos y las metodologías geográficas que se habían utilizado hasta ahora en los estudios del territorio, debido a que el empleo de esta tecnología permite integrar y analizar gran cantidad de información de naturaleza espacial y no espacial, que hasta hace poco tiempo era muy difícil o imposible hacer de manera "manual" o mediante "interpretación visual".⁴³

⁴¹ Chouvioco, A. 1995. Fundamentos de teledetección espacial

⁴² . Gutiérrez Puebla, J. 1995. SIG. Sistemas de información geográfica

⁴³ Lopez Blanco, J. 1997. Evaluaciones geomorfológicas y de recursos naturales aplicando un sistema de información geográfica

Definiciones de SIG. En la actualidad existe una gran cantidad de definiciones acerca de los SIG, debido a su amplia difusión, a tal grado que no se ha logrado llegar a una definición única o universal que logre integrar en una frase todo lo que los SIG encierran.

Se puede mencionar entre las definiciones más completas de *sistemas de información geográfica* (SIG) al Conjunto de programas de computo que permiten la colección, el almacenamiento y el análisis espacial de objetos o fenómenos del mundo real, de los que es importante considerar su posición respecto a un sistema de coordenadas conocidas y sus atributos o características propias, así como las interrelaciones espaciales de estos elementos con otros objetos o fenómenos presentes en el espacio geográfico.⁴⁴

Es necesario agregar que los SIG están diseñados para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas, además por su almacenamiento de información permite la elaboración de cartografía (facilitando la ubicación exacta de elementos en el espacio y con respecto de otros elementos) e información alfanumérica (datos sobre las características o atributos de cada elemento geográfico). Este hecho, el de trabajar con información espacial, es lo que diferencia básicamente a los SIG de otros sistemas de información.

Como se mencionó anteriormente existen varias definiciones sobre SIG, de las cuales las siguientes también son consideradas las más completas.

Dueker. (1979). Un caso especial de sistema de información en el que la base de datos consiste en observaciones sobre elementos, actividades o sucesos distribuidos espacialmente, que se pueden definir en el espacio como punto, líneas o áreas. Un SIG manipula los datos sobre puntos, líneas y áreas, recuperando los datos para preguntas y análisis.

Burrough (1986). Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real.

Department of the Environment. (1987). Un sistema para la captura, almacenamiento, corrección, análisis y presentación de datos que están espacialmente referenciados sobre la tierra.

Aronoff (1989). Cualquier conjunto de procedimientos manuales o basados en computadoras, usados para guardar y manejar datos geográficamente referenciados.

Carter. (1989). Una entidad institucional que refleja una estructura organizada que integra la tecnología con una base de datos, expertos y soporte financiero continuo a través del tiempo.

⁴⁴ Gutiérrez Puebla J. 1995. Op. Cit

* Definiciones citadas en Luna González, Laura. 1997. Los sistemas de información geográfica. Una alternativa para el análisis socioespacial de los accidentes de tránsito en carretera

A) APLICACIONES.

Se podrían seguir mencionando definiciones sobre SIG ya que prácticamente existen tantas definiciones como autores que escriben sobre el tema, sin embargo se pueden retomar como ideas principales las siguientes y que son las principales aplicaciones.

Los SIG poseen alta capacidad para almacenar, procesar, organizar, consultar y actualizar gran cantidad de información, con lo cual se refleja en beneficios de menor tiempo de trabajo y por ende, reducción de costos, menor posibilidad de errores y resultados concretos y específicos.

Debido a que se maneja una gran cantidad de información, además de las características anteriormente mencionadas, esto permite un análisis detallado sobre los elementos o fenómenos que se están estudiando.

Por tratarse de información procesada o tratada por medio de computadoras se puede realizar un intercambio de información (exportación – importación) hacia otras estaciones de trabajo o paquetes computacionales.

Presenta la ventaja de que al tener definido y analizado un fenómeno determinado, además de la cantidad y procesamiento de información, se puede hacer una *referenciación* espacial de los elementos a estudiar, dotándolos de sistemas de coordenadas, llamadas también *georeferencia*, que es una de las características principales.

Al terminar el procesamiento y análisis de la información georeferenciada, el resultado final se puede vertir en uno o varios mapas temáticos, a diferentes escalas y proyecciones, facilitando la presentación de resultados o el manejo de información para usuarios externos.

Por el tipo y calidad de información que maneja el SIG, además de los resultados obtenidos, a partir de los datos geográficos existentes se puede generar nueva información.

Joaquín Bosque Sendra⁴⁵ hace un análisis del origen de los SIG, señalando que son un producto teórico, donde se intentaba resolver el problema de cómo representar en mancha digital la información geográfica.

Posteriormente señala que dos cuestiones son fundamentales en el proceso de esquematizar la realidad para convertirla en el modelo representado en la base de datos. En primer lugar, la manera en que se concibe el mundo real y después cómo sintetizar los diversos componentes de la información geográfica.

El mismo autor señala que *tomando en cuenta la forma de trabajar de los SIG que es en forma de "capas" o "estratos" o "layer" el mundo real está compuesto de infinitos lugares cuya localización se puede medir con cualquier grado de precisión espacial a través de un sistema de coordenadas. La geografía de ese mundo se organiza en distintas variables temáticas, cuyos valores se pueden estimar en cualquier lugar. Cada variable es un estrato (capa) de la base de datos. En cada estrato los datos tienen los mismos componentes conceptuales.*

⁴⁵ Bosque Sendra, Joaquín 1992. Sistemas de información geográfica

Por otro lado, en la misma obra, Bosque Sendra menciona los componentes conceptuales de un dato geográfico que habitualmente son considerados y representados en los SIG.

Espacial.

Geometría. Posición absoluta de cada objeto respecto a unos ejes de coordenadas, también denominada Georeferencia.

Topología. Relaciones entre los objetos, tales como posición, dimensión, forma, etc. respecto a los demás elementos.

Temático. Variables ligadas a cada objeto (Numero de población, tráfico vehicular, accidentes de tránsito, grados y tipos de contaminación en cuerpos de agua, tipo de vegetación, índice de calidad del aire, etc.).

Los SIG deben de ser capaces de ser capaces de resolver o solucionar los siguientes problemas.⁴⁶

| | | |
|---------------|---|---|
| LOCALIZACIÓN. | ¿Qué hay en...? ¿Qué está en ...? | Se refiere conocer, identificar y localizar los elementos presentes en el sitio que se va a estudiar. |
| CONDICIÓN. | ¿Dónde está ...? ¿Dónde sucede que...? | Analizados los elementos del área de estudio, se identifican aquellos con características definidas, para esto se aplican análisis espaciales. |
| TENDENCIA. | ¿Qué ha cambiado ...? ¿Cómo ha cambiado ...? | En esta parte se determinan los cambios que ha sufrido un fenómeno o elemento en un periodo de tiempo determinado |
| RUTAS. | ¿Cuál es el mejor camino y/o sitio? ¿Cuál es el camino óptimo a? | En esta parte se trata de definir o determinar el camino, la ruta, o la decisión más adecuada para satisfacer las necesidades del trabajo. |
| PATRONES. | ¿Qué patrones especiales existen? ¿Qué patrón sigue el ...? | Aquí se intenta determinar los procesos o dinámicas que se presentan en un fenómeno, cual es su comportamiento normal en el espacio. |
| MODELOS. | ¿Qué ocurriría si....? ¿Qué va a pasar si ...? | Es la culminación del análisis espacial del SIG, con el cual se deben crear tipos o modelos que representen los posibles comportamientos a futuro de un fenómeno. |

Cuadro 1.6. Cuestiones que debe resolver un SIG.

El cuadro 1.6 contiene la información útil y necesaria sobre las actividades o funciones que debe desarrollar un SIG, esas “funciones” no son más que el resultado del procesamiento y análisis que se realiza a partir de una base de datos.

Dichas funciones también son conocidas como niveles de complejidad de análisis y son elementales en los SIG, por tal motivo son parte fundamental en la realización del presente trabajo.

⁴⁶ Información tomada de López Blanco, Jorge, 1997, Evaluaciones geomorfológicas y de recursos naturales aplicando un sistema de información geográfica, y citadas inicialmente por Burrough, (1991), ESRI, (1990) y Maguire (1991).

ELEMENTOS BASICOS DE UN SIG.

Los SIG, al igual que los demás sistemas de cómputo, requieren de ciertos elementos necesarios para poder trabajar, sin los cuales sería prácticamente imposible desarrollar sus actividades.

Básicamente son tres los elementos necesarios, dos corresponden (al igual que a todo sistema de cómputo) a aspectos de maquinaria y paquetería (Hardware y Software), mientras que el tercero se refiere a la finalidad o utilidad que se le da, es decir, al uso y/o adaptaciones que se hacen para obtener un resultado determinado.

El primer elemento se refiere a los aspectos de maquinaria, que es básicamente la computadora con todos sus implementos, que comprende desde una gran variedad de computadoras personales hasta las más potentes estaciones de trabajo.

El segundo componente son los programas o paquetes de cómputo diseñados para desarrollar una función o tarea específica y forman los sistemas de información. Dentro de los SIG, el programa tiende a realizar trabajos específicos que se encuentran estructurados en módulos, tales como los de entrada y salida de información, procesamiento de la base de datos, análisis de información y salida de datos.

Entrada, transformación y verificación de datos. Esta función se refiere a los procesos de captura y transformación de los datos obtenidos (mediante recopilación) de diferentes fuentes para formar la base de datos con formatos que puedan ser utilizados por los SIG.

Las fuentes de los datos son variados y dependen del tipo de trabajo que se realice o la finalidad que se busque. Estos pueden ser mapas, imágenes de satélite, información digital existente, fotografías aéreas, videoimágenes, observaciones de campo, etc.

Para que todo tipo de información sea compatible dentro del SIG es necesario que todos se alojen en un mismo soporte (digital) con el mismo formato y sujetos a un mismo sistema de referencia⁴⁷ por lo tanto la entrada y transformación de información debe de ajustarse para ser compatible con el ordenador que soporte el SIG.

Almacenamiento y manejo de la base de datos. Estas funciones, como su nombre lo indica, se encargan de estructurar y manejar la base de datos del sistema, tomando en cuenta las partes consideradas para el análisis, tales como elementos del mapa (polígonos, puntos, líneas, arcos, etc. también conocidas como características topológicas) y los atributos correspondientes de la información.

Procesamiento y análisis de la información. Estas funciones incluyen a cualquier operación que transforme las variables originales en información ya analizada o dicho de otra forma, es el proceso en que se toma la información que se encuentra en la base de datos para darle alguna utilidad, tales como trazar la ruta óptima entre varios puntos, generar modelos digitales del terreno, señalar corredores en torno a un polígono o línea, superponer de formas diversas dos o más mapas, ajustar mapas a escalas requeridas, generar nueva información, etc.

⁴⁷ Luna, Laura 1997, Op Cit

A todo lo anterior se le conoce como *análisis de información* y es aquí en donde el SIG cobra su mayor importancia frente a las herramientas analíticas convencionales o sistemas cartográficos asistidos por computadora.

ESRI (1992), señala que el componente de análisis espacial es aquella parte en donde el SIG adquiere su valor real ya que algunas aplicaciones analíticas realizadas de manera manual podrían consumir demasiado tiempo o serían prácticamente imposibles de realizar, pero mediante un SIG automatizado puede ser ejecutado con mayor eficiencia.⁴⁸

Salida y presentación de resultados. Estas funciones se relacionan con las diferentes opciones de presentación de resultados del análisis de la información. La presentación de resultados puede ir desde el simple despliegue de la imagen en la pantalla de la máquina hasta la conversión a formatos digitales, pasando por la impresión en papel de diferentes dimensiones.

Para el caso de los SIG estas funciones permiten aprovechar las diferentes formas de presentación de resultados para obtener trabajos de calidad (mapas, tablas, imágenes, gráficas) a diferentes tamaños y escalas. En esta parte es necesario auxiliarse de herramientas de representación gráfica, como impresoras de distintos tipos y Plotters.

Usos y adaptaciones. Esto corresponde al tercer elemento básico de funcionamiento del SIG y se refiere a la parte teórica y conceptual, en donde el uso o finalidad se va a dar en función de las necesidades y requerimientos del trabajo que se esté realizando y donde se debe seleccionar y desarrollar el SIG que cubra más ampliamente los objetivos y expectativas del trabajo.

Como primer punto, es necesario señalar que para la selección del SIG se debe definir realmente cual es el problema a resolver y determinar cual es el sistema más adecuado a utilizar (esto incluye la utilización de maquinaria y programas apropiados).

De la misma forma es necesario definir los tipos de información que se requieren para alimentar al SIG, los formatos de manejo de información gráfica (raster y/o vector) adecuados para el análisis y las formas y/o formatos de captura de la información gráfica y no gráfica.⁴⁹

Por último seleccionar la forma en que se presentarán los resultados del trabajo, tales como mapas impresos, tablas, gráficas, resúmenes estadísticos, escritos, reportes, etc.

Existe un cuarto elemento que también es necesario para el SIG y es el *personal* que constituye una pieza clave en el funcionamiento. La formación de expertos en sistemas de información geográfica es una cuestión fundamental ya que sin el personal debidamente capacitado no se pueden obtener resultados satisfactorios.

Por lo anterior se puede decir que de poco sirve tener un moderno equipo de cómputo e instalar programas de análisis de información geográfica si no se tiene al personal calificado capaz de sacar el mayor provecho al SIG o lograr los objetivos establecidos. Por tal motivo, al planear instalar nueva tecnología, como un SIG, entre las cuestiones técnicas se debe de tomar en cuenta la necesaria capacitación del personal técnico.

⁴⁸ Gutiérrez Puebla, J 1995 Op Cit.

⁴⁹ Choubieco, A 1995 Fundamentos de teledetección espacial

DATOS GEOGRAFICOS Y SU REPRESENTACIÓN.

Como ya se ha dicho anteriormente, el desarrollo tecnológico de los sistemas de información geográfica en los últimos años los ha llevado a consolidarse como una herramienta útil y necesaria para el procesamiento y análisis de información.

El uso de esta tecnología implica cuestiones complejas que van desde el manejo y diseño de *paquetería* hasta el conocimiento de la naturaleza de los datos geográficos. De hecho la información geográfica tiene características únicas desde su recolección, compilación y análisis. La realidad representada por la información geográfica es frecuentemente continua y siempre infinitamente compleja, por lo que tiene que ser abstraída, generalizada o interpretada para su posterior tratamiento y análisis.⁵⁰

Los datos geográficos se componen por tres variables, que son la *temporal*, *espacial* y *temática*, que se caracterizan por estar unidas entre sí y al hablar de una necesariamente se debe de hablar de las demás.

Como ejemplo se puede señalar el estudio de contaminación en una determinada zona, en donde el impacto se presenta sobre algún sitio (variable de localización espacial, que para la presente tesis se refiere al corredor industrial de Coatzacoalcos-Cosoleacaque-Minatitlán) en un momento determinado (variable temporal, que puede ser de pequeños a largos periodos de tiempo) y que presenta ciertas características y/o consecuencias (variable temática, que puede ser la contaminación de los cuerpos de agua).

En resumen, la variable espacial se refiere a la localización geográfica (mediante sistemas de coordenadas) y a las propiedades espaciales de los objetos (longitud, forma, pendiente, orientación, dimensión, proximidad, conectividad, etc.).

Variable temporal. El tiempo es un elemento esencial en los estudios geográficos ya que los hechos o fenómenos suceden en momentos determinados o son el resultado de procesos en periodos de tiempo. Los geógrafos clásicos franceses señalan que las interpretaciones de las configuraciones geográficas presentes requieren de conocimiento de su desarrollo histórico.

En la *variable temática* cada elemento del mundo real o de un fenómeno que se estudia tiene sus propias (y únicas) características, también conocidas como atributos, que le dan a cada elemento un toque especial. Así cada atributo se relaciona con nombres, claves, cifras, componentes, etc.

Las distribuciones espaciales se ven modificadas en el curso del tiempo, por ejemplo un mapa de vegetación necesita actualizarse constantemente ya que por diferentes motivos (tales como deforestación, crecimiento de zonas pobladas, introducción de alguna actividad económica, etc.) se ve modificado en su estructura.

⁵⁰ . Gutiérrez P, Javier, 1995. Op Cit.

B) ARC / INFO.

Arc/Info fue desarrollado por Environmental System Research Institute (ESRI, en Redlands, California, Estados Unidos) cuyo objetivo fue crear un sistema genérico apto para ser utilizado en una gran variedad de trabajos de geoprocés, además de responder a la necesidad de manejar y analizar grandes volúmenes de datos espaciales junto con sus atributos temáticos asociados, todo ello dentro de un sistema de coordenadas terrestres que permitan tener la coherencia de la información recogida.⁵¹

El término Arc/Info se compone de dos palabras que son claves para entender su fundamento.

Arc es un sistema el cual permite manejar y manipular información que contiene coordenadas (georeferenciados) y topología (relaciones de los objetos o fenómenos entre sí) que también es utilizado en otros sistemas de información geográfica como Arc View.

Info, que deriva de la palabra Henco, es la capacidad de almacenar y manejar los atributos temáticos asociados (también llamado modelo racional).⁵²

Por lo tanto Arc/Info es un sistema de información geográfica que permite manejar, relacionar, asociar y manipular información del medio físico, georeferenciados a un sistema de coordenadas, todo esto con una elevada capacidad de almacenamiento y manejo de los atributos temáticos asociados, con la posibilidad de crear-nueva información a partir del análisis de la ya existente y representar en forma gráfica los resultados obtenidos.

Asimismo el programa Arc/Info es un sistema de información geográfica utilizado para automatizar, manipular, analizar y desplegar información geográfica en formato digital. Se caracteriza por su modelo de datos, su diseño modular, la habilidad para integrar muchos tipos de datos, la utilidad para desarrollar aplicaciones específicas en diferentes fases, su propio macrolenguaje (SML) y la habilidad para operar en muchos tipos de computadoras con una variedad de hardware gráficos.⁵³

Arc / Info está diseñado en una serie de seis softwares integrados en módulos que combinan las herramientas fundamentales de los SIG, tales como utilerías para diseños cartográficos y consultas, entrada de datos y edición, traslación de datos, poligonización y área de influencia.

La diferencia que existe de Arc/Info respecto a otros SIG es la alta capacidad de análisis de los elementos o datos, gracias a que la organización del sistema está dada en tal forma que las vertientes espacial y temática se articulan en dos sistemas independientes, aunque relacionados, de manera que cualquier actualización en uno de ellos se refleja automáticamente en el otro.⁵⁴

Organización de Arc/Info Existen dos versiones del programa y la diferencia está en la estación de trabajo en que se desarrolla el programa. Uno se refiere al sistema operativo Unix, que es la versión de mayor potencia y capacidad de manejo de información.

⁵¹ Bosque Sendra, J. Et al 1994. Sistemas de información geográficas: practicas con Pc Arc/Info e Idrisi..

⁵² ESRI 1994 Pe. Arc/Info, user guides

⁵³ ESRI 1994, Op Cit

⁵⁴ Bosque Sendra J 1995 Op Cit

La otra versión se refiere al programa que trabaja en computadoras personales o PC y se llama PC Arc/Info y es el programa sobre el cual se basa el presente estudio de tesis.

ORGANIZACIÓN. El programa PC Arc/Info está estructurado en una serie de 6 subsistemas, cada uno de los cuales tiene funciones específicas pero que están unidos entre sí por un programa base llamado *Starter Kit* que es una potente base de datos relacional (figura 1.A).

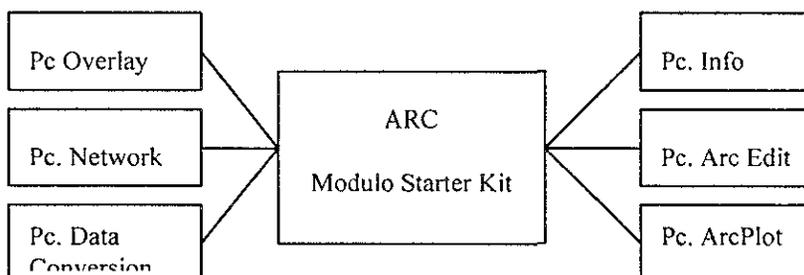


Figura 1.A. Estructura de Pc Arc/Info.

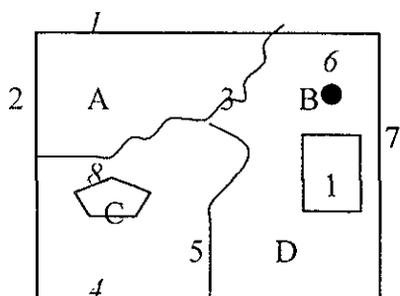
- Pc. Overlay. Permite la manipulación y el análisis de la información geográfica tales como superposición de polígonos, unión de coberturas adyacentes, extracción de áreas dentro de una capa temática, todo esto basado en una estructura georelacional o estructura de topología.
- Pc. Network. Permite trabajar con una red de trabajo, donde dicha red es el elemento esencial del análisis, su función principal es encontrar rutas o caminos óptimos entre dos puntos tomando en cuenta las posibilidades e impedimentos, identificar zonas de influencia en la red, e identifica o ubica rasgos de una cobertura en otra completamente distinta, como por ejemplo puntos en una cobertura de líneas, etc.
- Pc. Data Conversion. Es la posibilidad de intercambio de información con otros paquetes de trabajo con extensiones como DXF, ATLAS, IGES, MOSS, que son formatos vectoriales.
- Pc. Info. Es el programa que permite el manejo de las bases de datos temáticos relacionados.
- Pc Arc Edit. Permite digitalizar y editar de forma interactiva tanto los elementos gráficos como la base temática asociada.
- Pc Arc Plot. Permite la creación o edición final de un mapa, crea diferentes coberturas según las necesidades del usuario, da la posibilidad de seleccionar la simbología adecuada, y por último manda a impresión al nuevo documento cartográfico.

Arc/Info, al igual que otros SIG, esta estructurado en forma de coberturas que es la versión digital de un mapa simple que representa una sola capa de información espacial y cuyos datos están almacenados como puntos, líneas o polígonos y anotaciones relacionados topológicamente entre sí por medio de los archivos o tablas de atributos correspondientes, además cada uno de estos datos está georeferenciado.⁵⁵

⁵⁵ Luna Gonzalez, Laura 1997 Op Cit.

La relación que existe entre las diferentes coberturas es, por ejemplo, una serie de arcos que puede formar un polígono o una sucesión de puntos forma una línea, etc. y el elemento que relaciona a estas coberturas se conoce como topología.

El modelo topológico es un método matemático que se utiliza para establecer las relaciones espaciales entre los diferentes elementos geográficos representados en un mapa dentro de un SIG los diferentes tipos de relaciones espaciales se expresan en listas o tablas de los elementos gráficos del mapa digital, uno para cada tipo de elemento espacial, es decir, tablas sobre los puntos, líneas, polígonos y anotaciones que los definen.⁵⁶



Donde
 A = Polígono formado por líneas
 B = Punto que indica alguna localización.
 C = Polígono.
 D = Polígono formado por líneas.
 1 = Anotación.

Figura 1.B. Ejemplo de Topología.

| Polígono | N. de Arcos | Lista de arcos |
|----------|-------------|----------------|
| A | 3 | 1, 2, 3 |
| B | 1 | 6 |
| C | 1 | 8 |
| D | 5 | 3, 5, 4, 7, 1 |
| 1 | | |

Cuadro 1.7. Tabla relacional de la topología de la figura 1.B

En la figura 1.B se da un ejemplo de relación de puntos, líneas, polígonos y anotaciones de un mapa y en el cuadro 1.7 es el resultado de la asociación de los elementos después de realizar la topología.

La creación de la topología está dada por dos pasos elementales, en primer lugar la limpieza o *clean*, que es el proceso que genera una cobertura con las correcciones realizadas a un mapa, edita y corrige los errores de las coordenadas, ensambla líneas dentro de los polígonos y crea los atributos de la información para cada polígono.

Por último construcción o *Build* es el paso donde se crea la tabla de los atributos de la cobertura y define los polígonos, líneas, puntos y anotaciones de la cobertura.

Entre las características más importantes del programa Arc/info se encuentran, por un lado, que guarda cada cobertura en un archivo independiente, lo que permite manejar y manipular las coberturas libremente sin problemas de alterar a las demás, por otro lado, facilita utilizar únicamente las coberturas necesarias para realizar una operación o proceso dentro del programa.

⁵⁶ Joaquín Bosque 1994. Sistemas de información geográficas. Prácticas con Pc Arc/Info e Idrisi

BASE DE DATOS.

La principal función de una base de datos es la de ordenar y almacenar información espacial referente a un elemento contenido en un mapa, es decir, es la liga entre el elemento del mapa y los datos relacionados. Por ejemplo, una ciudad, en donde los límites, la traza urbana, el uso del suelo, áreas verdes, etc. aparecen en el mapa, pero la información referente a la población total, densidad de población, tasas de natalidad, etc. se almacena en la base de datos.

Existen diferentes formas de ordenar una base de datos, cada una adaptada según las necesidades de los usuarios, sin embargo entre las más comunes se encuentra la de tipo "relacional", que se basa en el principio de relación de elementos, estructurado en forma de tablas, donde en las filas se determinan los elementos geográficos a estudiar y en las columnas se muestran las variables temáticas asociadas, reservando una columna para incluir un elemento crucial de la descripción digital de la información geográfica, el identificador o nombre de cada elemento (cuadro 3.1).

| Identificador | Entidad. | Año de fundación | Población total (1990) | Superficie total (Km ²) |
|---------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Coatzacoalcos | 1881 | 233 115 | 471.16 |
| 2 | Cosoleacaque | 1831 | 46 726 | 234.42 |
| 3 | Ixhuatlán del Sureste | 1831 | 11 942 | 212.38 |
| 4 | Minatitlán | 1826 | 195 523 | 4 123.1 |
| 5 | Nanchital de Lázaro Cárdenas. | 1988 | 26 723 | 63.99 |

Cuadro 1.8 Ejemplo de la estructura de una base de datos de tipo relacional.

Dicho identificador es necesario dentro de los trabajos desarrollados en los SIG debido a que, como su nombre lo indica, es el valor o clave única de cada elemento y sirve para relacionar la información temática con el elemento del mapa, por lo tanto es necesario tener cuidado de que no existan dos nombres o identificadores exactamente iguales.

Este tipo de base de datos es el que se incorporó al SIG y que es el punto de partida para realizar la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua.

C) APLICACIONES AL AREA DE ESTUJO.

Para demostrar la importancia de la aplicación de los sistemas de información geográfica en el presente estudio es necesario tomar en cuenta dos puntos relevantes que se refieren a herramientas de análisis espacial y a elementos conformadores del espacio. Estos puntos parecieran ser distintos por el tipo de tema que tratan, pero que en la realidad son las bases que dan la esencia a la presente tesis.

Al hablar de las herramientas de análisis espacial, es necesario retomar los puntos principales del presente capítulo, donde se menciona que los SIG son un desarrollo tecnológico que han venido a beneficiar enormemente a diferentes ramas de la ciencia ya que permiten una rápida captura de información, un eficiente y seguro procesamiento de datos, además de diversas formas de presentación de resultados, todos ellos concretos y rápidos, con la finalidad de poder contestar preguntas y ser un gran apoyo en la toma de decisiones.

Debido a que los SIG permiten realizar análisis de información espacial se han convertido en instrumentos necesarios para profesionistas que tiene como finalidad el estudio del territorio, tales como ecólogos, geógrafos, biólogos, meteorólogos, geomorfólogos, químicos, edafólogos, zoológicos, sociólogos, economistas, etc.

La industria es considerada como uno de principales agentes responsables del deterioro ambiental, pues provoca alteraciones en el medio ambiente, tales como en la composición de la atmósfera, el agua, el suelo, generando residuos, etc.

El complejo portuario-industrial llamado Coatzacoalcos-Minatitlan-Cosoleacaque (C-M-C) en el estado de Veracruz, es una de las zonas con mayor desarrollo industrial y petrolero de México y donde este último elemento se ha convertido en la actividad que predomina sobre las demás actividades

Sin embargo, el corredor industrial C-M-C ha originado una serie de contradicciones entre el desarrollo industrial (básicamente petrolero) y la fragilidad ecológica y entorno social de la zona, ya que la generación de desechos industriales, aunado a esto, los desechos urbanos descargados sobre los cuerpos de agua del lugar (tales como ríos, lagos, esteros, etc.) de alguna manera afectan al ecosistema.

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de realizar estudios relacionados con los problemas de contaminación ambiental y desequilibrios ecológicos debido a la creciente preocupación de la sociedad en cuanto al futuro del medio ambiente.

Debido a la gran cantidad de información que se obtiene, producto de la consulta de gran cantidad de disciplinas científicas, métodos de estudios, tipos y clases de información, etc. es necesario apoyarse en herramientas que ayuden a una rápida captura, un almacenamiento adecuado y procesamiento eficiente de la información o base de datos, además que permita tener diferentes presentaciones de información (ya sea en forma escrita, estadísticas, en mapas, etc.).

Por lo tanto, el uso efectivo de grandes volúmenes de información espacial depende de la existencia de sistemas eficientes que puedan transformar estos datos en información utilizable. Un conocimiento amplio, exacto y preciso de localización, cantidad y disponibilidad de los recursos naturales es fundamental e indispensable para una planificación racional⁵⁷ y evaluación de los recursos, además la determinación del grado de contaminación.

Es aquí donde la utilización de los sistemas de información geográfica adquieren su valor real.

⁵⁷ Lopez Blanco, J. 1997. Op Cit

CAPITULO II ANALISIS DE LOS CONTAMINANTES DEL AGUA.

Después de dar una breve introducción de la zona de estudio y sus principales características (tanto físicas, históricas y sociales) en el presente capítulo se realizó el análisis de los contaminantes del agua. En primer lugar se identificaron las fuentes que generan los residuos líquidos contaminantes (localización, descargas, nivel de contaminación, etc.) y los parámetros involucrados para el análisis de la contaminación del agua, todo esto con la finalidad de ordenar y seleccionar la información que se utilizó dentro del sistema de información geográfica (SIG).

Esta parte del trabajo es esencial dentro del estudio de tesis, debido a que la información se debe de manejar de la manera más específica y objetiva posible.

Organización de la información. En cualquier trabajo de investigación que se desarrolle es importante la adecuada ordenación de la información para alcanzar, en lo más posible, los objetivos trazados debido a que, dependiendo de la forma en que se manejen los datos, será el resultado al que se llegará.

Para cumplir en su totalidad con el objetivo principal de la presente tesis, que consiste en la aplicación de los SIG en un estudio de contaminación de agua, es necesario analizar como se presenta la contaminación de los recursos acuáticos cuando se encuentran influenciados por una zona industrial, por lo tanto se debe de relacionar la información referente a los volúmenes de las descargas considerados dentro de la zona de estudio, el tipo de fuente de la misma, así como el potencial que el uso de esta herramienta tiene en un estudio de aguas residuales.

En primer lugar se identificaron las fuentes que generan aguas residuales y se agruparon de acuerdo al tipo (municipal o industrial) y posteriormente por giro industrial, esto debido a que los desechos generados por las ciudades o poblados son completamente distintos a los desechos industriales, cosa similar sucede con los distintos giros industriales, cuyos niveles de contaminación varía de acuerdo a la actividad.

Una vez identificadas las fuentes de contaminación se procedió a clasificarlas de acuerdo al volumen de agua residual que genera y cual es el cuerpo de agua receptor de dichas descargas, con lo que se pudieron determinar zonas con problemáticas similares en términos de niveles de contaminación a nivel municipal. Con la información generada se estructuraron las bases de datos que se introdujeron en el SIG.

Para tener una idea clara sobre los indicadores utilizados para determinar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua se describen algunos de los parámetros de calidad más utilizados, tales como demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica, alcalinidad, coliformes fecales, dureza y solidos totales, los cuales serán analizados en el capítulo III.

Por último, para dar soporte oficial a la evaluación del grado de deterioro, se compararán los resultados de los parámetros de contaminación de cada cuerpo de agua con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) sobre los límites máximos permisibles de contaminantes para ciertos usos del agua.

Los indicadores de calidad del agua anteriormente mencionados fueron seleccionados debido a:

- Son los parámetros básicos en cualquier evaluación de aguas residuales.
- Son los parámetros básicos de control en el tratamiento de aguas residuales.
- Son los parámetros en los que se representan las características físicas y químicas del agua en general, que aportan información suficiente para hacer un plan de manejo, aprovechamiento o remediación del recurso en el área de estudio.

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN.

Para el caso del presente estudio la clasificación de las fuentes de contaminación se realizó por:

1. Tipo.

- a) Urbano
- b) Industrial

2. Giro Industrial

- a) Petrolero
- b) Químico
- c) Extractivo
- d) Agroindustrial

Como ya se mencionó anteriormente, la zona de estudio corresponde casi a los últimos 35 km de recorrido del río Coatzacoalcos antes de su desembocadura al Golfo de México. Es una zona de importancia en cuanto a descargas de aguas residuales se refiere, debido a que en esta parte se encuentra establecido el corredor industrial C-M-C, donde predominan industrias petroquímicas, químicas, de fertilizantes, etc. además de importantes centros de población.

La empresa paraestatal Petróleos Mexicanos ha hecho fuertes inversiones en la construcción de complejos petroquímicos y de la refinería de Minatitlán, mismas que han propiciado el establecimiento de industrias que giran alrededor del petróleo, además existen otras empresas que se dedican a producir fertilizantes, gases industriales, cloro, sosa cáustica, bebidas gaseosas, alimentos, la explotación de canteras, grava, arena, etc.

Una característica evidente de todo este tipo de industrias es que son grandes consumidores de agua y productoras de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, lo que explica el hecho de que prácticamente todas las empresas de la región estén asentadas a orillas de algún cuerpo de agua superficial del que toman el agua que emplean y al cual vierten sus residuos.

Las fuentes generadoras de residuos líquidos contaminantes se clasifican en dos grupos, municipal e industrial.

.1.1 AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

e refiere a los centros de población como las ciudades de Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosoleacaque y otros poblados con menos habitantes que generan, en su conjunto, una gran cantidad de aguas negras (con cargas importantes de materia orgánica) y basura, que en la gran mayoría de los casos se vierten sin control o tratamiento a los cuerpos de agua de la zona.

La calidad de las aguas residuales que genera un municipio o localidad está directamente relacionada con el número de personas o habitantes, por otro lado el efecto de las descargas de aguas negras sobre la calidad del agua de los vasos colectores varía ampliamente y depende de:

Composición y contenido de sustancias tóxicas.

Si el agua ha sido tratada o no tratada.

Cantidad de descarga.

Hidrodinámica del cuerpo receptor.

La respuesta al ecosistema.⁵⁸

Estos centros urbanos presentan una gran diversificación de actividades y servicios como hoteles, restaurantes, lavados de autos, servicios de oficina, mercados, plazas públicas, rastros, viviendas, etc. que generan, entre otros contaminantes, grasas y aceites, sólidos suspendidos, contaminantes orgánicos y detergentes, que son característicos de las zonas urbanas.

En el cuadro 2.1 se observa que las fuentes de contaminación urbanas o municipales ocupan el tercer lugar de la zona de estudio en cuanto al total de descargas de aguas residuales ya que producen el 11.47 % del total, sólo por debajo de las industrias químicas y petroleras. Del análisis de la información colectada, se obtuvo lo siguiente.

La ciudad de Coatzacoalcos es el mayor centro urbano de la zona, con una población cercana a los 259 000 hab.⁵⁹ (se incluye la conurbación con la ciudad de Allende), genera aproximadamente 12 309 836 m³/año⁶⁰ de aguas residuales que son descargadas sobre los ríos de Coatzacoalcos, Calzadas y Teapa, además del Golfo de México.

La segunda zona de descarga de aguas municipales de la zona es la conurbación de Minatitlán y Cosoleacaque, que incluye a una población de 160 000 hab. y sus aguas residuales son descargadas sobre los pantanos localizados al norte de la ciudad de Minatitlán, al río Coatzacoalcos y al arroyo el Naranjo.

Las ciudades de Ixhuatlán del Sureste y Nanchital de Lázaro Cárdenas (con 10 000 y 26 000 hab. respectivamente) sus aguas residuales son descargas al río Coatzacoalcos. Es importante señalar que estas dos ciudades están creciendo a ritmos acelerados,⁶¹ por lo tanto ha ido en aumento tanto el consumo de agua como el de generación de agua residual.

⁵⁸ IMP. 1998. Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos

⁵⁹ INEGI. 1990. Censo general de población y vivienda.

⁶⁰ IMP. 1998. Op. Cit.

⁶¹ Ortiz Velázquez, Flora. 1990. Información demográfica municipal del estado de Veracruz

.2 AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

refiere a las industrias que se localizan dentro del complejo industrial de C-M-C, que en total nan 57 fuentes consideradas, clasificadas en 4 grupos, de acuerdo al giro industrial.

el cuadro 2.1 se observa el volumen de descarga de agua residual por tipo de fuente, donde la lustria petrolera sobresale de las demás, seguida por las industrias químicas siendo los lúmenes de las demás fuentes de menor nivel.

| FUENTE DE CONTAMINACION | Descargas (%) | Numero de industrias |
|---------------------------------|---------------|----------------------|
| MUNICIPAL | 11.47 | |
| INDUSTRIAL | 88.53 | 57 |
| PETROLERA. | 53.98 | 10 |
| QUIMICAS | 31.96 | 30 |
| EXTRACTIVAS | 2.49 | 7 |
| AGROINDUSTRIAS Y EMBOTELLADORAS | 0.1 | 10 |

Cuadro 2.1. Porcentaje de descarga de las industrias de la zona de estudio.

v) INDUSTRIA PETROLERA.

La industria petrolera está constituida por instalaciones petroquímicas, donde a partir del gas se produce la materia prima necesaria para que un sinnúmero de empresas químicas, generan los bienes de consumo finales como fibras sintéticas, fertilizantes, plásticos, etc. asimismo, en el municipio de Minatitlán se localiza la refinería Lázaro Cárdenas, conocida comúnmente como refinería de Minatitlán y que es considerada una de las de mayor capacidad de refinación de petróleo en México (ver mapa 2.1).

En la zona de estudio se encuentran también diferentes terminales marítimas, baterías de separación, de compresión y pozos de producción de hidrocarburos que en su conjunto constituyen la infraestructura petrolera en los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosolecaque, Nanchital de Lázaro Cárdenas e Ixhuatlán del Sureste.

PETROQUÍMICA

La zona de estudio presenta a la mayor concentración de industrias petroquímicas del país, formada por los complejos petroquímicos (CPQ) la Cangrejera, Morelos, Pajaritos y Cosolecaque, que juntas alcanzan el 85% de la producción petroquímica nacional.⁶²

La industria petroquímica utiliza a los hidrocarburos como materia prima básica, obtenidos a partir del gas natural y de los productos de refinación del petróleo (etileno, propileno, butilenos, benceno, tolueno y xileno)⁶³ de los cuales se originan los productos petroquímicos secundarios que sirven como insumos para empresas de casi todos los sectores de la economía, como la producción de plásticos, fibras sintéticas, farmacéutica, fertilizantes, por citar sólo a algunos.

⁶² Montaña Aubert F. 1984 La industria de procesos químicos.

⁶³ Montaña Aubert F. 1984 Op. Cit

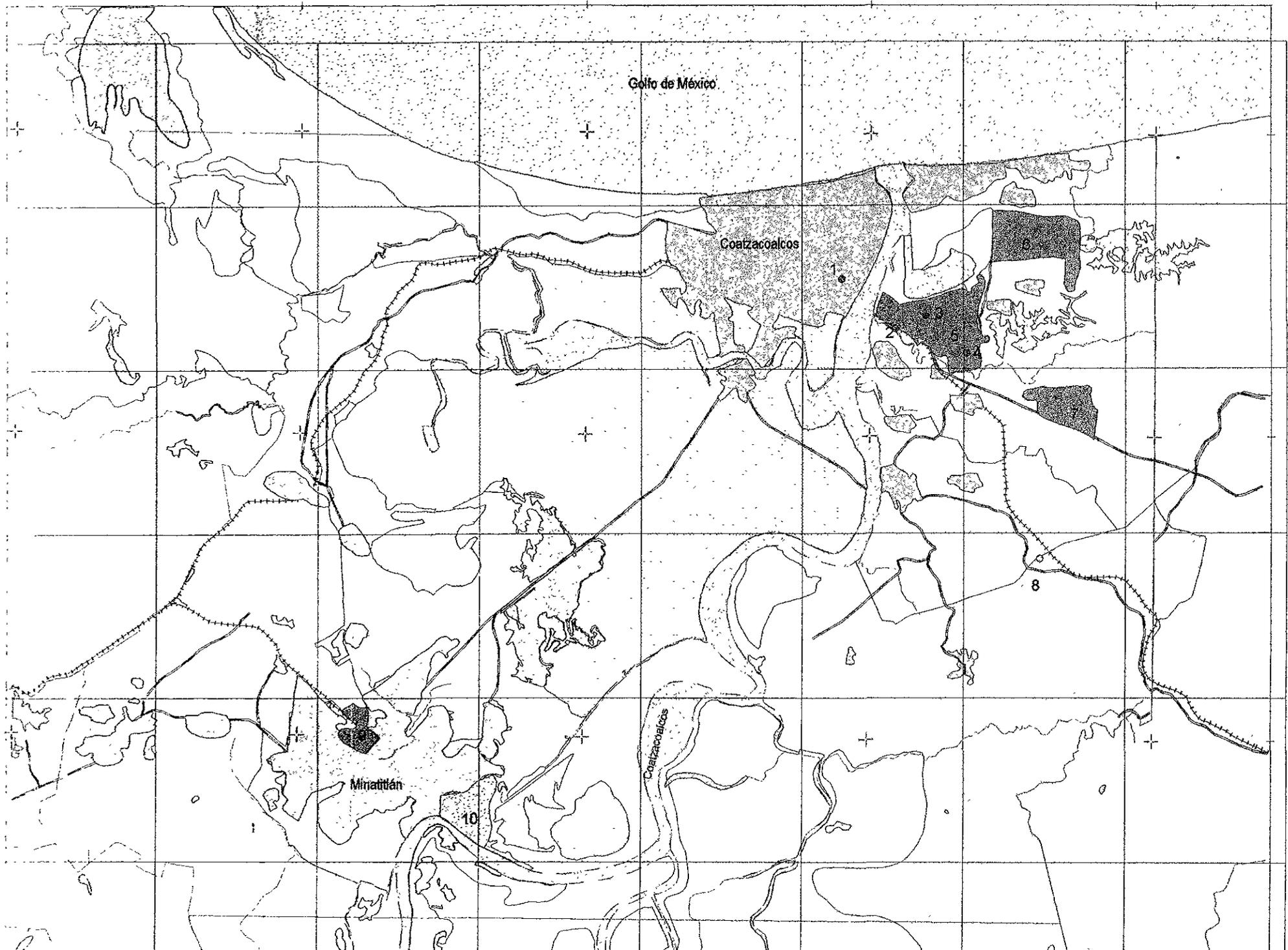
94° 45'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'



está formado por nueve plantas de procesamiento en operación además de diferentes instalaciones auxiliares. Produce amoníaco y es considerado a nivel nacional como el mayor productor de paraxileno, sulfato de amonio, ácido carbónico y acetonitrilo, que son materias primas para fertilizantes, urea, ácido nítrico, fibras acrílicas, adhesivos, colorantes, plastificantes y resinas, que en su totalidad contribuyen con el 31.17% de producción petroquímica del país.⁶⁹

Para aprovechar los diversos productos intermedios elaborados en esta unidad, operan en el área tres empresas de capital privado que son Fertimex, Fenoquimia y Celanese Mexicana.

REFINACION.

Refinería Lázaro Cárdenas del Río. se localiza a las afueras de la ciudad de Minatitlán y a 20 km al norte de la desembocadura, sobre la margen izquierda del río Coatzacoalcos. Las primeras instalaciones de la refinería datan de 1908, mismas que han sufrido constantes modificaciones por cuestiones de ampliación y modificación, a partir de 1955 se convirtió en la refinería más grande de México, asimismo constituye la unidad industrial más importante de la zona sur de PEMEX.

La característica principal de la refinería de Minatitlán o General Lázaro Cárdenas es que, como la mayoría de las industrias, consume grandes cantidades de agua debido a que en todas sus etapas de operación, que va desde la destilación primaria hasta la generación de productos, la utilización del agua es necesaria.

Dentro del municipio de Ixhuatlán del Sureste se localiza la petroquímica PENWALT, que produce peróxido de Di-Isononanoilo, además de terbutilo, es una industria petroquímica con participación de la iniciativa privada.

Las terminales marítimas se localizan en el municipio de Coatzacoalcos y se componen de:

Terminal marítima de Pajaritos. Se encuentra establecida en el CPQ del mismo nombre, ocupa un espacio de la laguna de Pajaritos, la cual fue modificada en su estructura original⁷⁰ para permitir la entrada de barcos de gran tonelaje.

Terminal de distribución Dupont localizada a las afueras del CPQ Cangrejera y genera residuos de pinturas, metales, retardadores de flama, etc.

La Petroquímica PENWALT es una empresa privada cuya actividad gira en torno al procesamiento de la materia prima proporcionada por la industria petroquímica básica y que es considerada en este trabajo como parte de la industria petrolera.

⁶⁹ PEMEX 1991. Complejo Petroquímico Cosoleacaque.

⁷⁰ Parte citada en la página 5 del capítulo 1 del documento de tesis.

3) INDUSTRIA QUÍMICA.

Dentro de la zona de estudio la industria química es de las de mayor presencia ya que existe una gran variedad de empresas que producen fertilizantes químicos, fibras sintéticas, productos adhesivos, gases y ácidos químicos (mapa 2.2).

Debido a la enorme variedad de productos de la industria química en general, se ha dividido a esta rama en 5 tipos de acuerdo a su producto final.⁷¹

- Fertilizantes.
- Elaboración y/o venta de gases químicos
- Fibras Sintéticas.
- Productos Adhesivos.
- Otros Productos.

Fertilizantes. En la región se ubica la mayor concentración de industrias que se dedican a la fabricación de fertilizantes en el país, las cuales se encuentran establecidas a los alrededores de las instalaciones de Pemex debido a que es de ahí de donde obtienen sus materias primas.

El amoniaco es la principal materia prima que utilizan las industrias fertilizantes ya que se utiliza para la obtención de nitrato de sodio, sulfato y nitrato de amonio, fosfato e urea, etc.

Existen cinco industrias químicas que producen fertilizantes (ver cuadro 2.2).

| Nombre de la empresa. | Localización | Municipio | Año de fundación | Producto final |
|---------------------------|--|---------------|------------------|--|
| Agronitrogenados FERTIMEX | km 5 de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa. | Coatzacoalcos | 1992 | Urea, ácido nítrico y nitrato de amonio (fertilizante) |
| Agronitrogenados FERTIMEX | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Cosoleacaque | 1993 | Anhidrido carbónico |
| FYPA | Al sur del CPQ Pajaritos, sobre la carretera federal 180. | Coatzacoalcos | s/d | Fertilizantes |
| FERTIMINA | km 26.5 de la carretera Transísmica | Minatitlán | 1961 | Nitrato de amonio, urea, ácido nítrico (fertilizante) |
| FESUR | A las afueras del poblado Canticas, y a 1.5 km del aeropuerto de Coatzacoalcos | Cosoleacaque | 1995 | Sulfato de amonio, fosfato diamónico |

Cuadro 2.2 Relación de empresas fabricantes de fertilizantes.

Fuente: Pagina Web de la SECOFI Enero 2000 s/d = sin datos.

La empresa Agronitrogenados fertimex (unidad Coatzacoalcos y unidad Cosoleacaque) es una de las más grandes del mundo en la producción de ácido fosfórico,⁷² surge en 1942 con el nombre de Guanos y fertilizantes, empresa propiedad del gobierno estatal y en 1977 cambia al nombre de Fertimex, posteriormente en 1992 se privatiza para formar el grupo de Fertimex.

La empresa Fesur o Fertilizantes del Sur surge en 1995 como resultado de la fusión de dos empresas, Fertilizantes de Cosoleacaque y Fertilizantes de Coatzacoalcos.

⁷¹ Dicha clasificación tiene como base la propuesta realizada por el Dr. Montaña Aubert en su ensayo "La industria de procesos químicos" (La Facultad de Química de la UNAM en 1984) y que se fundamenta en dos aspectos. El origen de los insumos de cada industria, que se relacionan con los Hidrocarburos poliméricos, y con el producto final.

⁷² Banco de Comercio 1976 La economía del estado de Veracruz

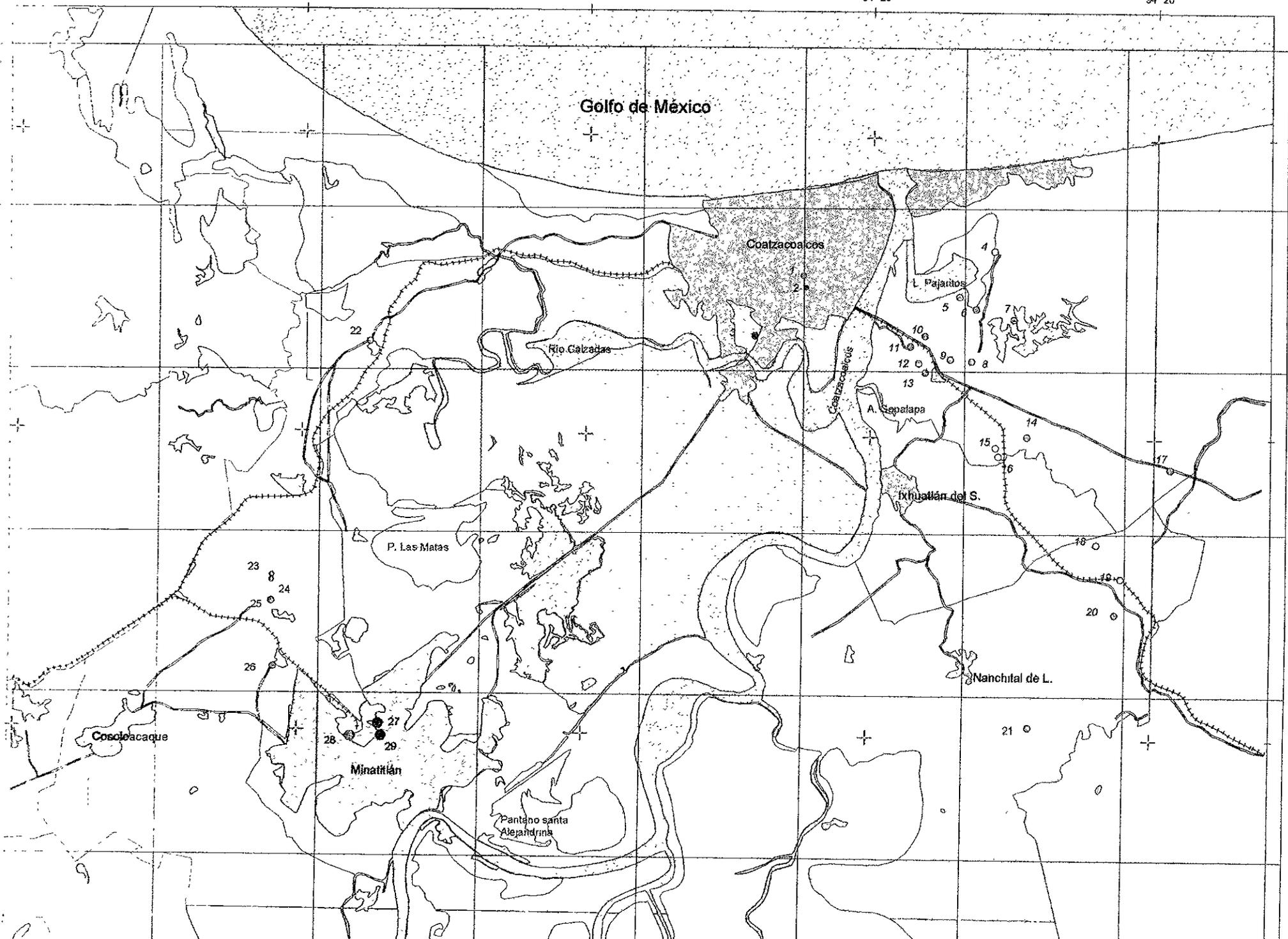
94° 40'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'



Golfo de México

Coatzacoalcos

L. Pajaritos

Río Calzadas

Coatzacoalcos

A. Sepalapa

Ixhuatlán del S.

P. Las Matas

Nanchital de L.

Cosoleacaque

Minatitlán

Pantano santa
Alejandrina

Elaboración de gases químicos. Comprende la producción de gases como oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, argón, acetileno, etc. los cuales tiene diversos usos como gases para soldar, cortar, enfriar, alimentar fuego, inflar neumáticos, etc. la materia prima para la obtención de estos gases es el anhídrido carbónico y amonio, los cuales se producen en los diferentes CPQ de la zona.

En el siguiente cuadro se presentan las industrias del ramo de producción y venta de gases.

| Nombre | Localización | Municipio | Fecha Inicio | Producto final |
|-------------------------|---|---------------|--------------|--|
| PETROGAS | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | s/d | Gases químicos |
| Cloro de Tehuantepec | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1980 | Cloro, hidrógeno, sosa, hipoclorito de sodio |
| CRYOINFRA | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1985 | Oxígeno, nitrógeno y argón |
| CRYOINFRA | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Minatitlán | s/d | Hidrógeno, sosa. |
| Linde de México PRAXAIR | A 11 km al este de la ciudad de Coatzacoalcos, sobre la carretera federal 180 | Coatzacoalcos | 1996 | Oxígeno líquido y de gas, nitrógeno |
| Linde de México PRAXAIR | A seis km al Sureste de la ciudad de Nanchital, sobre la carretera que una esta ciudad con Cárdenas, Tabasco. | Ixhuatlán | s/d | Nitrógeno y argón. |
| Linde PRAXAIR | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Minatitlán | s/d | Gases químicos |
| Liquid química RAXAIR | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Minatitlán | s/d | Gases químicos |

Cuadro 2.3. Empresas productoras de gases químicos. s/d = sin datos

Fuente: IMP. Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. 1997 y Web Site de SECOFI, SIEM. Enero 2000

Existen ocho plantas que elaboran gases químicos, de las cuales cuatro pertenecen a una misma empresa, Linde de México, que es una de las más importantes a nivel nacional, tanto por su capacidad de producción como al capital generado,⁷³ dos plantas más pertenecen a la industria Cryoinfra y las restantes dos son industrias independientes.

Fibras sintéticas. Las fibras sintéticas son materias primas para la obtención de productos como polietileno, pinturas, detergentes, acrílicos, materiales para la industria textil como el nylon, poliéster, lycra, etc. entre muchos otros productos de uso común y utilizan como materia prima al etileno, propileno y acrilonitrilo básicamente, los cuales son producidos y surtidos por el CPQ Morelos y Cosoleacaque.

Dentro de este rubro sólo se encuentra una industria con dos plantas de producción, Celanese mexicana, que es la empresa de capital privado que mayores inversiones ha realizado en la zona, al igual que una de las de mayor personal ocupa dentro de sus instalaciones⁷⁴ (cuadro 2.4).

| <i>Fibras Sintéticas</i> | Localización | Municipio | Año fundación | Producción Final. |
|--------------------------|---|---------------|---------------|--|
| Celanese Mexicana | Frente al CPQ. Cangrejera, en el km 12.3 de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa | Coatzacoalcos | 1975 | Acrilato de metilo, butilo y terbutilo |
| Celanese Mexicana | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Cosoleacaque | 1982 | Acido acético, acrílico y acetato de vinilo. |

Cuadro 2.4. Empresas productoras de fibras sintéticas. Fuente: Pagina Web de la SECOFI, SIEM. Enero 2000

⁷³ Pérez Zapata Aura. 1993. La contaminación por plomo en Coatzacoalcos. Un ejemplo de deterioro ambiental.

⁷⁴ IMP. 1997. Op. Cit

Productos Adhesivos. Se refiere básicamente a la fabricación de pegamentos, cementos de contacto, recubrimientos, selladores, pinturas vinílicas, que son productos derivados del acrilonitrilo, los cuales se producen en el CPQ Cosoleacaque.

Industrias Resistol es la principal empresa productora de adhesivos en México y en 1995 formó una sociedad anónima integrada por dos subsidiarias, ambas operando en la zona de estudio (Cuadro 2.5).

| Productos adhesivos | Localización | Municipio | Fundación | Producto Final |
|---------------------|---|---------------|-----------|---|
| RESIRENE | A 1.2 km al sur del CPQ Cangrejera, sobre la carretera federal 180 | Coatzacoalcos | 1986 | Adhesivos, PVC, selladores |
| QUIMIR | A 1.5 Km al sur del CPQ Cangrejera, sobre la carretera federal 180. | Coatzacoalcos | 1976 | Pinturas vinílicas, cementos de contacto. |

Cuadro 2.5. Industrias de productos adhesivos.

Fuente: página web del grupo GIRSA y página de SECOFI, padrón industrial. Enero 2000.

Otros Productos Químicos. Debido a la enorme variedad de productos que se obtienen de la industria química, existen algunas empresas que son difíciles de clasificar, por lo tanto, se les ha incluido dentro del grupo de *otros productos químicos*, que se refiere a la producción de ácidos, aceites o lubricantes, sosa, explosivos, detergentes, hules, entre otros.

En la zona de estudio se identificaron 13 industrias dentro de este grupo (cuadro 2.6) y tienen como característica que la gran mayoría se localiza en las cercanías de los CPQ, principalmente Morelos y Pajaritos.

| Otros productos químicos | Localización | Municipio | Fundación | Producto Final |
|----------------------------------|--|---------------|-----------|---|
| Productos químicos Com | En el km 2.2 del tramo carretero que une al CPQ Morelos con la carretera federal 180 | Coatzacoalcos | 1990 | Solventes y hexano |
| Grupo IQUISA | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1967 | Cloro, sosa, hipoclorito de sodio, hidrogeno |
| Froy industrias | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1969 | ácido sulfúrico y ácido fosfórico |
| Tetraetilo de México | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | s/d | Compuestos antidetonantes para la gasolina |
| IDFSA | Dentro del CPQ Morelos | Coatzacoalcos | 1990 | |
| CYDSA BAYER | Dentro del CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1997 | Insecticidas, plaguicidas y ácido clorhídrico |
| Societe generale de surveillance | Margen derecha del río frente al CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | s/d | s/d |
| Fenoquima | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Cosoleacaque | 1975 | Fenol, acetona, ácido sulfúrico |
| Eastman chemical | A 100 m al norte del poblado Zacatal | Cosoleacaque | s/d | Poliuretano y tereftalato |
| Tereftalatos de México | Dentro del CPQ Cosoleacaque | Cosoleacaque | 1978 | Acido tereftálico |
| Nutrimientos del Istmo | A 5 km al sureste de la ciudad de Villa Nanchital, sobre la carretera Nanchital-Dos Bocas. | Ixhuatlán | 1981 | Alimentos balanceados |
| Dueca México | Frente al CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1992 | Cloruro de Colina liquido y seco |
| Fósforo orgánico. | En el Km. 74 de la carretera Villa Nanchital - Dos Bocas. | Ixhuatlán | 1980 | Acido fosfórico, fosfato diésico |

Cuadro 2.6. Industrias dentro del grupo "Otros Productos". Fuente: Página web de SECOFI, Padrón Industrial. Enero 2000.

s/d - Sin datos

Como puede apreciarse en el cuadro 2.6 la producción de este grupo es muy variada, pero como característica general la mayoría de las industrias se encuentran establecidas muy cerca de los centros petroquímicos o la refinería de Pemex, debido a que aprovechan la producción de estos centros como insumos para su industria.

C) INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.

Aquí se hace referencia a la extracción de minerales no metálicos (como industrias extractivas de azufre, bancos de materiales de arena, grava y sílice) y a la elaboración de materiales para la construcción (cementerías, yeseras, etc. ver mapa 2.3).

En la zona de estudio existen diversos yacimientos de azufre considerados de alta calidad por su pureza, explotados por la empresa Azufrera Panamericana, empresa que en sus inicios eran propiedad de la compañía Gulf Sulphur Company y para 1972 paso a formar parte del gobierno estatal, hasta que en 1990 prácticamente desapareció, sin embargo, en la actualidad sus instalaciones siguen siendo un problema ambiental de relevancia, porque existe dispersión de los desechos de azufre almacenados a cielo abierto, a través del agua de lluvia que arrastra por escorrentías el azufre hasta llegar a los cuerpos de agua superficial y el suelo circundante.⁷⁵

En la zona costera se localizan algunas plantas tratadoras de cloruro de sodio (NaCl) para la obtención de sal comestible, industrial y sosa, la empresa Sales nacionales tiene sus plantas de extracción en la zona costera y la planta de tratamiento cerca de la ciudad de Minatitlán.

En el cuadro 2.7 se hace un resumen de las principales características de las industrias consideradas como extractivas.

| <i>Industrias Extractivas.</i> | <i>Localización</i> | <i>Municipio</i> | <i>Año de fundación</i> | <i>Producto final</i> |
|--------------------------------|--|------------------|-------------------------|--|
| Sales del Istmo | En el km 10.2 de la carretera Coatzacoalcos - Villahermosa | Coatzacoalcos | 1967 | Sal comestible, domestica e industrial |
| Sales nacionales | Frente al poblado Zacatal | Cosoleacaque | s/d | Sal comestible, domestica e industrial |
| Gravera Agustín Morales. | En el poblado San Pedro Mártir | Cosoleacaque | s/d | Explotación de arena sílica |
| Materiales del Istmo | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Ixhuatlán | 1980 | Arena feldespática y sílica |
| Cementos Anahuac | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | 1991 | Cemento portland |
| Cementos Apasco | km 6.5 carretera Transistmica | Nanchital | s/d | Cemento portland |
| MADISA | En el km 15.2 de la carretera Coatzacoalcos - Villahermosa | Coatzacoalcos | s/d | Arena sílica |

Cuadro 2.7. Industrias Extractivas

Fuente: Pagina web de SECOFI, Padrón Industrial. Enero 2000
s/d - Sin datos

⁷⁵ IMP 1998. Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos.

Las industrias que elaboran materiales para la construcción, como cementeras, obtienen sus materias primas de otros municipios como Chinameca y Texistepec, sin embargo, la planta procesadora y de ventas se encuentra en la zona industrial de Coatzacoalcos para aprovechar el tamaño y la importancia del mercado.

D) AGROINDUSTRIAS Y EMBOTELLADORAS.

Se refiere a industrias que producen alimentos y bebidas de diferentes tipos, incluyendo a las envasadoras y empacadoras de productos (ver mapa 2.3).

En la zona se encuentran diez industrias de este grupo, localizadas básicamente en dos ciudades, Minatitlán, con cuatro embotelladoras de bebidas gaseosas y Coatzacoalcos con seis empresas dedicadas a actividades como cría y matanza de aves, empacadoras de alimentos y panaderas.

| Industria | Localización | Municipio | Año de fundación | Producto Final |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|
| Bimbo del Golfo | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | s/d | Pan dulce |
| Ducoa México | Frente al CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | 1992 | Cloruro de colina líquido y seco |
| Avícola Olmeca | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | s/d | Productos avícolas |
| Granja avícola Olmeca | Dentro de la ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | s/d | Productos avícolas |
| Harinas, grasas y derivados | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | s/d | Materias primas para alimentos |
| Embotelladora del Istmo | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | 1958 | Bebidas gaseosas |
| Embotelladora del Sur | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | 1965 | Bebidas gaseosas |
| Embotelladora Tropical | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | 1962 | Bebidas gaseosas |
| Embotelladora Minatitlán | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | 1988 | Bebidas gaseosas |
| Empacadora Sotavento | Dentro de la ciudad de Minatitlán | Minatitlán | | |

Cuadro 2.8. Agroindustrias de la zona de estudio.

Fuentes. Pagina web de SECOFI. Padrón Industrial. 2000

s/d = Sin datos

2.2 VOLÚMENES DE DESCARGA.

El total del volumen de descarga que se registró en la zona es de 184 705 300 m³/año, datos obtenidos como resultado de un monitoreo de las descargas que convergen al río Coatzacoalcos, realizados por el IMP y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en 1996.

Los datos de niveles de descarga de las aguas residuales se expresan en calificaciones relativas de los volúmenes generados por las fuentes de contaminación mencionadas en el apartado anterior.

Dichas calificaciones fueron obtenidas mediante la elaboración de un histograma (anexo 2) en donde se agruparon los valores de las descargas en 7 intervalos, diferenciadas una de otra por la asignación de un número y que se presentan a continuación (cuadro 2.9).

| Volumen de descarga (M3 / año) | Valor | Nivel de descarga |
|-----------------------------------|-------|-------------------|
| Menor de 10 000 | 1 | Muy baja |
| 10 000 - 60 000 | 2 | Baja |
| 195 000 - 800 000 | 3 | Media-baja |
| 800 000 - 3 000 000 | 4 | Media |
| 3 000 000 - 7 000 000 | 5 | Media-alta |
| 11 000 000 - 15 000 000 | 6 | Alta |
| Mayor de 15 000 000 | 7 | Muy alta |

Cuadro 2.9. Clasificación de las fuentes de contaminación de acuerdo al nivel de descarga de agua residual.

Con base en el hecho de que la información disponible es de tipo municipal y que este nivel es el mínimo de gobierno administrativamente hablando, se llevó a cabo el análisis de las fuentes generadoras de descargas residuales en la zona de estudio por municipio.

En la siguiente figura (2.A) se representan los porcentajes de descarga de las diferentes fuentes generadoras de agua residual por municipio (municipal e industrial), en donde se puede apreciar que en los municipios de Coatzacoalcos y Minatitlán se descargan los mayores porcentajes de agua residual de la zona de estudio con 42 y 36 % respectivamente, debido a que son los municipios donde se encuentran establecidos el mayor número de industrias y áreas urbanas.

El municipio de Nanchital de Lázaro Cárdenas no se incluyó en la gráfica debido a que los datos encontrados, por ser cifras muy pequeñas, no resultaron ser gráficamente representables.

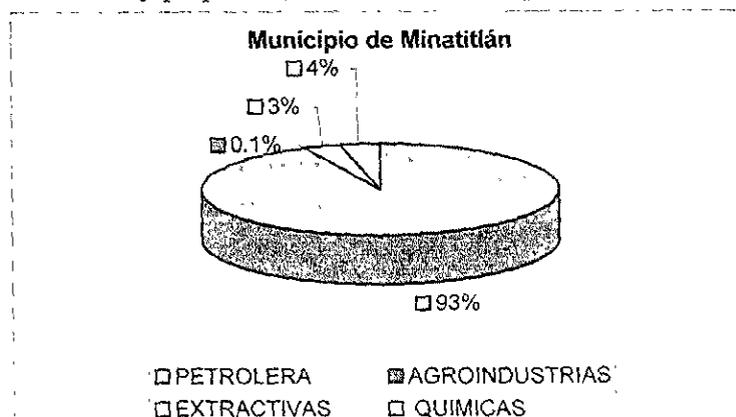


Figura 2.A Volúmenes de descarga por municipio.

Descargas municipales. Como se puede observar en el cuadro 2.10 Coatzacoalcos es el municipio que genera mayores volúmenes descargas de aguas residuales de tipo municipal, con más del 57% del total de la zona ya que es ahí donde se encuentra el más grande centro urbano de la región.

| Volumen de descarga Municipal | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Municipio | Volumen de Descarga (%) | Calificación |
| Coatzacoalcos | 57.91 | 6 |
| Nanchital | s/d | |
| Cosoleacaque | 8.49 | 4 |
| Minatitlán | 31.12 | 5 |
| Ixhuatlán | 2.48 | 3 |

Cuadro 2.10. Distribución de los volúmenes de descarga municipal.
s/d = Sin datos

Minatitlán se coloca en el segundo lugar en cuanto descargas municipales con el 31%, seguido por Cosoleacaque (8.5%) e Ixhuatlán del sureste, para el caso de Nanchital de Lázaro Cárdenas no se obtuvieron datos.

Descargas industriales. En la figura 2.B se presenta la distribución de los volúmenes de descarga de las industrias en el municipio de Coatzacoalcos. La concentración de las fuentes generadoras de agua residual en dicho municipio se localiza en una franja que abarca desde la ciudad de Coatzacoalcos, atraviesa el río con el mismo nombre y se extiende hacia el este siguiendo el cauce del arroyo Teapa, que es donde se concentran las principales petroquímicas de la zona.

En el municipio de Coatzacoalcos es donde se encuentran establecidas el mayor número de industrias de la zona de estudio, con 31 empresas, que en su conjunto generan más del 41% del total del volumen de descarga de la zona.

La industria Petrolera, básicamente petroquímica, es la que mayor volumen de descarga genera, con más del 60% del total del municipio, seguido por la industria química, con el 38% (esta última es la de mayor presencia en cuanto a número, con 16 plantas). También se encuentran tres industrias extractivas en el municipio, sin embargo, sólo en Sales del Istmo se pudo obtener información de los volúmenes de descarga, caso similar sucede con las agroindustrias, donde de cuatro empresas identificadas únicamente Avícola olmeca procesadora presentó los datos correspondientes (para la obtención de cálculos de las descargas sólo se utilizaron los valores de las industrias que presentaron sus respectivos datos).



Cuadro 2 B. Distribución de las industrias generadoras de descargas residuales en Coatzacoalcos

En el cuadro 2.11 se hace una relación de las industrias que se localizan en el municipio de Coatzacoalcos y su respectiva calificación de volumen de descarga.

| Nombre | Tipo de Industria | Calificación | Nombre | Tipo de Industria | Calificación. |
|------------------------------------|-------------------|--------------|--|-------------------|---------------|
| CPQ Cangrejera | Petrolera | 6 | Linde de México PRAXAIR | Química | |
| CPQ Pajaritos | Petrolera | 5 | Productos químicos Coín | Química | 4 |
| CPQ Morelos | Petrolera | 5 | Industrias químicas del Istmo (IQUISA) | Química | 3 |
| T. M. Pajaritos | Petrolera | 6 | Troy industrias | Química | 5 |
| Terminal refrigerada Pajaritos | Petrolera | 3 | Tetraetilo de México | Química | 3 |
| Terminal de distribución de azufre | Petrolera | 1 | IDESA | Química | 4 |
| Terminal de distribución Dupont | Petrolera | 1 | Industrias CYDSA BAYER | Química | 1 |
| Agronitrogenados FERTIMEX | Química | 4 | Sales del Istmo | Extractiva | 3 |
| FYPA | Química | 1 | Materiales del Istmo (MADISA) | Extractiva | s/d |
| Celanese Mexicana. | Química | 3 | Cementos Anahuac | Extractiva | s/d |
| RESIRENE | Química | 2 | Bimbo del Golfo | Agroindustria | 1 |
| QUIMIR | Química | 3 | Ducoa México | Agroindustria | s/d |
| Petrogas | Química | 1 | Avícola olmeca, procesadora | Agroindustria | 2 |
| Energéticos del Golfo | Química | s/d | Avícola olmeca, granja | Agroindustria | s/d |
| Cloro de Tehuantepec | Química | 4 | Harinas grasas y derivados | Agroindustria | s/d |
| CRYOINFRA | Química | 2 | | | s/d |

Cuadro 2.11. Industrias del municipio de Coatzacoalcos y calificación por niveles de descarga.

s/d = Sin datos.

En el municipio de Minatitlán se localizan diez industrias generadoras de agua residual (cuadro 2.12), las cuales se concentran dentro de la ciudad de Minatitlán, principalmente a los alrededores del CPQ Cosoleacaque y la refinería Lázaro Cárdenas.

La industria agroquímica, donde se incluyo a las embotelladoras de bebidas gaseosas, es la de mayor número, con cuatro plantas (de hecho es el único municipio que tiene industrias de este tipo en la zona de estudio), sin embargo, es la que menor volumen de agua desecha y representa sólo el 0.1 %.

| Nombre | Tipo de Industria | Calificación. |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|
| Refinería. General Lázaro Cárdenas | Petrolera | 7 |
| FERTIMINA | Química | 4 |
| Linde de México PRAXAIR Unicarb | Química | 2 |
| CRYOINFRA S.A. de C.V. | Química | 2 |
| Liquid Química Mexicana S.A. PRAXAIR. | Química | 1 |
| Embotelladora del Istmo | Agroquímica | 2 |
| Embotelladora del Sur | Agroquímica | 2 |
| Embotelladora Tropical | Agroquímica | 2 |
| Embotelladora Minatitlán | Agroquímica | 2 |
| Empacadora Sotavento | Agroquímica | s/d |

Cuadro 2.12 Industrias del municipio de Minatitlán y su calificación por niveles de descarga.

94° 40'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'

Golfo de México

Coatzacoalcos

Laguna Pajaritos

Teapa

Coatzacoalcos

Gopalapa

P. Las Matas

Nanéhital de C.

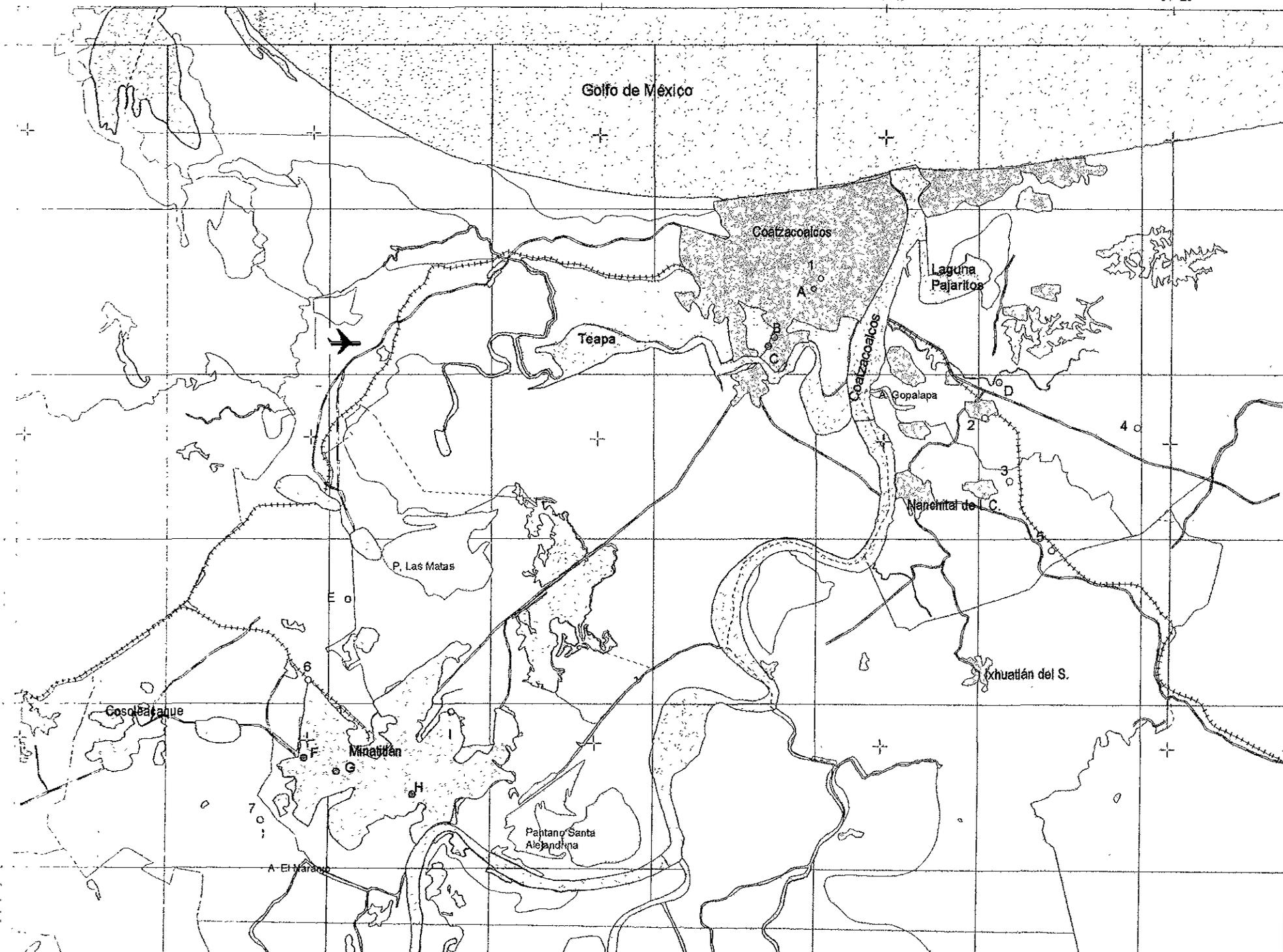
Xhuatlán del S.

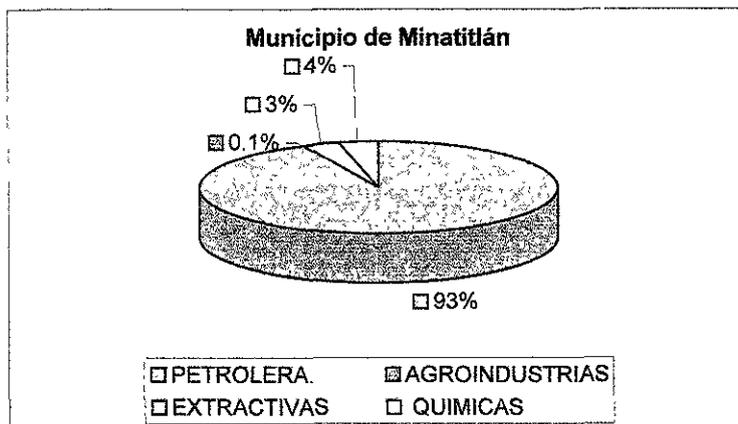
Gosolebaque

Minatitlán

Pantano Santa Alejandra

A. El Naranjo





2.C Distribución de las industrias generadoras de agua residual en el municipio de Minatitlán.
s/d = sin datos

En la figura 2.C se presenta la distribución de las fuentes generadoras de agua residual de Minatitlán, en donde se ve claramente que la industria que mayores niveles de descarga generan es la Petrolera y esto es debido a que en este municipio se localiza la refinería Lázaro Cárdenas, que es una de las industrias de mayores volúmenes de descarga del área, genera más del 50% del total de la industria petrolera y el 30% de toda la zona de estudio.

En segundo lugar se encuentra la industria química que genera el 4% del total de las descargas de la industria en el municipio, seguido por la industria extractiva y por las agroindustrias.

En el municipio de Cosoleacaque se localizaron nueve industrias (cuadro 2.13), de las cuales una es petrolera, seis químicas y dos extractivas, que se sitúan hacia la parte central del municipio, muy cercano al área conurbada de Minatitlán.

| Nombre | Tipo de Industria | Calificación. |
|--|-------------------|---------------|
| CPQ Cosoleacaque | Petrolera | 5 |
| Agronitrogenados FERTIMEX. | Química | 4 |
| Fertilizantes de Cosoleacaque. (FESUR) | Química | 1 |
| Celanese Mexicana S.A. | Química | 7 |
| Fenoquimia S.A. de C.V. | Química | 3 |
| Eastman Chemical | Química | 1 |
| Tereftalatos Mexicanos S.A. | Química | 4 |
| Sales Nacionales S.A. de C.V. | Extractiva | 1 |
| Gravera Agustín Morales Gordillo | Extractiva | 4 |

Cuadro 2.13. Industrias del municipio de Cosoleacaque y su calificación por nivel de descarga.

En la figura 2.D se puede apreciar que la industria química es la que mayores niveles de descarga genera en Cosoleacaque, con más del 80%. En este municipio se encuentra una planta de producción de la empresa Celanese Mexicana, que es la segunda mayor generadora de agua residual de la zona de estudio.

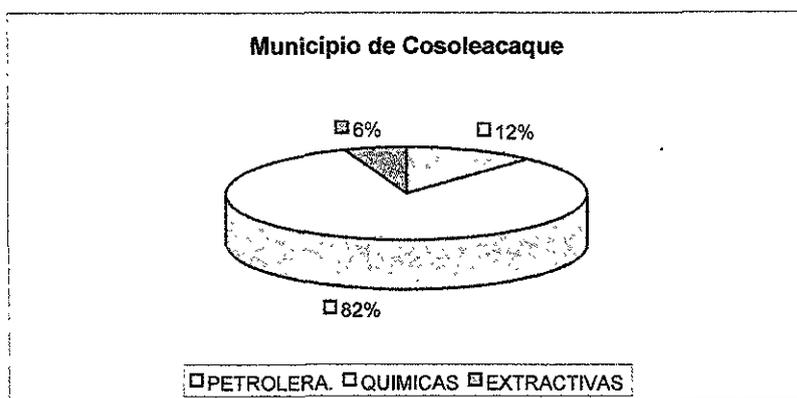


Figura 2.D. Porcentajes de descarga de la industria en el municipio de Cosoleacaque.

La gravera Agustín Morales, que se localiza al sur de la ciudad de Minatitlán, es la de mayor producción de agua residual de las industrias extractivas, con casi el 87% del total y genera el 6% del total de los residuos líquidos del municipio de Cosoleacaque.

En el municipio de Ixhuatlán del Sureste se identificaron cinco industrias (cuadro 2.14), mismas que se localizan hacia el norte del municipio, principalmente las industrias químicas.

| Nombre | Tipo de Industria | Calificación |
|----------------------------------|-------------------|--------------|
| Petroquímica PENWALT | Petrolera | 2 |
| Linde de México PRAXAIR Unicarb | Química | 2 |
| Nutrientes del Istmo | Química | s/d |
| Fósforo Inorgánico S.A. | Química | 2 |
| Productos Ecológicos S.A de C.V. | Agroindustria | 3 |

Cuadro 2.14. Industrias del municipio de Ixhuatlán y su calificación de nivel de descarga.
s/d = sin datos

En la figura 2.E se aprecia que la agroindustria genera más del 70% del total del volumen de descarga del municipio, donde la empresa Productos Ecológicos (cuadro 2.14), es la que genera mayores volúmenes.

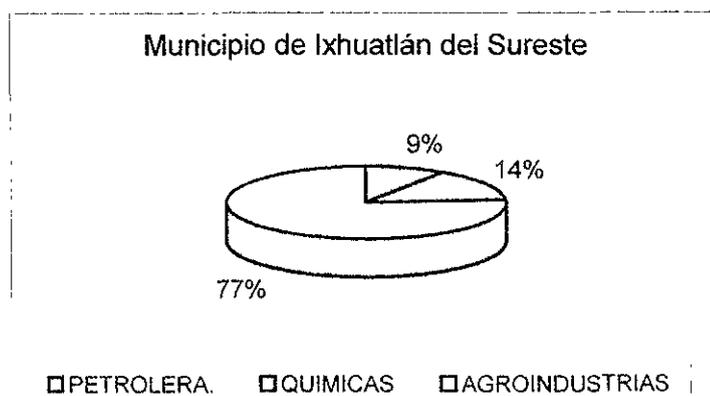


Figura 2.E. Porcentaje de descarga industrial en el municipio de Ixhuatlán

Para la empresa Nutrimentos del Istmo no se obtuvieron los datos referentes al volumen de descarga de agua residual, de igual forma, no se identificaron industrias extractivas.

En el municipio de Nanchital de Lázaro Cárdenas se identificaron dos industrias, ambas relacionadas a la extracción de materiales para la construcción y son Cementos Apasco y Materiales del Istmo, sin embargo ninguna de las dos reporta descargas de agua residual.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La importancia de un estudio de contaminación del agua se fundamenta en conocer los volúmenes y destino final de las descargas con la finalidad de hacer una evaluación general de las características del agua residual, los cambios que provocan en el cuerpo receptor y sus posibles consecuencias en el medio ambiente, para de esta forma poner en marcha planes y estrategias destinadas a mejorar la calidad del agua.

Dicha evaluación de las características del agua residual se refiere en términos de su composición física, química y biológica,⁷⁶ que corresponden a los cambios sufridos en la naturaleza del agua por la incorporación o mezcla de elementos ajenos a ella, como pueden ser basura, grasas, aceites, ácidos, etc.

A continuación se presentan los parámetros de medición de las aguas residuales que se seleccionaron para la realización de la presente tesis y se dará una breve explicación de su significado y la importancia de cada uno de ellos.

A) FÍSICAS.

La característica física más importante del agua residual es su contenido de sólidos totales, el cual está compuesto por materia flotante y materiales en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución, otras características físicas son la temperatura, color y olor.⁷⁷

Sólidos totales. Se define como contenido de sólidos totales de un agua residual a toda la materia que queda como residuo después de exponer al agua a una temperatura elevada (entre 103° y 105°c). La materia que tiene una presión de vapor significativa a esta temperatura y se pierde durante la evaporación no es definida como sólida. Los sólidos sedimentables son todos los sólidos que se pueden asentar en el fondo de un contenedor en forma de cono (llamado cono de Imhoff) en un periodo de 60 minutos y sus valores son expresados en ml/litro y son una medida aproximada de la cantidad de lodos que pueden ser removidos por procesos físicos.

Los sólidos totales pueden ser clasificados como no filtrables (suspendidos) o filtrables por el paso de un volumen conocido de líquido a través de un filtro con tamaño de poro de alrededor de 1.2 micrómetros.⁷⁸

⁷⁶ Metcalf & Eddy 1991 Wastewater engineering

⁷⁷ Metcalf-Eddy 1985 Ingeniería sanitaria

La fracción de sólidos filtrables consiste en material coloidal con un intervalo de tamaño entre 0.001 y 1 micrómetro y de sólidos disueltos que consisten en moléculas tanto orgánicas como inorgánicas y de iones presentes en solución en el agua.

La importancia de los sólidos es que cuando el agua residual no tratada es arrojada a un cuerpo de agua pueden desarrollar depósitos de lodos o fango y condiciones anaeróbicas, las cuales impiden el desarrollo de la flora acuática y por ende, la fauna.

Color. El color del agua se refiere a la capacidad de absorción de ciertas radiaciones del espectro visible. Por lo general se dice que el agua es transparente o incolora, a excepción de las grandes masas de agua donde el color azul parece predominar.

Cuando el agua presenta tonalidades fuera de lo común es indicativo de la presencia de ciertas sustancias ajenas, que en algunos casos pueden ser inducidas por materiales orgánicos de los suelos vegetales o por el arrastre de materiales como rocas, tierra y materia orgánica en el caso de los ríos.

Por otro lado, cuando el agua está fuertemente contaminada presenta colores oscuros o puede presentar un potencial colorante de ciertos productos, cuando se utiliza como material de proceso, y un potencial espumante en su uso en calderas.

El color en las aguas residuales se refiere al tiempo en que fueron arrojados los desechos, el agua residual reciente suele ser gris, sin embargo, como quiera que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia a negro. En esta condición se dice que el agua residual es séptica.⁷⁹

Olor. En las aguas residuales el olor se debe a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica, que a mayor tiempo de descomposición el olor aumenta considerablemente. El olor característico del agua residual séptica es el de sulfuro de hidrógeno (muy similar a huevo podrido) producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos en sulfitos.

La importancia de los olores se refiere a aspectos humanos ya que genera daños psicológicos como la disminución del apetito, náuseas, vómitos, dolores de cabeza, etc. y en situaciones extremas pueden conducir al deterioro de la calidad de vida humana.

Turbidez. La turbidez del agua se refiere a la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales insolubles en suspensión, con diámetros muy pequeños (1 micra). Las partículas en suspensión pueden ser de naturaleza muy variada como arcillas, limos, materia orgánica, etc. por la presencia de desechos contaminantes.

Debido a que en la medición del grado de turbidez se puede determinar el tipo de partícula en suspensión dentro del agua, de esta forma se puede conocer cual es el elemento contaminante específico presente.

⁷⁸ Metcalf-Eddy 1985 Op Cit

⁷⁹ Rigola Lapeña M 1989 Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso industrial.

Las aguas con medidas menores a 1 ppm de materiales en suspensión son muy transparentes y permiten la filtración de la luz hasta cuatro o cinco metros. Con diez ppm la filtración de la luz se acerca al metro de profundidad, que es el límite entre el agua pura y el agua que necesita algún tratamiento purificador. Por encima de 100 ppm la transparencia está por debajo de los diez cm que es un agua con demasiadas partículas en suspensión.⁸⁰

No existe ninguna relación en la turbidez y la concentración de sólidos suspendidos en el agua residual sin tratamiento, existe sin embargo una razonable relación entre turbidez y sólidos suspendidos para el efluente secundario establecido de la actividad de los lodos.

B) QUÍMICAS.

pH. La concentración del ion hidrógeno es un parámetro importante de la calidad tanto de aguas naturales como de aguas residuales, el intervalo de concentración para la existencia de la mayoría de la vida es estrecha y crítica.

La escala de pH puede tomar valores de 0 a 14, siendo el punto $\text{pH} = 7$ el correspondiente a una solución neutra, esto es, sin carácter ácido ni alcalino. Para valores menores de 7 se trata de una disolución de carácter ácido, siendo mayor la acidez cuanto menor sea el valor de pH registrado, por el contrario, una disolución alcalina o básica, siendo mayor el carácter alcalino cuanto mayor a 7 sea el valor de pH.⁸¹

Para la obtención de las medidas del pH de una sustancia se utilizan unos papeles especiales, los cuales al introducirse en el líquido a medir toman una coloración de acuerdo al nivel de pH. Otra forma de medición es la utilización de un aparato especial llamado potenciómetro que se basa en métodos conductimétricos y permiten conocer con gran exactitud el valor de pH de una solución.

Los valores de concentración de los iones de hidrogeno en el agua es importante tanto para el agua natural como la residual ya que el rango de concentraciones idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos y si la concentración no se altera antes de la descarga, el efluente puede modificar concentraciones de las aguas naturales.⁸²

Dureza. Se llama dureza cuando se encuentran disueltas en el agua una gran cantidad de sales de calcio y magnesio principalmente, aunque también pueden encontrarse sales de hierro, manganeso y estroncio.

El grado de dureza se expresa como ppm de CO_2Ca ; Las aguas con menos de 50 ppm de CO_2Ca se llaman blandas, con un valor de hasta 100 ligeramente duras, de hasta 200 moderadamente

⁸⁰ Seoanez Calvo, Mariano. Ecología industrial 1995

⁸¹ Seoanez Calvo Mariano. 1995 Op Cit.

⁸² Metcalf Eddy 1985. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.

duras y a partir de 200 ppm muy duras. Es frecuente encontrar aguas con menos de 300 ppm como CO_2/Ca , pero pueden llegar a 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

La dureza afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo humano.

Alcalinidad. La alcalinidad en el agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos tales como calcio, manganeso, sodio, potasio o magnesio.

El agua residual es generalmente alcalina, recibiendo su alcalinidad del agua de suministro, del agua subterránea y de las materias añadidas durante el uso doméstico. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado, también pueden producir espumas, provocar arrastres de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

Nitrógeno. El nitrógeno y el fósforo son elementos necesarios para el crecimiento de las plantas, conocidos también como nutrientes o bioestimulantes. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, es necesario conocer los datos sobre el mismo para evaluar el tipo de tratamiento de las aguas residuales mediante procesos biológicos.⁸³

La importancia del control de los niveles de nitrógeno en el agua es importante. Al agua residual, para su tratamiento, es necesario adicionarle o aumentarle los niveles de nitrógeno para hacer tratable al agua y en el caso contrario, cuando en un cuerpo de agua (referido básicamente a ríos o lagos que reciben las descargas residuales), existe la presencia de algas o lirio acuático en cantidades que puede afectar al uso que se le da al agua, presentándose el fenómeno conocido como eutroficación, por lo que es conveniente reducir los niveles de nitrógeno en los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

C) ORGÁNICAS.

Las características orgánicas se refieren a los componentes que se encuentran en las aguas residuales y que son el resultado de las actividades que realiza el hombre relacionadas con las síntesis de compuestos orgánicos, actividades domésticas, industriales, agropecuarias, etc. y tienen un alto nivel contaminante.

Dentro de la composición del agua residual, la materia orgánica ocupa el 75% en los materiales sólidos y el 40% en los sólidos filtrables, generalmente están formados por una combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y junto con nitrógeno en algunos casos.⁸⁴

⁸³ Metcalf & Eddy, 1991 Op. Cit

⁸⁴ Seoanez Calvo Mano, 1995 Op Cit

Los principales grupos de sustancias orgánicas contenidos en las aguas residuales son proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, entre otros, además de un gran número de pequeñas partículas sintéticas difíciles de biodegradarse.

Agentes Tensoactivos. Son grandes moléculas orgánicas, ligeramente solubles en el agua que causan espuma en las plantas de tratamiento, así como en las aguas a las que se vierten afluentes residuales. Este tipo de moléculas se encuentran presentes principalmente en los detergentes y jabones, los cuales se biodegradan muy lentamente.

Pesticidas y productos químicos agrícolas. Los compuestos orgánicos que se encuentran en niveles de trazas tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos usados en la agricultura, son tóxicos para un gran número de formas de vida y por lo tanto, pueden llegar a ser peligrosos contaminantes de las aguas superficiales.

Estos productos químicos no son constituyentes comunes del agua residual sino que suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas, tierras abandonadas, entre otros.

D) PARÁMETROS INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA.

Tanto las actividades naturales como las humanas contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales. Los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos, los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos tales como aceites y disolventes, de la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas y pesticidas, etc.⁸⁵

La concentración de estos compuestos orgánicos en el agua no es constante, sino variable por múltiples causas, lo que obliga a buscar parámetros que ayuden a determinar su grado de contaminación para los posibles tratamientos, como los siguientes:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Se refiere a la cantidad de oxígeno que requieren consumir los microorganismos de un cuerpo de agua para poder eliminar o biodegradar a las sustancias orgánicas contaminantes mediante procesos biológicos, regularmente se mide en un periodo de 5 días y se expresa en ppm de O₂.

La medida del DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad del agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente a la materia orgánica.

Demanda química de oxígeno (DQO). Se refiere a la medición de la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente en el agua, sólo que se sustituye el oxidante natural (oxígeno) por un agente químico fuertemente oxidante como el dicromato potásico.

⁸⁵ Rigola Lapeña M. 1989. Tratamiento de aguas industriales

El parámetro del DQO se utiliza también para medir la materia orgánica en aguas residuales industriales y municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica y se mide igual que el DBO₅ en ppm de O₂.

Las aguas no contaminadas tienen valores de 1 a 5 ppm, o algo superiores, las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm y en las aguas residuales industriales va a variar en función del proceso de fabricación de que se trate.⁸⁶

La medición del DQO es generalmente mayor al DBO₅ debido a que es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológica.

E) NORMAS OFICIALES DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Existen en México una serie de normas y criterios ecológicos establecidos por organismos oficiales donde se especifican, entre otras cosas, los límites máximos permisibles de contaminantes para diferentes usos de los cuerpos de agua.

Estos límites máximos se establecen en función de las consecuencias que provoca la concentración de contaminantes en el medio ambiente y tienen como finalidad el de determina el uso óptimo que se le puede dar al agua o de lo contrario, prohibir ciertos usos en los que el agua puede causar problemas.

Para la presente tesis se tomaron como referencia una norma y un criterio ecológico, ambos oficiales, con el fin de tener un punto más de referencia para la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua.

La Norma Oficial Mexicana de la calidad del agua a la que se hace referencia es la NOM-001-Ecol-1996, establecida por la secretaria del medio ambiente, recursos naturales y pesca (SEMARNAP) y publicada en el diario oficial de la federación el 1 de diciembre de 1996, en las que se establece los límites máximos permisibles para contaminantes básicos (cuadro 2.15) de donde se tomaron sólo los parámetros de interés para la tesis.

| PARAMETROS | RIOS | | |
|---|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| | Uso en riego agrícola | uso publico urbano | Protección vida acuática |
| Miligramos por litro, excepto cuando se de otra especificación. | | | |
| Temperatura (°C) | na | 40 | 40 |
| Grasas y aceites | 15 | 15 | 15 |
| Sólidos sedimentables (ml/l) | 1 | 1 | 1 |
| Sólidos suspendidos totales | 150 | 75 | 40 |
| DBO ₅ | 150 | 75 | 30 |
| Nitrógeno total | 40 | 40 | 15 |
| Fósforo Total | 20 | 20 | 5 |

Cuadro 2.15. Norma oficial mexicana de calidad del agua NOM-001-ecol-1996
Na = No aplicable.

También se consultó al documentó de criterios ecológicos de la calidad del agua CE-CCA-001/89 emitido por la secretaria de desarrollo urbano y ecología (SEDUE) y publicado en el diario oficial de la calidad del agua el miércoles 13 de diciembre de 1989, de donde se obtuvieron los siguientes valores (cuadro 2.16).

| Niveles Máximos en ml/l, excepto cuando se indique otra unidad. | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Sustancia o Parámetro | Abastecimiento agua potable | Riego agrícola | Pecuario. | Protección vida acuática | |
| | | | | Agua dulce | Agua marina |
| Alcalinidad | 400 | | | | |
| Color (unidades de escala pt-co) | 75 | | | | |
| Grasas y aceites | ausente | | | | |
| Oxígeno disuelto | 4.0 | | | 5.0 | 5.0 |
| Olor | ausente | | | | |
| Ph. | 5.0-9.0 | 4.5-9.0 | | | |
| Sólidos disueltos | 500 | 500 | 1000 | | |
| Sólidos suspendidos | 500 | 50 | | | |
| Sólidos totales | 1000 | | | | |
| Temperatura (°C) | condiciones naturales + 2.5 | | | Condiciones naturales + 1.5 | Condiciones naturales + 1.5 |

Cuadro 2.16. Criterio ecológico CE-CCA-001/89

Es necesario señalar que las dos normas anteriores se utilizarán como puntos de referencia para determinar si los parámetros obtenidos en los cuerpos de agua de la zona de estudio se encuentran por encima o por debajo de las normatividades oficiales y en su defecto señalar para qué usos el agua es o no apta.

CAPITULO III ANALISIS CON EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

El objetivo del presente capítulo es realizar la evaluación del deterioro que han sufrido los cuerpos de agua de la zona de estudio por las descargas de agua residuales, dicha evaluación se obtendrá mediante el análisis espacial de la zona utilizando un sistema de información geográfica.

La presente sección se encuentra estructurada en cuatro partes, las cuales se consideran importantes para realizar la evaluación.

1. Estructuración de la información. En este punto, la información obtenida hasta el momento se organizó y estructuró de tal forma que pudiera utilizarse en el SIG por medio de bases de datos, que son el punto de partida para realizar el análisis espacial de la zona.
2. Manejo de la información. Una vez incorporada la información al SIG se procedió a manipularla o procesarla para realizar la evaluación, clasificando a los cuerpos de agua en función de:
 - Tipos de descarga que recibe cada cuerpo de agua, con lo cual se inferirán los niveles de peligrosidad de las descargas.
 - Parámetros indicadores de la contaminación del agua obtenidos del ordenamiento ecológico del río Coatzacoalcos⁸⁷ que al igual que los volúmenes de descarga, se clasificaron en 5 niveles de acuerdo a los resultados del estudio, además de que se compararon con los parámetros establecidos en la norma oficial NOM-001-ecol-1996 y el criterio ecológico CE-CCA-001/89.
 - Volúmenes de descarga que recibe cada cuerpo de agua, con lo cual se determinaron los que reciben niveles similares de agua residual, agrupados en 5 clases, que van desde bajos hasta muy altos.
3. Evaluación final. Para obtener un resultado que permita evaluar el grado de deterioro de los cuerpos de agua se realizó una comparación de los parámetros de contaminación del agua con los volúmenes de agua residual que recibe cada cuerpo, con lo cual se obtuvo un valor final que determinó la evaluación final.
4. Representación de la información. Esta última parte es el soporte de la tesis ya que los resultados se presentan en forma cartográfica, los cuales son el producto del análisis espacial de los cuerpos de agua y sus fuentes contaminantes mediante la utilización del SIG.

⁸⁷ IMP Ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, 1997.

El manejo de la información se realizará por cuerpo de agua, es decir, cada uno se manejará de forma independiente para de esta forma partir de las cuestiones individuales a las generales, esto debido a que los cuerpos de agua son los elementos del medio físico sobre cuales se desarrollará la evaluación del grado de deterioro.

3.1 CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación se definen los cuerpos receptores que reciben directamente algún tipo de descarga de agua residual y que son susceptibles a ser clasificados de acuerdo al grado de deterioro, por lo que son los únicos cuerpos manejados dentro del análisis de este trabajo. Todos aquellos cuerpos que no sean mencionados en esta sección no registran algún tipo de descarga en el estudio, a excepción del Golfo de México, que a pesar de recibir las descargas de la ciudad de Coatzacoalcos, no se encuentra dentro del manejo por lo que únicamente se llevó a cabo la aplicación del SIG sobre los cuerpos de agua continentales.

Se identificaron 13 cuerpos de agua receptores de descargas residuales además de tres pozos de absorción y una laguna artificial de captación.

Río Coatzacoalcos.
Laguna Pajaritos.
Pantano Santa Alejandrina.
Pantano las Matas.
Río Calzadas.
Arroyo Teapa.
Arroyo el Naranja.
Arroyo Buenavista.
Arroyo Gopalapa.
Arroyo Chichigapa.
Arroyo Chicomegaste
Arroyo san Regino.
Pantano sin Nombre.
Laguna artificial de Captación.
Pozos de captación.

A lo largo del recorrido del río Coatzacoalcos (dentro de la zona de estudio) se reciben, en diferentes puntos, descargas de agua residual lo que provoca que los niveles de contaminación varíen de acuerdo a la zona donde se localice dicha descarga, por tal motivo se fraccionó al río en tres secciones, correspondiendo cada una a la sección donde existe mayor variedad de índices o niveles de contaminación o donde las condiciones cambien sensiblemente en relación con la sección anterior y que se describen a continuación.

La primera sección abarca desde el arroyo el Naranja (localizado a 1.5 km al sur de la ciudad de Minatitlán) hasta poco antes de la confluencia con el río Uxpanapa. Esta sección corresponde a una de las zonas que recibe mayores volúmenes de descargas, debido principalmente a los residuos de la ciudad de Minatitlán y de la refinería Lázaro Cárdenas.

Se fraccionar al río en esta parte se debido a que a partir del arroyo el Naranja (que es el inicio de la zona de estudio) se encuentran establecidos los centros urbanos y zonas industriales más importantes de la región y por ende, las fuentes de descarga de agua residual, en especial la ciudad de Minatitlán, el CPQ Cosoleacaque y la refinería Lázaro Cárdenas.

La segunda sección corresponde a partir de la unión del río Uxpanapa hasta la desembocadura del río Calzadas. Durante este trayecto se incorporan al cauce principal el río Uxpanapa, el arroyo san Antonio y el arroyo san Regino (este último con fuerte concentración de descargas industriales).

Este fraccionamiento se realizó en función a la importancia que tiene la confluencia del río Uxpanapa (por la cantidad de agua que aporta al río Coatzacoalcos) y que de alguna manera altera los resultados de los parámetros de contaminación del agua, tal como se vera más adelante.

La tercera sección del río abarca desde la confluencia del arroyo Calzadas (localizado a 6.5 km río arriba de la desembocadura del Coatzacoalcos) hasta la desembocadura en el Golfo de México. Esta sección es quizá la más importante para el estudio ya que es donde mayores descargas se arrojan a los diferentes cuerpos de agua, comenzando por la Ciudad de Coatzacoalcos y Allende, seguido por los complejos industriales de Pajaritos y Cangrejera, además de las descargas que transporta el río Calzadas, el arroyo Teapa y la laguna Pajaritos.

3.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DE LOS CUERPOS DE AGUA.

En esta parte de la tesis se seleccionaron dos elementos importantes, quienes juegan un papel esencial en la situación actual de la zona de estudio y además son los elementos primordiales donde se utilizó el SIG para realizar el análisis espacial de la zona mediante el cual se obtuvo la evaluación del grado de deterioro. Dichos elementos son:

- *Cuerpos de agua que reciben las descargas residuales*, son esenciales por ser el objetivo principal de análisis mediante el SIG, cubriendo con esto el objetivo principal de la tesis.

Las fuentes que generan las aguas residuales, en especial las que descargan hacia cuerpos de agua naturales y que generan la problemática actual de deterioro ambiental, por lo tanto, deben ser tomadas en cuenta para realizar la evaluación.

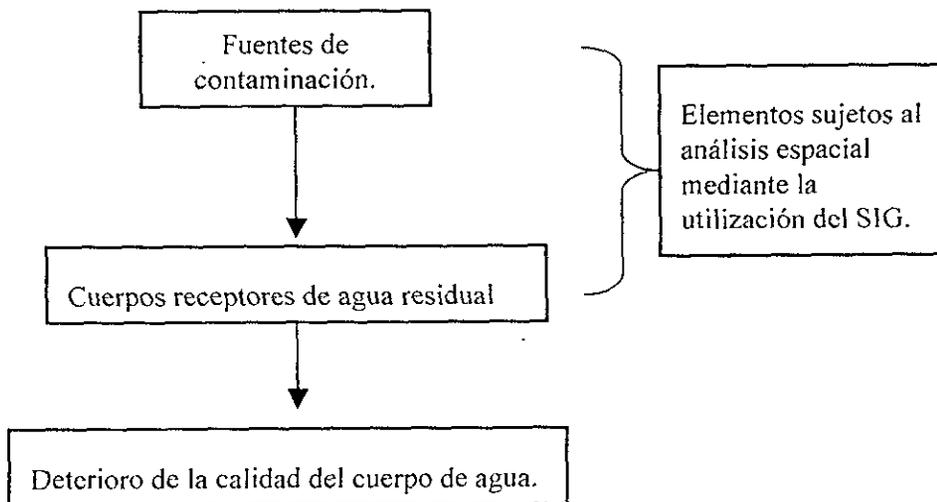


Figura 3.1. Diagrama de los elementos considerados para realizar la evaluación del nivel de contaminación de los cuerpos de agua.

La figura 3.1 muestra un diagrama general de los elementos considerados como necesarios para la evaluación de los cuerpos de agua, donde las fuentes de contaminación son los elementos que generan las descargas residuales y dichos residuos son descargados a los cuerpos de agua, lo que significa un cambio o degradación en la calidad del agua.

A grandes rasgos, el diagrama muestra el orden seguido en gran parte del trabajo para realizar la evaluación de los cuerpos de agua, donde a partir de la identificación y clasificación de las fuentes de contaminación se procedió a definir las principales características de los cuerpos de agua receptores de descargas residuales.

A la información obtenida durante el procedimiento anteriormente mencionado se le agregaron otros datos que se refieren a parámetros indicativos de los niveles de contaminación de algunos cuerpos de agua, que fueron comparados con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en las normas oficiales y criterios ecológicos y que servirán como elementos adicionales en la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos receptores de descargas.

La estructura de las bases de datos quedó conformada de la siguiente manera.

La primera base de datos se tomó como identificador de las diferentes fuentes generadoras de agua residual de la zona (62 fuentes en total, entre industriales y municipales) y las variables temáticas se refieren a los datos de municipios donde se localiza la fuente, tipo de descargas (industrial o municipal), la calificación correspondiente al volumen de descarga y al cuerpo(s) que recibe las descargas residuales. A esta base se le nombró *fuentes de contaminación* (anexo 3).

Se decidió tomar como identificador a las fuentes de contaminación debido a dos aspectos importantes. En primer lugar las fuentes tienen datos que ayudan a diferenciarse fácilmente entre ellos, lo que facilita el manejo en cuestiones de análisis espacial de la zona, en función de los sitios de concentración de los puntos de descarga y los problemas que esto puede ocasionar, manejados a nivel municipal, por giro industrial (ya sea petrolera, química, extractiva, agroindustrial o municipal) y la calificación de volumen de descarga.

Por otro lado cada fuente tiene a uno o máximo dos cuerpos de agua que recibe sus descargas (por tal motivo se hace la diferenciación entre cuerpo receptor primario y secundario, sin que esto implique literalmente el nivel de importancia), en cambio si se hubieran tomado como identificador a los cuerpos de agua, algunos de ellos llegan a tener hasta 15 o más fuentes de descarga de agua residual, lo que dificulta el manejo de la información.

Cabe mencionar que esta base de datos se ha estado manejando desde el capítulo II de la tesis, donde se identificaron las fuentes de descarga clasificadas de diferentes formas, tales como giros industriales, municipios donde se localizan, etc.

Otro aspecto importante es que durante el manejo de la información dentro del SIG fue necesario utilizar ciertos datos como el de volumen de descarga de cada fuente, entre otros.

La segunda base de datos contiene información en particular de cada cuerpo receptor, se tomó como identificador a los cuerpos de agua y las variables temáticas son los volúmenes de descarga en total que recibe cada cuerpo, tipo de fuente que predomina en cada descarga y los parámetros indicadores de la contaminación del agua. A esta base se le denominó *cuerpos de agua* (anexo 4).

Esta base de datos se fundamenta en el hecho de que maneja información específica de cada uno de los cuerpos de agua que recibe algún tipo de descarga residual dentro de la zona de estudio, por lo que durante el análisis espacial mediante el SIG cada cuerpo se puede manejar de manera independiente, obteniendo en cada caso una evaluación específica del grado de deterioro.

Se trabajó con dos bases de datos diferentes debido a la gran cantidad de información que se tenía, la cual era difícil de estructurar y manejar en una sola base, además de que en esta forma (dos bases de datos) la información se puede manejar desde dos perspectivas.

En primer lugar y de forma general, dando un panorama amplio de la zona en cuestión en cuanto a los sitios con posibles problemas de contaminación y en segundo lugar de forma particular, con datos muy específicos de cada uno de los cuerpos de agua involucrados en los problemas de deterioro de la calidad.

Como primer punto de la evaluación se identificaron los sitios o zonas donde se generan mayores cantidades de descargas por tipo de fuente, esto debido a que las descargas presentan diferentes niveles de peligrosidad de acuerdo a la procedencia y a la concentración, es decir, las descargas de tipo petroquímico, en teoría, son más dañinas para el medio ambiente que las industrias extractivas por el tipo de contaminantes que presenta.

El proceso anterior tiene como finalidad determinar los cuerpos de agua que posiblemente tengan mayores problemas de contaminación y que de principio requieren de mayores atenciones para su regeneración por parte de las autoridades correspondientes, además de ayudar a determinar los tipos de plantas tratadoras de agua residual más convenientes para cada cuerpo, de acuerdo a las características del cuerpo receptor y de las descargas recibidas.

En esta parte, el SIG permitió visualizar los tipos y cantidades de descargas que recibe cada cuerpo receptor, además de permitir la rápida consulta del tipo de fuente o industria descargadora, confirmando la útil ayuda del sistema. En esta sección se utilizaron ambas bases de datos.

Los resultados obtenidos se presentan en el mapa 3.1, donde la estructuración de los datos se realizó de la siguiente manera.

Los cuerpos de agua se presentan de un color determinado que corresponde al tipo de fuente que descarga mayores volúmenes de agua residual, ya sea municipal o industrial y para corroborar dicha información se agrego uno o dos símbolos que corresponden a la primera o segunda fuente de descarga que predomina en el cuerpo de agua en cuestión.

La inclusión de los símbolos de las fuentes de descarga se debe a la necesidad de determinar cuales son los principales tipos de descargas que recibe un cuerpo de agua, con lo cual se pueden establecer las medidas o planes adecuados para reducir los efectos negativos de la contaminación.

Descargas Municipales. El río Coatzacoalcos es el cuerpo de agua que recibe la mayor parte de las descargas municipales, en la sección 1 los desechos provenientes de la ciudad de Minatitlán y Cosoleacaque, mientras que en la sección 3 recibe los desechos líquidos de la ciudad de Coatzacoalcos; también el pantano sin nombre, el arroyo el Naranja y el Golfo de México reciben fuertes descargas de tipo municipal.

Las descargas de tipo municipal se caracterizan por contener cantidades importantes de sólidos suspendidos, contaminantes orgánicos expresados como DBO₅ y detergentes, además de gran cantidad de basura y desechos sólidos que dificultan los procesos de tratamiento de agua y se convierten en focos de infección.

Industria del petróleo. Esta industria se encuentra concentrada al norte de la zona de estudio, básicamente en el municipio de Coatzacoalcos, donde se localizan 3 industrias petroquímicas y 4 terminales de distribución. La refinería Lázaro Cárdenas y la CPQ Cosoleacaque se encuentran fuera de esta zona.

Las descargas de este giro industrial se concentran principalmente sobre la laguna Pajaritos, además del arroyo Teapa. Las características de estos residuos son la alta concentración de grasas y aceites, al igual que fenoles y nitrógeno.

Industria química. Las descargas de la industria química se consideran de alta peligrosidad y toxicidad debido a los efectos negativos que producen al medio ambiente ya que generan desechos como pinturas, polvos, lodos de carbonato de calcio, fosfatos, nitratos, aceites y grasas, solventes, urea, resinas, plomo, cobre, bronce, cobalto, etc. y producen cambios en parámetros específicos como temperatura del agua, pH, color, oxígeno disuelto, materia orgánica y sólidos suspendidos y/o sedimentables.

El arroyo Teapa es el principal cuerpo de agua que recibe las descargas de la industria química, seguido por el arroyo Gopalapa y el río Coatzacoalcos sección 3.

Industrias Extractivas en el capítulo I de la presente tesis se mencionó que existen en la zona importantes yacimientos de minerales no metálicos como el azufre, sal y arena silica. El principal problema de estas industrias es que al tener sus yacimientos o bancos de materiales al aire libre, se deslavan por efecto de la lluvia y los materiales son arrastrados a los cuerpos de agua cercanos cargados con gran cantidad de sólidos.

Debido a la acción del lavado y a los procesos de extracción de materiales, la problemática ambiental se traduce en variaciones importantes en los parámetros de sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, además de fuerte presencia de grasas y aceites, azufre, carbón y sílice.

El arroyo el Naranjo es el principal cuerpo que recibe mayores cantidades de descargas de la industria extractiva, al igual que el arroyo Teapa.

Agroindustrias. Las características de las aguas residuales generadas en este tipo de empresas, así como sus volúmenes, son variables ya que éstas dependen del tipo de proceso, del tamaño y la producción del mismo. A grandes rasgos, las descargas contienen importantes cantidades de conservadores químicos, detergentes y ácidos. Los cuerpos de agua que reciben mayores volúmenes de este tipo de descargas son el río Calzadas y el pantano santa Alejandrina.

Como resultado del análisis anterior, se detectó que el río Coatzacoalcos sección 3 recibe fuertes descargas de residuos municipales, petroleras y químicas, lo que denota que existen problemas serios de deterioro en la calidad sus aguas, principalmente por el tipo de desechos que recibe, caso similar al arroyo Teapa que recibe descargas de la industria química, petrolera y extractiva (en orden de volúmenes de descarga).

Estos dos ríos, a primera vista se podrían considerar como los que mayores cambios han sufrido en la calidad del agua, además del arroyo el Naranjo, por el tipo y cantidades de descargas que recibe, el río Coatzacoalcos sección 1, los arroyos el Naranjo y Gopalapa son otros cuerpos de agua que reciben descargas que deterioran la calidad notablemente.

Como segundo punto de la evaluación se procedió a analizar los parámetros de contaminación de los cuerpos de agua⁸⁸ con las normas oficiales anteriormente referidas, que dio como resultado la determinación de zonas o cuerpos de agua con mayores problemas de deterioro ambiental.

⁸⁸ Resultados obtenidos en el ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. IMP 1998

En esta parte de la evaluación, al tener registrados los parámetros de contaminación que presenta cada uno de los cuerpos de agua y al conocer los límites máximos establecidos en las normas y criterios oficiales, se pudieron determinar cuáles parámetros sobrepasan dichos límites, por lo tanto, la base de datos utilizada fue *cuerpos de agua*.

Arroyo Naranjo. Recibe las descargas de tres fuentes diferentes, de las cuales la industria química Celanese mexicana es la que mayores volúmenes descarga, además de recibir las descargas de la ciudad de Cosoleacaque y la gravera Agustín Morales.

El arroyo Naranjo presentó los parámetros de sólidos sedimentables y coliformes totales (este último es un parámetro característico de las descargas urbanas) se encuentran en niveles altos, además la carga de DBO_5 se encuentra en términos medios en relación a los demás cuerpos de agua, lo que significa que el principal factor de contaminación o alteración de la calidad del agua es la ciudad de Cosoleacaque.

Con respecto a lo establecido en la NOM y los criterios ecológicos, todos los parámetros se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos.

Río Coatzacoalcos sección 1. En esta sección del río se descargan aguas residuales provenientes de cuatro fuentes, entre las que se encuentra la refinería Lázaro Cárdenas y la ciudad de Minatitlán. Esta sección del río presenta una situación similar a la del arroyo Naranjo, donde los parámetros más altos son los de coliformes fecales provenientes de la ciudad de Minatitlán.

Los valores obtenidos en los parámetros de dureza, nitrógeno total y DQO son relativamente altos en relación con los demás parámetros, sin embargo no reflejan lo esperado de las descargas de la refinería de Minatitlán (niveles altos de contaminación), posiblemente por el gran volumen de agua que contiene el río que diluye gran parte de los contaminantes.

En cuanto a las normas oficiales resultó que ninguno de los parámetros sobrepasan los límites.

Pantano Santa Alejandrina. Se identificaron cinco fuentes de contaminación, entre las que se encuentran las segundas descargas de la refinería y la ciudad de Minatitlán, además de tres embotelladoras de bebidas.

Presenta el segundo valor más alto de DBO_5 de toda la zona, además de que el resto de los parámetros se encuentran en niveles elevados. De acuerdo con los parámetros oficiales, los coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permitidos.

Los datos anteriores indican que el pantano santa Alejandrina presenta mayores niveles de contaminación que el río Coatzacoalcos sección 1, esto posiblemente se debe a que por ser un pantano, sus aguas no mantienen una circulación tan dinámica comparada con la del río Coatzacoalcos, al igual que la cantidad de agua que contiene uno y otro está muy desproporcionada, por lo que la concentración de contaminantes en el pantano es mayor.

⁸⁹ Resultados obtenidos en el ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos IMP 1998

Río Coatzacoalcos sección 2. En esta parte del río no se tiene registrada ninguna descarga residual, sin embargo, se ve afectada por las descargas que recibe río arriba, principalmente de la ciudad de Minatitlán.

Presenta niveles altos de alcalinidad, dureza y DQO y en menor proporción de sólidos sedimentables y nitrógeno total, lo que significa una fuerte entrada de residuos municipales, sólo el parametro de DBO₅ es bajo. Estos cambios bruscos se deben posiblemente a que se comienzan a percibir los efectos de las descargas de la ciudad de Minatitlán y la refinería Lázaro Cárdenas.

Con relación a la normatividad oficial, el DQO, dureza y sólidos totales se encuentran por encima de los límites máximos permisibles, lo que significa que es necesario el establecimiento de prácticas o disposiciones para evitar el deterioro de la calidad del agua, como la construcción de una planta tratadora de agua en los puntos de descarga de la ciudad de Cosoleacaque y Minatitlán, así como todas las industrias de la zona, además de monitoreos permanentes de los niveles de contaminación, tanto en los puntos de descargas como en los límites del pantano santa Alejandrina.

Arroyo san Regino. Recibe parte de las descargas de la ciudad de Ixhuatlán del Sureste, los parámetros indicadores de contaminación más altos son nitrógeno total y alcalinidad, el resto se mantiene en niveles bajos, sin sobrepasar en ningún caso las normas oficiales, lo que significa que no presenta un grado de deterioro alto.

Arroyo Gopalapa. Recibe las descargas de cuatro industrias químicas, de las cuales Quimir y Resirene producen artículos adhesivos, actividad que se considera altamente tóxica por los desechos que genera.

Presenta valores altos de dureza, nitrógeno total, DQO, coliformes fecales y sólidos sedimentables, este último parámetro sobrepasa los límites máximos establecidos en la NOM-ccol-96 por lo que el agua no es apta para consumo humano.

En términos generales, el arroyo Gopalapa tiene niveles altos de deterioro en la calidad del agua, por lo tanto es necesario realizar estudios más a fondo sobre las condiciones del arroyo, con la finalidad de establecer proyectos específicos de regeneración de sus aguas.

Río Calzadas. Recibe descargas de tres fuentes diferentes, presenta niveles altos de nitrógeno total, coliformes fecales y el más alto nivel de DBO₅ de toda la zona. Ninguno de los parámetros sobrepasa los límites oficiales.

Río Coatzacoalcos sección 3. Esta sección del río recibe las descargas de seis fuentes diferentes, tiene niveles altos de sólidos totales, nitrógeno total y DBO₅, sin embargo ningún parametro excedió los límites oficiales.

Esta parte del río Coatzacoalcos, por recibir agua residual de diferentes fuentes (seis descargas directas más las provenientes de río arriba), requiere de un manejo especial para la regeneración de sus aguas, tales como exigir el tratamiento del agua residual de las plantas que descargan directamente al río, así como de la ciudad. La prioridad de atención a este cuerpo de agua debería ser alta dado que vierte sus desechos directamente sobre el Golfo de México.

Arroyo Teapa. De la zona de estudio, es el cuerpo de agua que recibe las descargas del mayor número de fuentes, con nueve en total, de las cuales seis son químicas y dos petroquímicas, además de una extractiva.

Presenta los niveles más altos de nitrógeno total, sólidos totales, alcalinidad y DBO₅ de toda la zona de estudio.

En cuanto a las normatividades oficiales, debido a que los sólidos totales sobrepasan los límites oficiales, dicho cuerpo de agua no es apto para uso público lo que significa que esta sumamente degradado en su calidad, por lo que es necesario construir plantas tratadoras de agua residual enfocadas esencialmente a la industria química.

Laguna Pajaritos. Recibe las descargas de cinco fuentes de las cuales tres son petroleras, presenta niveles altos de sólidos totales, alcalinidad, dureza y DQO, lo que indica problemas serios de deterioro ambiental provocado por la industria petrolera.

Los valores de sólidos totales y dureza sobrepasan los límites oficiales.

Existen seis cuerpos de agua más que reciben descargas residuales pero que no se les realizaron los estudios correspondientes de contaminación del agua, sin embargo, es necesario incluirlos dentro del estudio dado los volúmenes de descarga que reciben.

Pantano las Matas a pesar de que no cuenta con estudios de contaminación del agua, se puede inferir que presenta deterioro en la calidad de sus aguas, ésto debido a los tipos de descarga que recibe, que son cuatro industrias químicas y una petrolera.

Debido a que la dinámica hidrológica y/o circulación del agua en el pantano es menor a los ríos de la zona, la concentración de los contaminantes es mayor o la dispersión de los mismos menor, por lo tanto es necesario establecer políticas específicas de control de la contaminación, tales como plantas tratadoras de agua residual en cada una de las fuentes de descarga, además de tratamientos biológicos de las aguas del pantano.

Pantano sin nombre. Se localiza al sur de la ciudad de Coatzacoalcos y su principal problema es su inminente desaparición por efectos de crecimiento de la ciudad.

Recibe las descargas de la ciudad de Coatzacoalcos, de la industria química Petrogas y la granja avícola Olmecca.

Arroyo Buenavista. Se tiene registrada una descarga a dicho cuerpo, proveniente de la industria Fertilizantes de Minatitlán, sin embargo no se descarta la incorporación de basura o desechos de la ciudad de Minatitlán dada su cercanía.

Como resumen general, existen en total cinco cuerpos que presentan niveles elevados de deterioro en la calidad de sus aguas, en primer lugar la laguna Pajaritos presenta dos parámetros por encima de los límites de las normatividades oficiales y el resto de sus parámetros se encuentran en niveles altos, por lo que se le considera como el cuerpo de agua de mayor deterioro de la zona.

Asimismo, el pantano santa Alejandrina, el río Coatzacoalcos sección 2 y 3, además del arroyo Teapa y Gopalapa son los cuerpos de agua que mayores problemáticas presentan en cuestión de los parámetros de contaminación registrados, que de entrada deberían de ser prioritarios en cuestión de políticas de regeneración de agua.

Evaluación final. Para obtener la evaluación se realizó una ecuación que consiste básicamente en agrupar en cinco niveles, de mayor a menor, a los resultados obtenidos de los volúmenes de descarga y parámetros de contaminación de cada cuerpo, a cada nivel se le asignará un valor determinado, uno para el más bajo, así sucesivamente hasta el cinco que es el valor más alto.

Finalmente, una vez que cada cuerpo de agua tenga sus valores respectivos, la suma de ambos permitirá obtener un valor, que puede ir desde el uno, que es el cuerpo que presenta menor deterioro ambiental, hasta el nueve que es el grado de deterioro más alto.

Dichos resultados se agruparán de la siguiente manera para obtener un valor final (cuadro 3.1).

| Valores | calificación. |
|---------|---------------|
| 0 - 1 | Bajo |
| 2 - 3 | Medio |
| 4 - 5 | Medio - alto |
| 6 - 7 | Alto |
| 8 - 9 | Muy alto. |

Cuadro 3.1. Valores de la evaluación del grado de deterioro.

Volúmenes de descarga. En esta parte se procedió a sumar las descargas que recibe un cuerpo de agua para de esta forma obtener un valor final, que posteriormente se clasificó en 5 grupos en función al volumen total que recibe cada cuerpo de agua, que van desde muy altos hasta bajos (calificaciones de los volúmenes de descarga reportados en la sección 2.2 de la tesis).

A cada grupo se le otorgó un valor del 1 al 5 que corresponden a los niveles de descarga que recibe cada cuerpo de agua, siendo uno el valor más bajo y cinco el valor más alto (cuadro 3.1).

| Intervalos de volumen de descarga que reciben los cuerpos de agua (m ³ / año). | Valor | Calificación |
|---|-------|--------------|
| Menor de 50 000 | 1 | Bajo |
| 50 001 - 80 000 | 2 | Medio |
| 5 000 000 - 7 000 000 | 3 | Medio - alto |
| 15 000 000 - 19 000 000 | 4 | Alto |
| Mayor de 29 000 0000 | 5 | Muy alto |

Cuadro 3.2 Clasificación de los volúmenes de descarga.

Es importante mencionar que durante el proceso de agrupación de los volúmenes de descarga se detectaron intervalos donde existe demasiada diferencia entre las descargas que reciben los cuerpos de un grupo en relación con el grupo siguiente o posterior, sin embargo esto es parte del resultado en sí y en ninguno de los casos se alteraron los valores.

En el mapa 3.2 se puede apreciar cuales son los cuerpos de agua que reciben las mayores descargas de agua residual de la zona de estudio. Dicho mapa resulto de la manipulación de la información contenida en la base de datos "Cuerpo de Agua" introducida en el SIG, de forma que expresara claramente la relación entre los cuerpos receptores y los volúmenes de agua residual que se reciben en ellos. Los resultados se presentan en el cuadro 3.2.

| Cuerpo de agua. | calificación del volumen de descarga recibido |
|----------------------|---|
| Laguna Pajaritos | 5 |
| P. Santa Alejandrina | 5 |
| Coatzacoalcos s.1 | 5 |
| Arroyo Naranjo | 4 |
| Arroyo Teapa | 4 |
| Coatzacoalcos s. 3 | 4 |
| Pantano las Matas | 3 |
| Río Calzadas | 3 |
| Laguna artificial | 3 |
| Arroyo Gopalapa | 2 |
| Arroyo san Regino | 2 |
| Pantano sin nombre | 1 |

Cuadro 3.3. Calificación del volumen de descarga que recibe cada cuerpo de agua.

El río Coatzacoalcos, en general, es el cuerpo de agua que mayores volúmenes de descarga recibe en la zona, a pesar de que la sección 2 no reporta recibir algún tipo de descarga de agua residual.

Una vez fraccionado el río Coatzacoalcos, la laguna Pajaritos aparece en primer lugar en cuanto a los volúmenes de descarga que recibe, seguido por el pantano santa Alejandrina y el río Coatzacoalcos sección 2.

Observando detenidamente el mapa 3.2 se deduce que los cuerpos de agua que mayores volúmenes de descarga reciben se localizan en dos zonas bien definidas, que corresponden a los sitios de mayor concentración de industrias y centros de población, es decir, la ciudad de Coatzacoalcos y la ciudad de Minatilán, con sus respectivos centros industriales.

En esta parte de la tesis la aplicación del SIG permitió visualizar por categorías los diferentes niveles de descargas de la zona y poderlos representar gráficamente.

Los resultados anteriores pudieran dar una idea errónea de que a mayor volumen de descarga recibida sera mayor el índices de contaminación, lo cual no siempre es cierto, ya que aquí intervienen factores como concentración de las descargas, así como características y dinámicas del cuerpo receptor.

Como ejemplo se toma al río Coatzacoalcos, donde el caudal y la dinámica hidrológica permiten una mayor disolución y dispersión de los contaminantes vertidos en él, no siendo así para los pequeños arroyos o pantanos de la zona dado que las características son diferentes.

Para obtener los valores de los parámetros de contaminación se aplicó el mismo principio que en el caso anterior, es decir, agrupar los resultados en cinco intervalos, de mayor a menor y a cada valor se le asignó un número específico, que se expresa en el siguiente cuadro (3.4).

| Cuerpos de Agua. | Valores de los parámetros de contaminación. | | | | | | | Calificación de los parámetros de contaminación |
|-----------------------------|---|-----|--------|-----------------|-----------------|-------------|----------|---|
| | DBO ₅ | DQO | Dureza | Nitrógeno total | Sólidos totales | Alcalinidad | Cloruros | |
| Arroyo Gopalapa | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Río Calzadas | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Pantano las Matas | 2 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| Arroyo Teapa | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Arroyo El Naranjo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pantano Sta. Alejandrina | 5 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Laguna Pajaritos | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| Río Coatzacoalcos sección 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| Río Coatzacoalcos sección 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Río Coatzacoalcos sección 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 |

Cuadro 3.4. Clasificación de los parámetros de contaminación.

Donde :

| Valores | calificación |
|---------|--------------|
| 1 | Bajo |
| 2 | Medio |
| 3 | Medio – alto |
| 4 | Alto |
| 5 | Muy alto |

Cuadro 3.5. valores del grado de deterioro de los cuerpos de agua de acuerdo a los parámetros de contaminación

Hasta este punto ya se tienen dos valores que indican el nivel de deterioro que presentan algunos cuerpos de agua del corredor industrial de C-M-C, el siguiente paso es sumar los valores que le correspondan a cada cuerpo de agua para así obtener un único resultado que es el nivel de deterioro final. La agrupación de los valores para obtener un resultado final siguió el procedimiento aplicado en el cuadro 3.5.

Los resultados obtenidos son la evaluación final del grado de deterioro de los cuerpos de agua de la región de Coatzacoalcos, en donde el SIG permitió la rápida consulta de las bases de datos, así como realizar operaciones entre ellas para generar nueva información. Los resultados se presentan en el cuadro 3.6.

| Cuerpos de agua | Calificación volumen de descarga | Calificación de los parámetros de contaminación | Valores de la evaluación final | Calificación final de la evaluación del grado de deterioro. |
|--------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|---|
| Laguna Pajaritos | 5 | 4 | 9 | Muy alto |
| Pantano Sta. Alejandrina | 5 | 3 | 8 | Muy alto |
| Río Coatzacoalcos sección 3 | 4 | 4 | 8 | Muy alto |
| Arroyo Teapa | 4 | 3 | 7 | Alto |
| Río Coatzacoalcos sección 1 | 5 | 2 | 7 | Alto |
| Pantano las matas | 3 | 3 | 6 | Alto |
| A. Gopalapa | 2 | 3 | 5 | Medio - alto |
| Río Calzadas | 3 | 2 | 5 | Medio - alto |
| Arroyo El Naranja | 4 | 1 | 5 | Medio - alto |
| Río Coatzacoalcos sección 2 | | 4 | 4 | Medio - alto |
| Laguna artificial de captación | 3 | | 3 | Medio |
| A. San Regino | 2 | | 2 | Medio |
| Pantano sin nombre | 1 | | 1 | Bajo |

Cuadro 3.6. Evaluación final del grado de deterioro de los cuerpos de agua.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 3.6 la laguna Pajaritos es el cuerpo de agua que presenta el grado de deterioro más alto, con un valor de 9, lo que significa que es el cuerpo que requiere de atención inmediata en cuanto a su regeneración.

Caso muy similar con el pantano santa Alejandrina y la sección 3 del río Coatzacoalcos, que también presentan niveles muy alto de deterioro.

Estos tres cuerpos de agua aparecen, en los parámetros utilizados para obtener la evaluación final del nivel de contaminación, como los más altos, principalmente la laguna de Pajaritos, que recibe descargas residuales de varias industrias químicas y petroleras, por lo que es necesario establecer planes específicos de control de la contaminación, como la creación de una norma o ley que obligue a las empresas a tratar sus descargas y en los casos donde ya existan sistemas de tratamiento de aguas residuales establecer supervisiones periódicas con el fin de verificar su adecuado funcionamiento.

En el mapa 3.3 *evaluación del grado de deterioro* se presentan los resultados finales de la evaluación, donde a cada calificación, de bajo a muy alto, se le da un color determinado, y los resultados son los siguientes.

La región o zona que presenta mayores problemáticas de contaminación se encuentra NE de la zona de estudio que es donde se localizan la conurbación de la ciudad de Coatzacoalcos y los complejos petroquímicos de Pajaritos, Morelos y Cangrejera, además de varias industrias químicas.

Esto fue determinado porque en esa región se encuentran tres cuerpos de agua con niveles de altos a muy altos de deterioro ambiental, Laguna Pajaritos, río Coatzacoalcos s. 3 y arroyo Teapa, además del río Calzadas y la laguna artificial de captación.

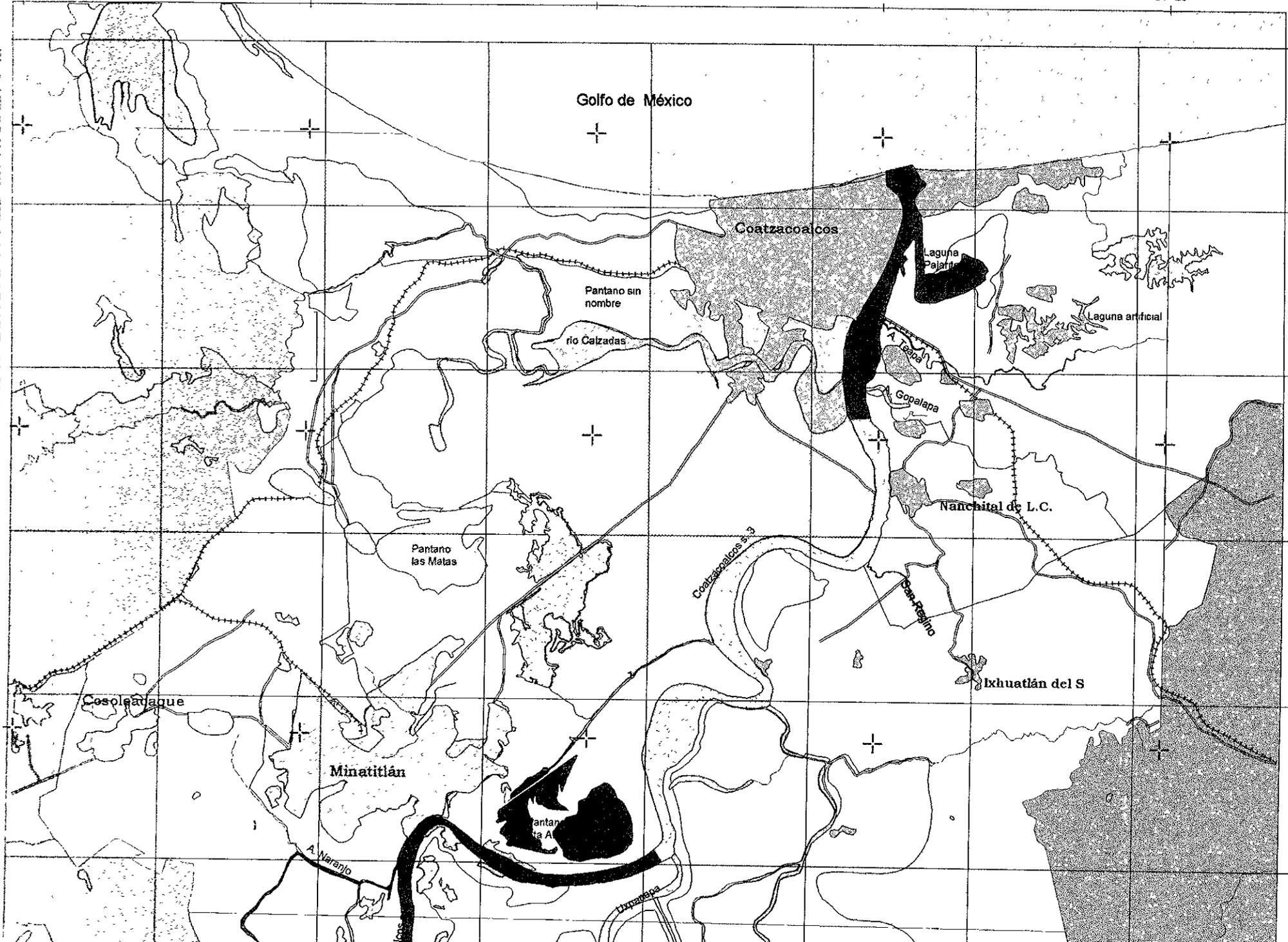
94° 40'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'



Golfo de México

Coatzacoalcos

Laguna Pajarito

Pantano sin nombre

rio Calzadas

Laguna artificial

Rio Tana

Rio Gopalapa

Nanchital de L.C.

Pantano las Matas

Coatzacoalcos s.s.

Rio Regino

Ixhuatlán del S

Cosoleacaque

Minatitlán

Pantano la Alca

Rio Warranjo

Rio Papasopa

La segunda zona de alto deterioro ambiental es la conurbación de la ciudad de Minatitlán y su zona industrial, donde se encuentra el río Coatzacoalcos s. 1 y el pantano Santa Alejandrina, con calificación de altos a muy altos, respectivamente.

Lo anterior significa que existen dos regiones perfectamente definidas en donde los problemas de contaminación son graves y en donde se deben de implementar estrategias preventivas y correctivas tendientes a atacar el problema.

Estrategias similares se pueden aplicar a los demás cuerpos de agua, no solo a los que presentan problemas serios, sino en general como medida preventiva.

En el caso específico del arroyo Teapa, en dos de los tres parámetros utilizados para la evaluación resulto con niveles altos. Es el cuerpo que recibe descargas del mayor número de industrias diferentes y el segundo en volumen de descarga recibida de toda la zona, sin embargo los análisis aplicados en los parámetros de contaminación sus aguas dan como resultado niveles de medio a bajo (sólo en nitrógeno total aparece en primer lugar general), lo que ocasiona que en la evaluación final presente niveles altos, pero con tendencia hacia valores muy altos, por lo tanto se le podría considerar dentro de los cuerpos de agua prioritarios para aplicar medidas que mitiguen los efectos de la contaminación.

En el caso específico del río Coatzacoalcos sección 2 que presenta como calificación final de 4 o medio - alto podría no ser una calificación representativa, es decir, el hecho de no contar con volúmenes de descarga provoca que el valor final de la evaluación sea bajo, sin embargo en los resultados de los parámetros de contaminación si aparece como cuerpo de agua con alto grado de deterioro lo que significa que también debe de ser incluido dentro del grupo de atención prioritaria para contrarrestar los efectos negativos de la contaminación.

Uno de los principales problemas que enfrenta la zona por efectos de la contaminación es, además de los daños irreversibles al entorno ecológico, el daño que se está ocasionando al medio marino, debido a que los residuos que contiene el río Coatzacoalcos son descargados directamente al Golfo de México y por ende, afecta a la biota de dicho ecosistema.

Los cuerpos de agua que aparecen como "no representativos" se refieren a aquellos cuerpos en los que no se pudo obtener dato alguno sobre los tipos de descarga o niveles de contaminación, lo cual no necesariamente significa que no reciban dichas descargas.

94° 40'

94° 35'

94° 30'

94° 25'

94° 20'

Golfo de México

Allende

COATZACOALCOS

Laguna artificial de captación.

Pantano sin nombre

Teapa

Nuevo Mundo

Gopalapa

Caticas

Villa Nanchital

Laguna Las Matas

In Regiono

Ixhuatlán del S.

COSOLEACAQUE

MINATITLÁN

Pantano S. Alejandro

Uxpanapa

12
07
02

18

IV CONCLUSIONES.

Los resultados que se obtuvieron en la presente tesis tienen que ver con útil ventaja que tiene el trabajar con una herramienta, como lo son los sistema de información geográfica, que se enfoca principalmente al análisis de información del medio físico y a partir del cual se realizó un análisis espacial de la zona de estudio que permitió obtener una evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua de una región industrial.

De acuerdo con los objetivos planteados al inicio del trabajo de tesis, los resultados alcanzados son los siguientes.

- Localización de los principales factores de contaminación del agua. El SIG permitió localizar y visualizar las diferentes fuentes de contaminación de los cuerpos de agua, asimismo de la información recopilada de dichas fuentes se elaboraron bases de datos que se incorporaron al SIG donde posteriormente se analizaron y clasificaron para obtener resultados como volúmenes de descarga que genera cada fuente, tipo de fuentes (municipal o industrial), giro industrial, municipios donde se encuentran, que produce cada una de las fuentes, calificaciones de los volúmenes de descarga y los cuerpos de agua que reciben sus descargas.

También se identificaron los cuerpos de agua de la zona de estudio y a partir del análisis de la base de datos, se pudieron clasificar de acuerdo a quienes tienen registrado algún tipo de descarga, además del volumen total y procedencia de dichas descargas.

- Aplicar SIG para realizar un análisis espacial de la zona de estudio para evaluar el deterioro del recurso hídrico. A partir de la manipulación de las bases de datos incorporados al SIG se pudo obtener información que permitió realizar la evaluación de los cuerpos de agua.

La evaluación, utilizando el SIG, consistió básicamente en la manipulación de la base de datos para clasificar a los cuerpos de agua de acuerdo a los volúmenes de agua residual que reciben, tipos y características de los tipos de descarga que llega a cada cuerpo, además de la comparación los parámetros de contaminación con los límites máximos permisibles establecidos en normas y criterios ecológicos oficiales.

Una vez procesada la información y de haber obtenido la evaluación del grado de deterioro de los cuerpos de agua se presentaron los resultados en forma de mapas, los cuales son la parte final de toda una serie de procesos seguidos a lo largo del estudio.

Las ventajas observadas durante el proceso de elaboración de la tesis fueron que la utilización del SIG en los estudios relacionados con el territorio significó una disminución en los tiempos de procesamiento de información así como en los de presentación de resultados, facilita la toma rápida de decisiones, manejo y almacenamiento de grandes volúmenes de información, en otras ventajas, además de que puede ser empleado por diferentes tipos de profesionistas.

Por otro lado, teniendo a los elementos del medio físico debidamente introducidos al programa se puede obtener información como áreas, extensiones, perímetros, etc. que son elementos necesarios para trabajos futuros de planeación, también se tiene la posibilidad de incorporar información importante como características o atributos propios de cada elemento del medio.

Como propuestas generales para alcanzar mejores resultados en la aplicación del SIG se encuentra el de verificar la calidad, cantidad y veracidad de la información contenida en las bases de datos, debido a que se pueden llegar a conclusiones o diagnósticos equivocados por el mal uso de la información o por mala calidad de las fuentes.

La cantidad de la información en las bases de datos se refiere a contar con toda la información necesaria para cumplir con la finalidad del estudio, como es la de incorporar indicadores de calidad del agua que representen mejor la situación del cuerpo receptor, así como monitoreos constantes en los sitios de descargas, además de definir claramente el cuerpo receptor y la cantidad de descarga que recibe.

Entre las principales dificultades que se encontraron a lo largo del proceso de elaboración de la tesis fue el de la escasa o restringida información que existe sobre ciertos temas, que son casos muy comunes, en especial aquello en los que se manejan nombres o cifras

La confidencialidad de la información es lo por lo general un problema en el manejo de información principalmente relacionado con las industrias y el medio ambiente, en este sentido el SIG a través de una adecuada estructuración de la base de datos y el desarrollo de indicadores como las calificaciones manejadas en este trabajo, permitieron sortear este problema y desarrollar un sistema que permite la toma de decisiones principalmente en el desarrollo de planes de desarrollo de una región determinada.

Como punto final y como tema cada vez más necesario en nuestra vida diaria, es urgente la implementación, por parte del gobierno y la sociedad en general, de planes o estrategias que lleven a una verdadera concientización en general sobre la seriedad de la problemática real de la contaminación en nuestro medio ambiente, problema que de no atenderse llevara a la inminente desaparición del ecosistema terrestre y por ende, de la población en general.

V BIBLIOGRAFÍA.

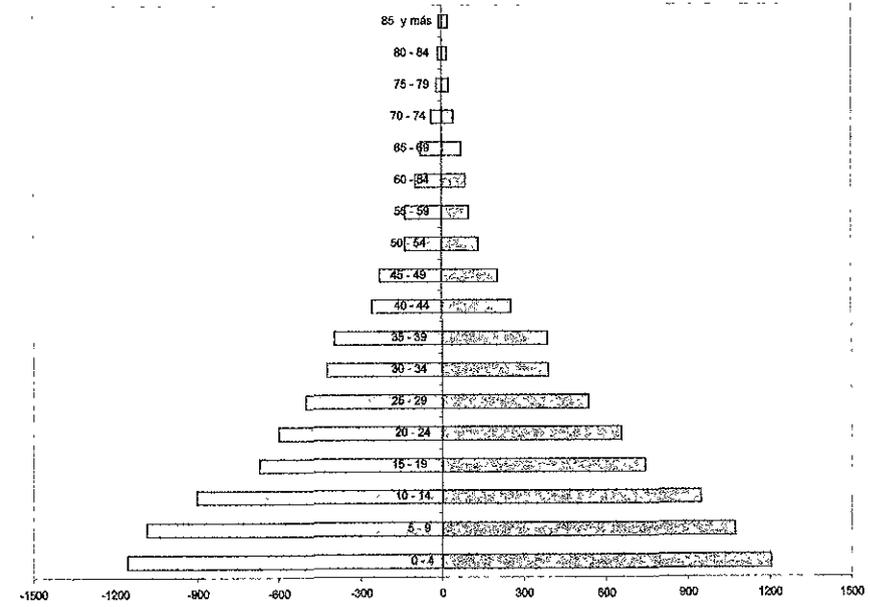
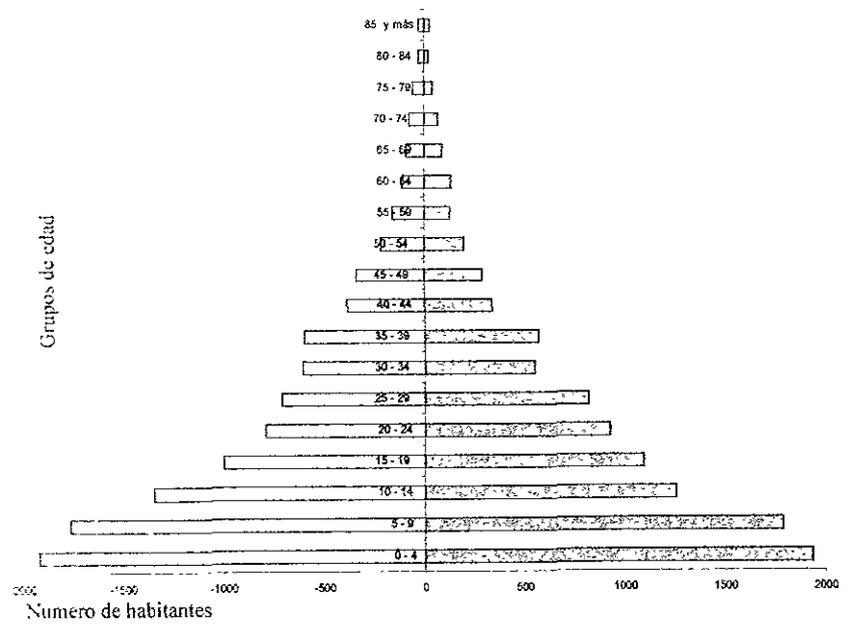
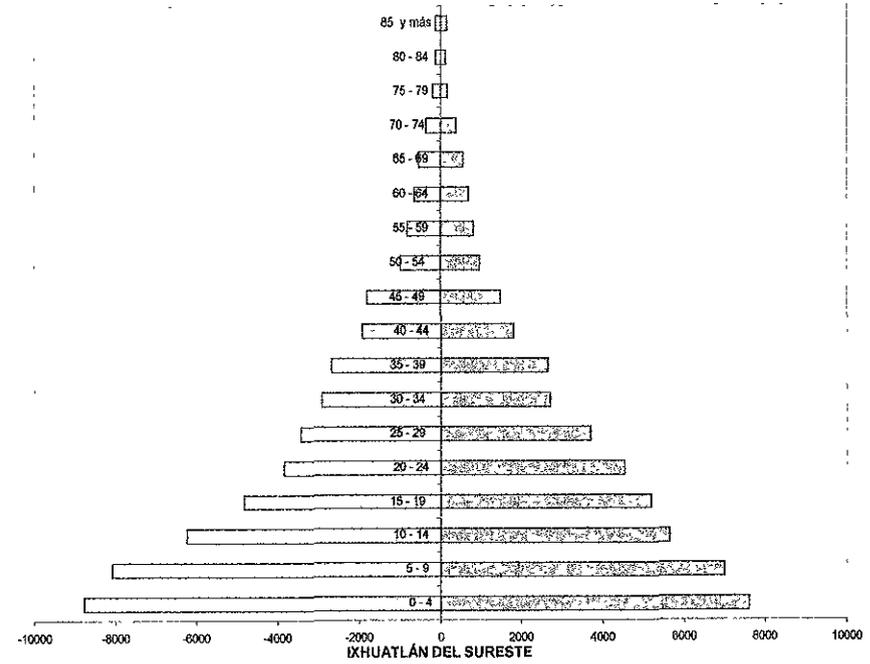
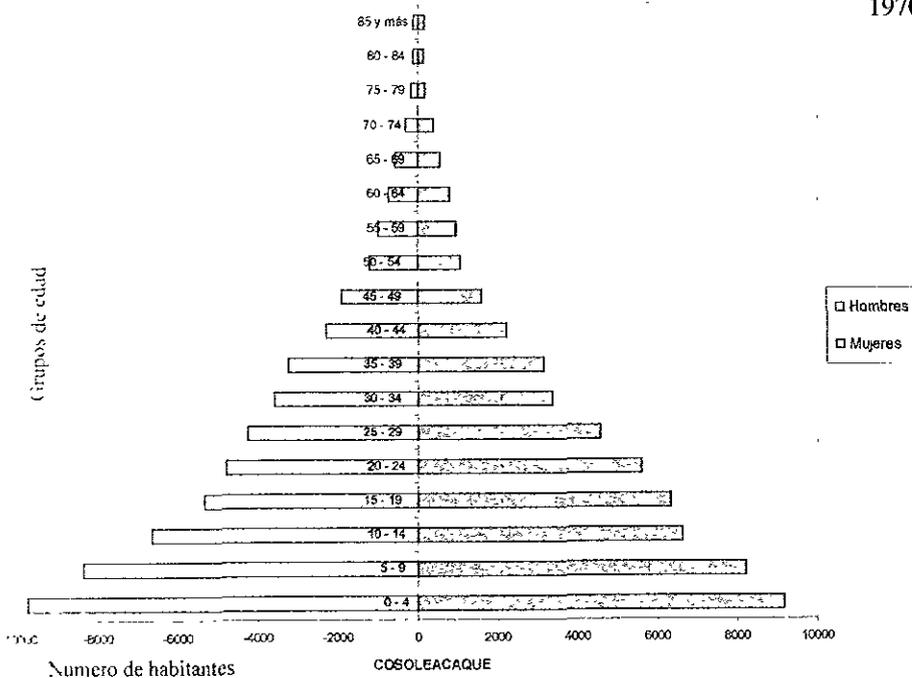
- 1) Arias, Patricia. 1990. (coordinadora). Industria y estado en la vida de México. Colegio de Michoacán. México.
- 2) Banco de Comercio. 1976. La economía del estado de Veracruz.
- 3) Chouvienco, Emilio. 1995 Fundamentos de teledetección espacial. Edit. RIALP. Madrid, España.
- 4) Dezuane, Jhon. 1997. Handbook of Drinking Water Quality. Second edition. Edit. Van Nostrand reinhold. New York, E.U.
- 5) Duchaufour, Philippe. 1993. Edafología 1. Editorial Masson. Barcelona, España.
- 6) Enrique Jauregui. 1989. Atlas climático del estado de Veracruz.
- 7) ESRI. 1994 User guide.: PC Arc/info, California, Estados Unidad.
- 8) Francisco Colmenares. 1982. Petróleo y lucha de clases en México. Edit. El Caballito. México D.F.
- 9) Galvan de la Luz, Pascual M. 1984. Impacto ambiental por descarga de aguas residuales en el pantano "Las Matas", Cosoleacaque, Veracruz. Tesis Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México D.F.
- 10) González C. Alvar, González R. Alberto. 1984. Recursos Faunísticos. Serie. Problemática ambiental en el Estado de Veracruz. Colegio profesional de biólogos del Estado de Veracruz. A.C. Jalapa Veracruz.
- 11) Gutiérrez Puebla, Jorge. 1995. SIG. Sistemas de información geográfica. Edit. RA-MA, Madrid, España.
- 12) Harry O. Buckman and Nyle C. Brady 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Edit. UTEHA. Barcelona, España.
- 13) Instituto Mexicano del Petróleo. 1998. Ordenamiento Ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. Veracruz. Fase Descriptiva.
- 14) INEGI. 1970. Censo General de Población y Vivienda. Estado de Veracruz, Datos generales.
- 15) INEGI. 1980. Censo General de Población y Vivienda. Estado de Veracruz, Datos generales.
- 16) INEGI. 1988. Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz.
- 17) INEGI. 1990. Censo General de Población y Vivienda. Estado de Veracruz. Datos Generales.

- 18) Instituto de Geografía. 1992. UNAM. Atlas Nacional de México. Tomo 1.
- 19) Instituto Mexicano del Petróleo. 1998. Ordenamiento Ecológico de la Cuenca Baja del Río Coatzacoalcos, Veracruz. Resumen Ejecutivo.
- 20) Joaquín Bosque, Fco. Javier Escobar, Ernesto García y Salado M. Jesús. 1994. Sistemas de Información Geográficas: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. Edit. RA-MA. Madrid, España.
- 21) Legorreta, Jorge. 1973. El proceso de urbanización en ciudades petroleras. Centro de Ecodesarrollo, edit. Compañía editorial Electrocampo S.A. México D.F.
- 22) López Blanco, Jorge. 1997 Evaluaciones geomorfológicas y de recursos naturales aplicando un sistema de información geográfica. Tesis doctoral Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México D.F.
- 23) Luna González, Laura. 1997. Los sistemas de información geográfica: Una alternativa para el análisis socioespacial de los accidentes de tránsito en carretera, propuesta metodológica. Tesis maestría. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México D.F.
- 24) Méndez, Ricardo y Caravaca, Inmaculada. 1996. Organización industrial y Territorio. Colección. Espacios y Sociedad. Edit. Síntesis. Madrid, España.
- 25) Metcalf & Eddy. 1991. Wastewater Engineering. Treatment, disposal, Reuse. McGRAW-HILL. Civil engineering series. Singapur.
- 26) Metcalf-Eddy. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial Labor S.A.. Barcelona, España. 1985. Tercera Edición.
- 27) Meyer, Lorenzo. 1972. México y los Estados Unidos en el conflicto petrolero (1917–1942) El colegio de México. México D.F.
- 28) Miguel Covarrubias. 1979. El sur de México. Colección INI N. 9. México D.F.
- 29) Montañó Aubert, Alberto. 1984. La Industria de procesos químicos. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- 30) Nolasco, Margarita. 1975. Ciudades Perdidas de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. Centro de Ecodesarrollo. México D.F.
- 31) Ochoa Solano, Armando. 1973. Estudio de la contaminación en el bajo Río Coatzacoalcos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN.
- 32) Ortiz Velázquez Flora. 1990. Información demográfica municipal del estado de Veracruz.
- 33) PEMEX. 1988. La Industria Petrolera en México. Tomo 1, de los inicios a la Expropiación. PEMEX. México D.F.
- 34) PEMEX. 1990. Complejo Petroquímico La Cangrejera. Subdirección de Transformación Industrial.

- 35) PEMEX. 1991. Complejo Petroquímico de Cosoleacaque. Subdirección de Petroquímica.
- 36) PEMEX. 1992. Complejo Petroquímico Pajaritos, XXV Aniversario. Subdirección de Manufactura de Petroquímica y Gas.
- 37) PEMEZ. 1998. Complejo Petroquímico Morelos. Primera etapa. Subdirección de proyectos y construcción de obras. PEMEX.
- 38) Pérez Zapata, Aura. 1993. La contaminación por plomo en Coatzacoalcos. Un ejemplo de deterioro ambiental. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México.
- 39) Rigola Lapeña, Miguel. 1989. Tratamiento de aguas industriales. Aguas de proceso y residuales. Edit. Marcombo. Colección "Productica". Barcelona, España.
- 40) Santos Llórente, Jesús. 1988. El Petróleo en Veracruz. Petróleos Mexicanos.
- 41) SARH. 1969. Boletín Hidrológico n. 29.
- 42) Seoanez Calvo, Mariano. 1995. Ecología Industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Edit. Mundi-Prensa. Colección ingeniería medioambiental. Madrid España.
- 43) Toledo, Alejandro. 1980. La unidad de producción compleja Coatzacoalcos–Minatitlán–Cosoleacaque. Algunas notas para una evaluación. Serie. Conflictos entre ciudades y campo en América latina. Centro de Ecodesarrollo. Edit. Compañía editorial Electrocampo S.A. México D.F.
- 44) Toledo, Alejandro. 1983. Como destruir el Paraíso; El desastre ecológico del sureste. Centro de Ecodesarrollo. Edit. Océano. México D.F.
- 45) Toledo, Alejandro. 1988 Energía, Ambiente y Desarrollo. Serie "Medio ambiente en Coatzacoalcos". Centro de ecodesarrollo, edit. Compañía editorial Electrocampo S.A. México D.F.
- 46) Vásquez Botello, Alfonso. 1987. El problema crucial: la contaminación.. serie "Medio ambiente en Coatzacoalcos". Centro de ecodesarrollo. Edit. Compañía editorial electrocampo S.A. México D.F.

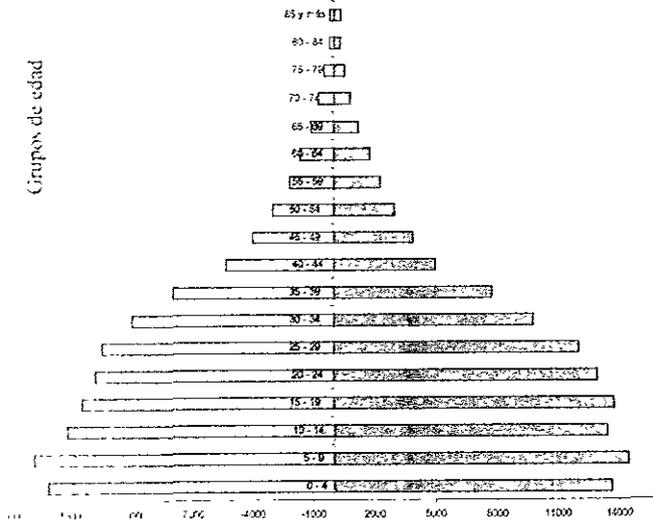
PIRAMIDES DE POBLACION

1970



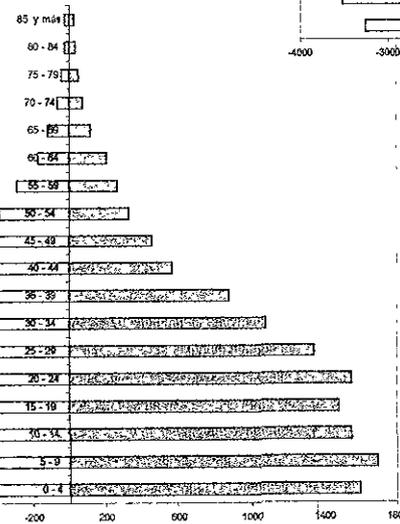
Grupos de edad

PIRAMIDES DE POBLACIÓN. 1990

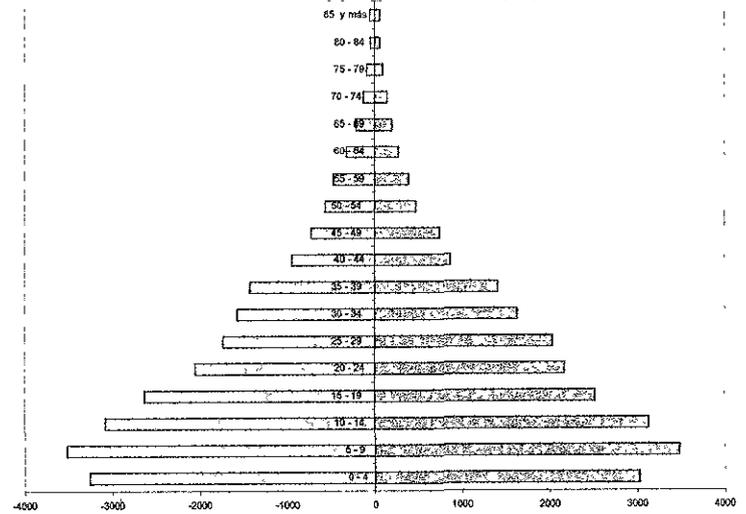


Numero de habitantes.

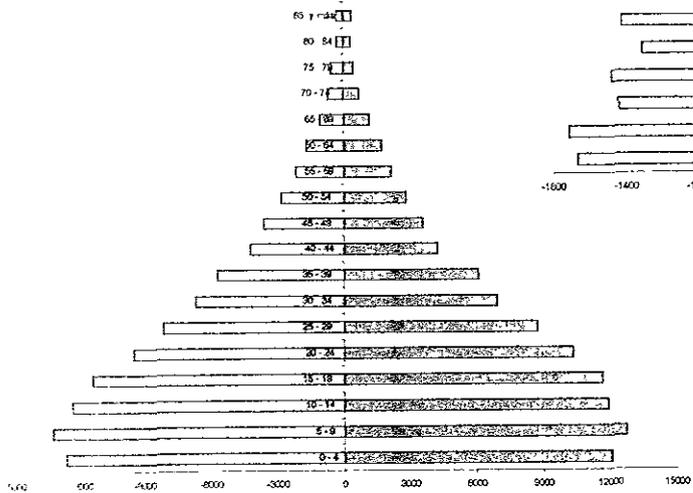
NANCHITAL DE LÁZARO CÁRDENAS



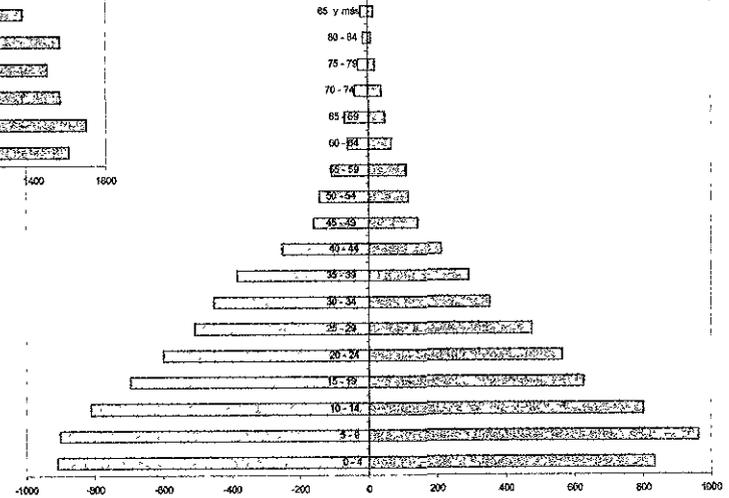
Hombrer
Mujeres



MNIATILÁN



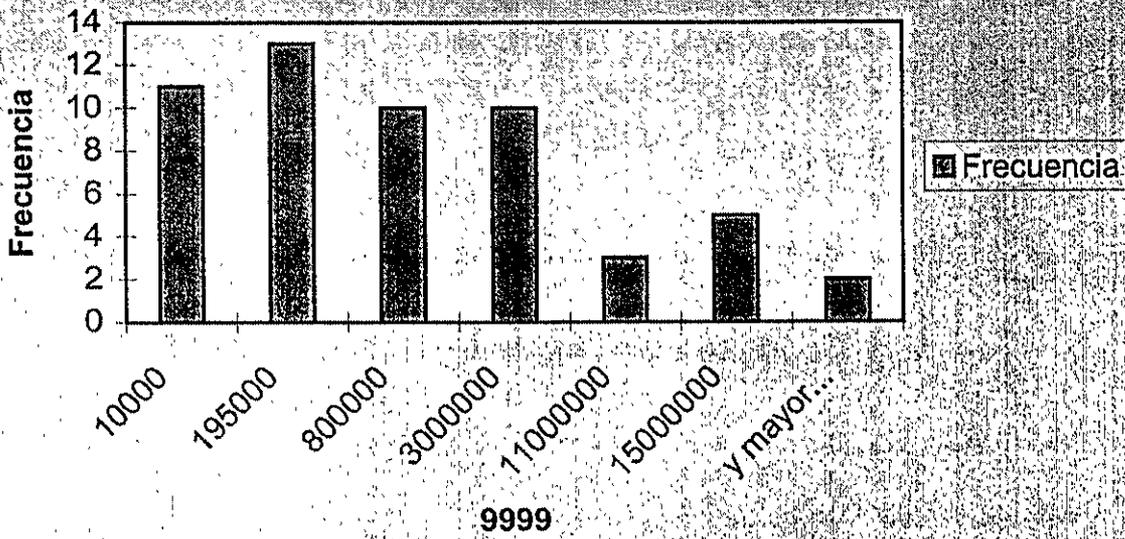
IXHUATLÁN DEL SURESTE



ANEXO 2 HISTOGRAMA DE LOS VOLUMENES DE DESCARGA.

| 9999 | Frecuencia |
|------------|------------|
| 10000 | 11 |
| 195000 | 13 |
| 800000 | 10 |
| 3000000 | 10 |
| 11000000 | 3 |
| 15000000 | 5 |
| y mayor... | 2 |

Histograma



Anexo 3. Base de datos "Fuentes de contaminación."

| Fuente | Municipio | Tipo de descarga | Tipo de industria | calificación | Cuerpo receptor primario | Cuerpo Receptor Secundario |
|---------------------------------------|---------------|------------------|-------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------|
| CPQ Cangrejera | Coatzacoalcos | Petrolera | C. Petroquímica | | 6 Arroyo Teapa | |
| CPQ Pajaritos | Coatzacoalcos | Petrolera | C. Petroquímica | | 5 Río Coatzacoalcos | Arroyo Teapa |
| CPQ Morelos | Coatzacoalcos | Petrolera | C. Petroquímica | | 6 Laguna Pajaritos | |
| CPQ Cosoleacaque | Cosoleacaque | Petrolera | C. Petroquímica | | 5 Pantano las Matas | |
| Petroquímica PENWALT | Ixhuatlán | Petrolera | Petroquímica | | 2 Arroyo Chichigapa | |
| Ref. Gral. Lázaro Cárdenas | Minatitlán | Petrolera | Refinería | | 7 Pantano Alejandrina | Río Coatzacoalcos |
| Terminal Refrigerada Pajaritos | Coatzacoalcos | Petrolera | Terminal Marítima | | 3 Laguna Pajaritos | |
| Terminal de distribución de Azufre | Coatzacoalcos | Petrolera | Terminal Marítima | | 1 Río Coatzacoalcos | |
| Terminal de distribución Dupont S.A. | Coatzacoalcos | Petrolera | Terminal Marítima | | 1 Pozo de Absorción | |
| Terminal marítima Pajaritos | Coatzacoalcos | Petrolera | Terminal Marítima | | 6 Río Coatzacoalcos | Laguna Pajaritos |
| FYPA S.A. | Coatzacoalcos | Química | Fertilizante | | 1 Arroyo Teapa | |
| Agronitrogenados FERTIMEX | Coatzacoalcos | Química | Fertilizante | | 4 Laguna Pajaritos | |
| Agronitrogenados FERTIMEX. | Cosoleacaque | Química | Fertilizante | | 4 Laguna Artificial de captación. | |
| FERTIMINA | Minatitlán | Química | Fertilizante | | 4 Arroyo Buena Vista | |
| Fertilizantes de Cosoleacaque. | | | | | Afluente Río Calzadas | |
| (FESUR) | Cosoleacaque | Química | Fertilizante | | 1 | |
| Celanese Mexicana S.A. | Coatzacoalcos | Química | Fibras sintéticas | | 3 Arroyo Gopalapa (Cangrejera) | |
| Celanese Mexicana S.A. | Cosoleacaque | Química | Fibras sintéticas | | 7 Arroyo El Naranja | Pozo de Absorción. |
| RESIRENE | Coatzacoalcos | Química | P. Adhesivos | | 2 Arroyo Gopalapa | Arroyo Chiquito |
| QUIMIR | Coatzacoalcos | Química | P. Adhesivos | | 3 Arroyo Gopalapa | Arroyo Chiquito |
| Petrogas S.A. de C.. | Coatzacoalcos | Química | Gases Químicos | | 1 Fosa séptica | Pantano |
| Energeticos del Golfo | Coatzacoalcos | Química | Gases Químicos | | Río Coatzacoalcos | |
| Cloro de Tehuantepec | Coatzacoalcos | Química | Gases Químicos | | 4 Arroyo Teapa | Río Coatzacoalcos |
| CRYOINFRA S.A. de C.V. | Coatzacoalcos | Química | Gases Químicos | | 2 Arroyo Teapa | |
| Linde de México PRAXAIR Unicarb | Coatzacoalcos | Química | Gases Químicos | | | |
| Linde de México PRAXAIR Unicarb | Minatitlán | Química | Gases Químicos | | 2 Pantano Las Matas | |
| CRYOINFRA S.A. de C.V. | Minatitlán | Química | Gases Químicos | | 2 Pantano las Matas | |
| Liquid Química Mexicana S.A. de C.V. | | | | | Arroyo sin nombre | |
| PRAXAIR. | Minatitlán | Química | Gases Químicos | | 1 | |
| Linde de México PRAXAIR Unicarb | Ixhuatlán | Química | Gases Químicos | | 2 Arroyo Gopalapa | |
| Productos Químicos Coin, S.A. de C.V. | | | | | Laguna Artificial de captación. | |
| | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | | 4 | |
| Industrias Químicas del Istmo S.A. | | | | | Arroyo Teapa | |
| (IQUISA) | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | | 3 | |
| Troy Industrias S.A. de C.V. | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | | 6 Laguna Pajaritos | |
| Tetraetilo de México | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | | 3 Arroyo Teapa | Río Coatzacoalcos |

| | | | | | |
|--|---------------|--------------|----------------|---|---|
| IDESA (Industrias derivadas del etileno) | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | 4 | Laguna de Pajaritos. |
| Industrias CYDSA BAYER | Coatzacoalcos | Química | Otras Químicas | 1 | Arroyo Teapa |
| Fenoquimia S.A. de C.V. | Cosoleacaque | Química | Otras Químicas | 3 | Río Coatzacoalcos. |
| Eastman Chemical | Cosoleacaque | Química | Otras Químicas | 1 | Arroyo Dos Arroyos |
| Tereftalatos Mexicanos S.A. | Cosoleacaque | Química | Otras Químicas | 4 | Arroyo Dos Arroyos |
| Nutrimientos del Istmo | Ixhuatlán | Química | Otras Químicas | | Arroyo Gopalapa |
| Fósforo Inorgánico S.A. | Ixhuatlán | Química | Otras Químicas | 2 | Arroyo Inominado |
| Sales del Istmo S.A. de C.V. | Coatzacoalcos | Extractiva | Extractiva | 3 | Arroyo Teapa |
| Sales Nacionales S.A. de C.V. | Cosoleacaque | Extractiva | Extractiva | 1 | Pozo de Absorción |
| Gravera Agustín Morales Gordillo | Cosoleacaque | Extractiva | Extractiva | 4 | Arroyo el Naranjo |
| Materiales del Istmo (MADISA) | Coatzacoalcos | Extractiva | Extractiva | | Afluente Arroyo Teapa |
| MADISA | Nanchital | Extractiva | Extractiva | | Arroyo Chichigapa |
| Cementos Apasco | Nanchital | Extractiva | Extractiva | | Arroyo Chichigapa |
| Industria Cementos Anahuac | Coatzacoalcos | Extractiva | Extractiva | | Arroyo Calzadas |
| Bimbo del Golfo, S.A. | Coatzacoalcos | Agroindustri | Agroindustrias | 1 | Arroyo Calzadas |
| Ducoa México S.A. de C.V. | Coatzacoalcos | Agroindustri | Agroindustrias | | Arroyo Teapa |
| Ind. Avícola Olmeca S.A. de C.V. | | | | | Planta de Tratamiento |
| CAMPI Procesadora | Coatzacoalcos | Agroindustri | Agroindustrias | 2 | Pantano sin nombre |
| Ind. A Olmeca, Granja Avícola "Frontera" CAMPI | Coatzacoalcos | Agroindustri | Agroindustrias | | |
| Harinas Grasas y Derivados | Coatzacoalcos | Agroindustri | Agroindustrias | | |
| Embotelladora del Istmo S.A. | Minatitlán | Agroindustri | Agroindustrias | 2 | Pantano Santa Alejandrina |
| Embotelladora del Sur S.A. | Minatitlán | Agroindustri | Agroindustrias | 2 | Pantano Santa Alejandrina Río Coatzacoalcos |
| Embotelladora Tropical S.A. | Minatitlán | Agroindustri | Agroindustrias | 2 | Arroyo Inonimado |
| Embotelladora Minatitlan | Minatitlán | Agroindustri | Agroindustrias | 2 | Pantano Santa Alejandrina |
| Empacadora Sotavento | Minatitlán | Otras | Agroindustrias | | |
| Productos Ecológicos S.A de C.V. | Ixhuatlán | Otras | Agroindustrias | 3 | Arroyo Chicomegaste |
| Ciudad de Coatzacoalcos | Coatzacoalcos | Municipal | Municipal | 6 | Río Coatzacoalcos Pantano sin nombre |
| Ciudad de Minatitlan | Minatitlán | Municipal | Municipal | 5 | Pantano Río Coatzacoalcos |
| Ciudad de Cosoleacaque | Cosoleacaque | Municipal | Municipal | 4 | Arroyo el Naranjo Pozo de Absorción. |
| Ciudad Ixhuatlán del Sureste | Ixhuatlán | Municipal | Municipal | 3 | Arroyo San Regino |
| Ciudad de Cosoleacaque | Cosoleacaque | Municipal | Municipal | 3 | |

Anexo 4. Base de datos "cuerpos de Agua"

| Cuerpo de agua. | Calificación del volúmen de descarga. | Calificación de los parámetros de contaminación. | | | | | | | | calificación final de los parámetros. | Calificación final del grado de deterioro |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|-----|--------|----------|-----|-------|--------|---|---------------------------------------|---|
| | | DBO5 | DQO | Dureza | N. Total | SST | Alca. | colif. | | | |
| R Calzadas | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | |
| R Coatzacoalcos sección 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 7 | |
| R Coatzacoalcos sección 2 | | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | |
| R Coatzacoalcos sección 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 8 | |
| A. Teapa | 4 | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 4 | 2 | 3 | 7 | |
| A. Gopalapa | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | |
| A. Naranjo | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | |
| A. San Regino | 2 | | | | | | | | | 2 | |
| L. Pajaritos | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 9 | |
| L. Artificial de captación. | 3 | | | | | | | | | 3 | |
| P. Las Matas | 3 | 2 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 6 | |
| P. Santa Alejandrina | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 8 | |
| P. Sin Nombre | 1 | | | | | | | | | 1 | |



FILOSOFIA Y LETRAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA