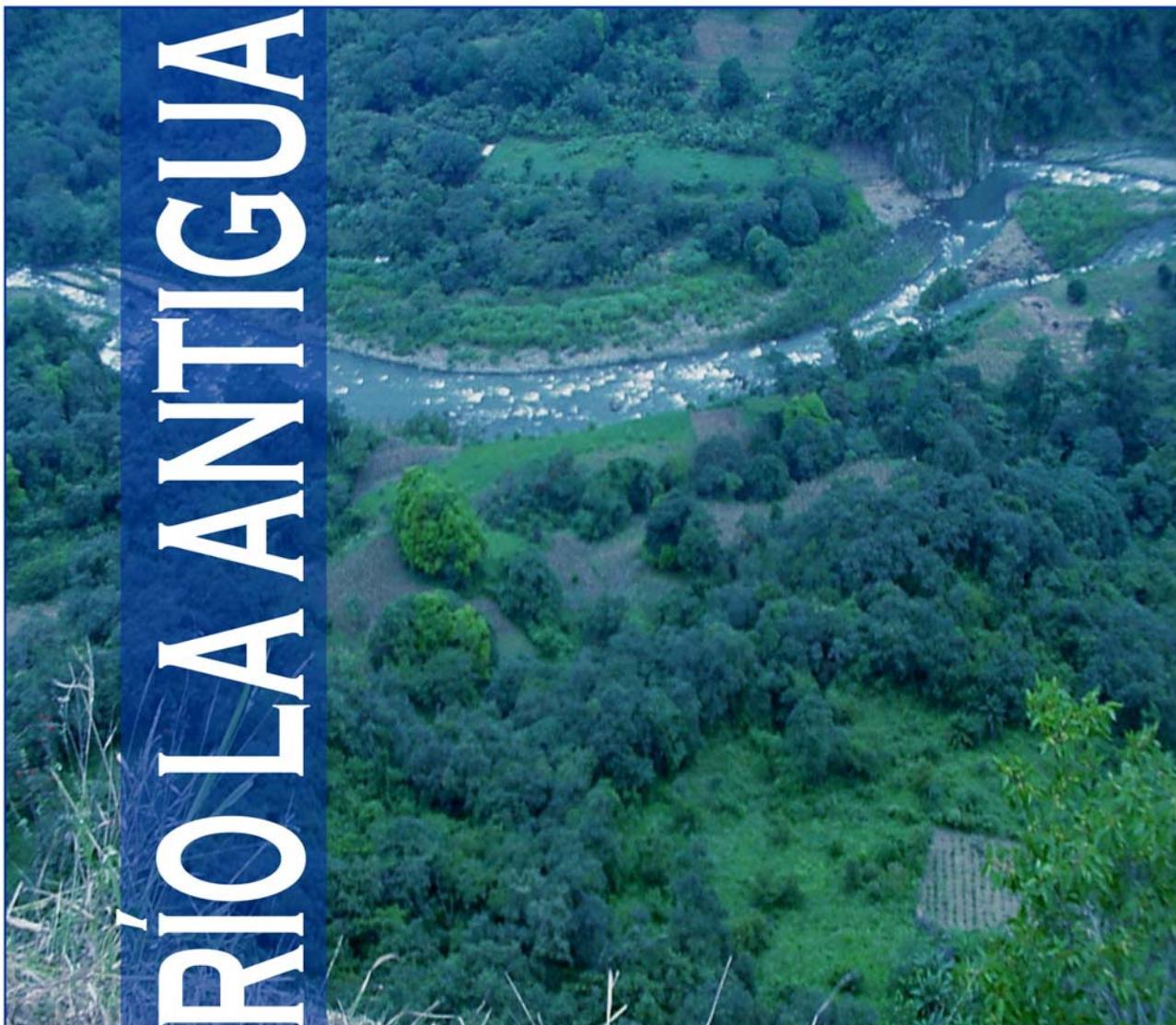




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



RÍO LA ANTIGUA



*Carrera
de
Biología*

**Tesis de
Licenciatura**

**Determinación de metales pesados
en el río La Antigua Veracruz**

**Apolinar Rodríguez Javier
Armando Márquez Acuña
Osorio Pacheco Horacio**

2007



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.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**“Determinación de Metales Pesados en el
río La Antigua Veracruz”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTAN:

**APOLINAR RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER
MÁRQUEZ ACUÑA JOSÉ ARMANDO
OSORIO PACHECO HORACIO**

**DIRECTOR: I.Q. RAMOS OLMOS MARIANO
ASESOR INTERNO: BIÓL. MARICELA ARTEAGA MEJÍA**

México, D.F., 2007

DEDICATORIAS

A **Dios**,
por cuidar a mi familia y a mí,
en todo momento.

A **Julieta Osorio Bailón**,
por ser mi orgullo, alegría
y principal motivación en la vida.
Para ti hijita, con todo mi cariño.

A **Lucia Bailón Lira**,
por el amor, apoyo y comprensión
que siempre me has brindado
y por compartir conmigo cada momento.

A mis padres **María Teresa Pacheco Zepeda** y
Juan Osorio Rosales por lo mucho que me han dado,
pero principalmente por su cariño y comprensión.
Quiero reconocer que este logro particular
es en realidad, un logro familiar.
Los quiero mucho papás.

A mis hermanos **Marco Antonio Osorio Pacheco** y
Juan Pablo Osorio Pacheco
de los cuales me siento profundamente orgulloso.
Por compartir una vida juntos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua las facilidades otorgadas para la realización de esta tesis de licenciatura.

Deseo expresar mi agradecimiento a mi director de tesis el I. Q. **Mariano Ramos Olmos**, por la capacitación brindada en estudios de calidad de agua, por el apoyo otorgado en la primer campaña de muestreo y sobre todo por la dirección de la tesis.

Particularmente agradezco a la Biól. **Maricela Artega Mejía** por el apoyo recibido desde mi época como estudiante y por la atinada asesoría en todas las etapas de este trabajo.

A la M. en C. A. **Lourdes Castillo Granada**, por apoyarnos en todo lo necesario para la cuantificación de metales pesados por medio del espectrofotómetro de absorción atómica.

A mis sinodales:

M. en C. **Manuel Faustino Rico Bernal**.
Biól. **María de los Ángeles Galván Villanueva**.
Biól. **Aída Zapata Cruz**.

Por sus valiosos comentarios, sugerencias y por la revisión de este trabajo.

Agradezco a la Q.F.B. **Lucía Bailón Lira** la revisión del documento y sus aportaciones en el capítulo de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

A mis compañeros **Armando Márquez Acuña** y **Francisco Javier Apolinar Rodríguez** por realizar esta tesis juntos. De manera especial quiero reconocer el apoyo obtenido de Armando Márquez para la impresión del documento, quien no escatimo tiempo y recursos.

A todos mis profesores, compañeros y amigos que desde el bachillerato universitario han dejado en mí una grata impresión y han ayudado en mi formación personal y profesional.

A todos ellos ¡**MUCHAS GRACIAS!**

ATTE.

Horacio Osorio Pacheco.

ÍNDICE-DE-CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
1. → Resumen	51
2. → Antecedentes	51
3. → Introducción	51
4. → Importancia de los metales pesados a determinar, usos, fuentes, y toxicidad, así como algunos conceptos sobre el sedimento	51
4.1. Cadmio	101
4.2. Cobre	111
4.3. Cromo	121
4.4. Hierro	131
4.5. Níquel	131
4.6. Plomo	131
4.7. Zinc	131
4.8. Sedimento	131
5. → Espectrofotometría de absorción atómica	201
5.1. Fundamento	201
5.2. Componentes del instrumento	211
5.3. Tipos de espectrofotómetros	211
6. → Descripción del área de estudio	251
6.1. Localización	251
6.2. Climatología	251
6.3. Topografía	251
6.4. Geología	251
6.5. Geomorfología	301
6.6. Hidrología	301
6.7. Hidrología superficial y subterránea	301
6.8. Vegetación	301
6.9. Fauna	301
6.10 Aspectos socioeconómicos	411
7. → Antecedentes de datos de calidad del agua del río La Antigua	541
8. → Planteamiento del problema	571
9. → Hipótesis	571
10. → Objetivos	571
11. → Programa de muestreo	581
11.1 Descripción de las estaciones de muestreo	581
11.2 Frecuencia del muestreo	601
11.3 Objetivo del muestreo	601
11.4 Actividades previas al muestreo	601
11.5 Metodología del muestreo	601
12. → Resultados	691
12.1 Parámetros de campo	691
12.2 Parámetros de laboratorio	701
13. → Análisis de resultados	821
14. → Conclusiones	881
15. → Recomendaciones	901
16. → Referencias	911
17. → Anexos	961

ÍNDICE-DE-TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1 Población total	411
Tabla 2 Tasa de Crecimiento Mediano Interanual (TCMI)	421
Tabla 3 Población Estimada	431
Tabla 4 Carga contaminante de las principales descargas de origen industrial	471
Tabla 5 Carga contaminante del Ingenio Mahuitán	471
Tabla 6 Carga contaminante de los principales beneficios de café (descargas de aguas residuales filtradas)	481
Tabla 7 Carga contaminante de los principales beneficios de café (descargas directas en aguas superficiales)	501
Tabla 8 Carga contaminante de las principales ciudades y localidades	511
Tabla 9 Carga contaminante de las principales descargas de servicios	521
Tabla 10 Carga contaminante por tipo de giro	521
Tabla 11 Carga contaminante por cuerpo receptor	531
Tabla 12 Estación 1: La Playa, Río o Afluente: Río Pixquiz (ppm)	741
Tabla 13 Estación 2: Confluencia, Río o Afluente: Confluencia del Río Pixquiz y Río Sorbo (ppm)	751
Tabla 14 Estación 3: Pte. La Zopilotea, Río o Afluente: Río Tileros (ppm)	761
Tabla 15 Estación 4: Jacmuco, río o afluente: La Antigua (ppm)	771
Tabla 16 Estación 5: Baño El Carrizal, río o afluente: La Antigua (ppm)	781
Tabla 17 Estación 6: Pte. Ferrocarril de Cardé, río o afluente: La Antigua (ppm)	791
Tabla 18 Estación 7: Saimora, río o afluente: San Juan (ppm)	801
Tabla 19 Estación 8: Autopista, río o afluente: La Antigua (ppm)	811
Tabla 20 Valores obtenidos en los sitios de muestreo y su comparación con la normatividad vigente	821

ÍNDICE-DE-CUADROS

CUADROS	PÁGINA
Cuadro 1 Tipos de especies metálicas en aguas naturales	311
Cuadro 2 Compuertos transportadores y mecanismos de unión de metales pesados	101
Cuadro 3 Temperaturas de combustión y velocidades de flamas	231
Cuadro 4 Condiciones de operación del espectrofotómetro utilizado	241
Cuadro 5 Estaciones meteorológicas que se encuentran en el área de estudio	261
Cuadro 6 Provincias fisiográficas	281
Cuadro 7 Origen geológico de los uellos y ocas	291
Cuadro 8 Características edafológicas	311
Cuadro 9 Regiones y cuencas hidrográficas	321
Cuadro 10 Principales afluentes del río La Antigua	331
Cuadro 11 Gastos de estaciones hidrométricas ubicadas en el río La Antigua	341
Cuadro 12 Macroinvertebrados bentónicos presentes en el río La Antigua	401
Cuadro 13 Beneficios de café en la cuenca del río La Antigua	481
Cuadro 14 Estudios realizados por la CNA en los sitios de muestreo propuestos para esta tesis	541
Cuadro 15 Estaciones de muestreo	581
Cuadro 16 Coordenadas de las estaciones de muestreo	581
Cuadro 17 Material utilizado en el muestreo	641
Cuadro 18 Procedimientos oficiales utilizados	691

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA.....PÁGINA

Figura-1-Delimitación de la cuenca del río La Antigua	25
Figura-2-Climograma del promedio mensual de temperatura y precipitación total mensual, estación meteorológica, Xalapa, Veracruz, C.N.A.....	27
Figura-3-Climograma del promedio mensual de temperatura y precipitación total mensual, estación meteorológica, Tembladeros, Veracruz, C.N.A.....	28
Figura-4-Regiones Hidrológicas Prioritarias (Rhp-77)	38
Figura-5-Regiones Terrestres Prioritarias (Rtp-104 y Rtp-122)	39
Figura-6-Índice de calidad del agua en el río La Antigua y en diferentes afluentes	55
Figura-7-Temperatura en las estaciones de muestreo	70
Figura-8-Oxígeno disuelto (mg/L) en las estaciones de muestreo	71
Figura-9-Conductividad eléctrica (µS/cm) en las estaciones de muestreo	72
Figura-10-pH en las estaciones de muestreo	73
Figura-11-Concentración de metales en la Estación-1	74
Figura-12-Concentración de metales en la Estación-2	75
Figura-13-Concentración de metales en la Estación-3	76
Figura-14-Concentración de metales en la Estación-4	77
Figura-15-Concentración de metales en la Estación-5	78
Figura-16-Concentración de metales en la Estación-6	79
Figura-17-Concentración de metales en la Estación-7	80
Figura-18-Concentración de metales en la Estación-8	81

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS.....PÁGINA

Fotografía-1-Cultivos de maíz en el municipio de Puente Nacional	44
Fotografía-2-Cultivos de naranja, plátano y café en el municipio de Cosautlán De Carvajal	44
Fotografía-3-Cultivos de café en el municipio de Coatepec	45
Fotografía-4-Cultivos de caña en el municipio de Jalcomulco	45
Fotografía-5-Ganadería en el municipio de Coatepec	46
Fotografía-6-Porcicultura en el municipio de La Antigua	46
Fotografía-7-Estación-1 "La Pitaya"	59
Fotografía-8-Estación-2 "Confluencia"	59
Fotografía-9-Estación-3 "Puente La Zopilotea"	60
Fotografía-10-Estación-4 "Jalcomulco"	60
Fotografía-11-Estación-5 "Bañero El Carrizal"	61
Fotografía-12-Estación-6 "Puente del Ferrocarril Cardel"	61
Fotografía-13-Estación-7 "Salmoral"	62
Fotografía-14-Estación-8 "Autopista"	62
Fotografía-15-Toma de muestras de agua en la Estación-5	65
Fotografía-16-Determinación de parámetros de campo	66
Fotografía-17-Toma de muestras de sedimentos en la Estación-2	67
Fotografía-18-Toma de muestras de sedimentos utilizando una draga en la Estación-2 y en la Estación-6	68

ANEXO-1. Lista de especies animales presentes en la cuenca del río La Antigua.

ANEXO-2. Indicadores socioeconómicos en la cuenca del río La Antigua.

ANEXO-3. Diagramas de flujo para la determinación de parámetros de campo y análisis de laboratorio.

ANEXO-4. Documento electrónico en disco compacto.

RESUMEN

En la cuenca donde se ubica el río La Antigua, la mayoría de las corrientes reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, lo que origina limitación de la disponibilidad para los usuarios del agua y afectación a los ecosistemas (CNA, 2006).

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar la cuenca del río La Antigua en sus aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos y determinar la presencia de metales pesados: Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb y Zn en agua y en sedimentos del río La Antigua por Espectrofotometría de Absorción Atómica, de acuerdo a lo establecido en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA).

Para realizar lo anterior se ubicaron ocho puntos de muestreo sobre la corriente principal y algunos afluentes, donde se realizó un muestreo en la temporada de estiaje y otro en la temporada de lluvias.

Durante el periodo de estiaje en todas las estaciones de muestreo, se rebasaron los Límites Máximos Permisibles establecidos en los CECA. Sin embargo, durante el periodo de lluvias, los usos del río en sus diferentes estaciones, cambian y lo hace más flexible para su aprovechamiento, ya que la cantidad de contaminantes es menor.

Palabras clave: Río La Antigua, Metales Pesados, Sedimento, Espectrofotometría de Absorción Atómica.

ABSTRACT

In the basin of the "La Antigua" river, the most of the runnings receive unloadings of the residual water without treatment, this origins limitation in the availability for the consumers and effects the ecosystems (CAN, 2006).

The objectives of this work was to study the basin of "La Antigua" river into their aspects: physics, biologicals and socioeconomics, and to determinate the presence of heavy metals: Cd, Cu, Cr, Fe, Ni, Pb and Zn into the water and into the sediments of the river "La Antigua" by Atomic Absorption Spectrometry, according the established in the ecological discernment of water quality (CECA)

For realizing the previous thing, were installed eight points of pattern in the principal running and some affluents where the pattern was realized in the dry season and the other in the rain time.

During the dry season in all the pattern stations, the maxim permissible limits established in the CECA, were exceeded. However, during the raining period, the uses of the river change in the differents seasons and this makes it more flexible for its utilization because the quantity of contaminants is low.

Key words: River, La Antigua, heavy metals, sediment and Atomic Absorption Spectrometry.

1. ANTECEDENTES

Es importante mencionar que los autores de esta tesis fueron contratados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) para participar en el denominado: "Estudio de Calidad del agua Río La Antigua y Afluentes" en el año 2001. A partir de aquella colaboración, se decidió realizar la cuantificación de metales pesados en la mencionada corriente por no contarse con un trabajo específico sobre la materia. Motivo por el cual se solicitó autorización de la Gerencia Regional Golfo Centro de la CNA, para hacer uso de la información con la que se contaba y poder realizar así, esta tesis de licenciatura.

2. INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son receptoras de la mayoría de los desechos generados por los usos del agua en las actividades industriales, municipales y agrícolas entre otras. Actualmente, el vertido de estos desechos a los cuerpos de agua sin tratamiento alguno, ha originado que la calidad de los mismos decrezca en forma acelerada, aumentando con esto el riesgo de afectación a la salud pública y al ambiente, debido a la infinidad de sustancias tóxicas y patógenas que se encuentran en las aguas residuales.

Debe de considerarse el deterioro y el grado de contaminación de los cuerpos superficiales de agua ya que la calidad de estos, está en función de su utilización, por lo que se hace necesario monitorear constantemente los diferentes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, su comportamiento y evolución de su calidad a través del tiempo, de tal manera que nos permitan determinar con precisión las tendencias de deterioro y con base en ello, proponer alternativas para prevenir y minimizar los posibles impactos ambientales.

En la actualidad el agua se ha convertido en el recurso natural más valioso para el desarrollo sustentable de un país, por lo que el uso racional del vital líquido es de fundamental importancia.

En México, el elevado crecimiento demográfico y la falta de una adecuada estrategia para el mejor aprovechamiento del recurso, son la causa de la contaminación de los cuerpos de agua nacionales (ríos, lagos, embalses, acuíferos y mares). Por lo que es necesario establecer políticas encaminadas a promover el mejor aprovechamiento del recurso hidráulico y de esta manera mantener el desarrollo social y económico del país.

El manejo adecuado del ambiente así como las normas que regulan las diferentes actividades que dependen de este, nos lleva a consecuencias para el bienestar humano.

El río La Antigua es importante por sus usos del agua. El cuerpo principal y sus afluentes están clasificados como ríos tipo B (para abastecimiento público, para riego agrícola y para recreación), y otros cuerpos receptores clasificados como tipo C (embalses para abastecimiento público) de acuerdo a lo publicado en la Ley Federal de Derechos en Materia (CNA, 2005).

Este río recibe una cantidad considerable de afluentes, los cuales son receptores de descargas de aguas residuales municipales, industriales (ingenios azucareros, beneficios de café, etc.), y de retorno agrícola que afectan a la corriente principal.

Por tal motivo, es de gran importancia conocer históricamente los cambios que ha sufrido el río La Antigua en cuanto a sus parámetros fisicoquímicos; es decir, conocer como es que han aumentado o disminuido los valores de estos al pasar de los años; no menos importante es conocer también el estado actual de los parámetros y cuales son las causas del aumento o disminución de estos y de que manera están actuando sobre los poblados que se encuentran en el área de influencia.

Para lograr monitorear una cuenca desde sus nacientes en la corriente principal y en los afluentes se requiere de gran cantidad de tiempo, presupuesto, y profesionales en la materia para trabajar en campo y en el análisis de muestras en el laboratorio, por lo que se ha decidido trabajar solamente con metales pesados y los parámetros básicos que se toman en campo (pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto). De nada serviría monitorear gran cantidad de metales pesados en la cuenca si es que no se cuenta con algún antecedente de monitoreo, es por ellos que se pretende dar continuidad a los metales de los cuales se tienen antecedentes en estudios anteriores como Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo y Zinc.

Debido a que las condiciones del río cambian de acuerdo a la presencia o ausencia de precipitación se determinó hacer un muestreo en temporada de estiaje y uno en temporada de lluvia.

Con el análisis de esta información es posible detectar las fuentes de contaminación y proponer medidas de control, recuperación y/o conservación de los recursos a través del manejo integral de los mismos.

1. IMPORTANCIA DE LOS METALES PESADOS A DETERMINAR, USOS, FUENTES, Y TOXICIDAD, ASÍ COMO ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE EL SEDIMENTO

Los metales pesados, un conjunto muy destacado entre los elementos, están en la base de muchos materiales, procesos industriales y técnicos: metalurgia del hierro y del acero, cables de cobre, aleaciones, plaguicidas, plásticos, cementos, etc. (Barceló y Poschenrier, 1989).

Químicamente se entiende por metal pesado aquellos elementos cuya densidad es igual o mayor a los 5 g/cm³ pero la costumbre ha hecho que la connotación se emplee para aquellos que son tóxicos y que en realidad abarcan los grupos de transición y postransición (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn), al igual que los metaloides (As y Se). En consecuencia, los metales pesados, como se acostumbra entender, no son todos metales ni todos pesados, desde un punto de vista químico (Jiménez, 2002).

Bajas concentraciones de diferentes metales como el níquel (Ni), manganeso (Mg), plomo (Pb), cromo (Cr), hierro (Fe) y mercurio (Hg), son constituyentes en muchas aguas. Algunos de estos metales son importantes e incluso esenciales para el desarrollo de la vida (Metcalf y Eddy, 1991).

Estos elementos una vez que están disponibles en el ambiente, no cambian de lugar con rapidez ni experimentan destoxicación rápida a través de actividades metabólicas, resultado de esto se acumulan teniendo una gran toxicidad. Por consiguiente, su paso al ambiente debe ser controlado cuidadosamente y monitoreado a través del tiempo.

Los metales analizados en este estudio son los siguientes: Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Níquel, Plomo y Zinc.

Los metales en aguas naturales pueden existir simplemente en la forma de iones metálicos libres rodeados por moléculas de agua coordinadas; la concentración de las especies aniónicas (OH⁻, Cl⁻, So₄²⁻, HCO₃⁻, ácidos orgánicos y aminoácidos), por lo general, es suficiente para formar complejos orgánicos o inorgánicos con los iones metálicos hidratados, por reemplazo de moléculas de agua coordinadas. Otras asociaciones ocurren con la materia particulada, como arcillas, óxidos hidratados de Fe y Mn, y materia orgánica (López, 2000). En el siguiente cuadro se ejemplifica la especiación de los metales en aguas naturales:

**CUADRO 1
TIPOS DE ESPECIES METÁLICAS EN AGUAS NATURALES**

ESPECIE METÁLICA	EJEMPLO
Iones hidratados libres	Fe (H ₂ O) ₆ ³⁺ , Cu(H ₂ O) ₆ ²⁺
Entidades iónicas complejas	AsO ₄ ³⁻ , UO ₂ ²⁺ , VO ₃ ³⁻
Complejos y pares de iones inorgánicos	CuOH ⁺ , CuCO ₃ , PB(CO ₂) ₂ ²⁻ , AgSH, CdCl ⁺ , Zn (OH) ³⁻
Complejos, quelatos y compuestos orgánicos	Me-Sr, Me-OOCR ⁿ⁺ , HgR ₂
Metales unidos a materiales orgánicos de alto peso molecular	Me-lípidos, polímeros de ácido Me-húmico / fúlvico.
Metales Adsorbidos en coloides	FeO (OH), óxidos de Mn(IV), Mn ₇ O ₁₃ •5H ₂ O
Precipitados, partículas minerales y orgánicas	Me _n (OH) _y , MeCO ₃ , MeS, en arcillas, FeO(OH), orgánicos, ZnSiO ₃ , CuCO ₃ , CdS en FeS, PbS

Nota: Me = Metal, R = Alquil. Fuente: López, 2000.

Los ligandos inorgánicos están presentes en las aguas naturales en concentraciones mucho más altas que los metales pesados, con los que tienden a formar complejos. Cada ion metálico tiene un patrón de especiación en soluciones acuosas simples, que dependen de la estabilidad de los productos de la hidrólisis y de la tendencia del ion metálico para formar complejos con otros ligandos inorgánicos. Los metales pueden también unirse a sustancias orgánicas naturales o sintéticas, por medio de: (1) átomos de carbono, produciéndose compuestos organometálicos; (2) grupos carboxílicos, produciéndose sales de ácidos orgánicos; (3) átomos donadores de electrones (O, N, S, y P), y por lo tanto, la formación de complejos coordinados, o (4) grupos donadores de electrones π (olefinas, anillos aromáticos). La especiación de los metales es también controlada por condiciones de oxidación – reducción. Los ambientes redox dentro de las aguas naturales son complejos, generalmente en estado de desequilibrio, y pueden mostrar variaciones y gradientes marcados entre las interfases aire – agua y agua – sólido o agua – sedimento. La especiación es afectada por dos formas: por cambios directos en el estado de oxidación de los iones metálicos, por ejemplo Fe^{2+} a Fe^{3+} y Mn^{2+} a Mn^{4+} ; y por cambios redox en la disponibilidad y competencia de ligandos y quelatos (López, 2000).

La solubilidad de los metales pesados en aguas naturales es controlada principalmente por el pH, tipo y concentración de ligandos y agentes quelantes, el estado de oxidación de los componentes minerales y el ambiente redox del sistema (López, 2000).

El comportamiento de los metales en aguas naturales está fuertemente influenciado por las interacciones entre las fases agua – sólido, particularmente agua – sedimento. Los iones metálicos y complejos disueltos son rápidamente removidos de la solución que está en contacto con la superficie de la materia particulada, a través de diferentes tipos de fenómenos superficiales. La formación de substratos metálicos, descritos en el CUADRO 2, lleva a la deposición y enriquecimiento de metales pesados en ambientes sedimentarios. El enriquecimiento y la removilización de los metales en los sedimentos dependen de factores tales como composición química (Ej. La cantidad de hierro y carbonatos disueltos), salinidad, pH, valores redox y las condiciones hidrodinámicas (López, 2000).

Por lo tanto, el transporte de los metales pesados en sistemas hidrológicos es principalmente controlado por procesos de transformación física, química y biológica de los compuestos que estos forman. Las reacciones ocurren muchas veces en forma simultánea e incluyen: intercambio iónico, adsorción-desorción, formación de complejos, coagulación, biodegradación, precipitación-disolución y oxidación-reducción. Estas reacciones ilustran la complejidad de las transformaciones de los metales pesados en el ambiente acuático natural, donde los sedimentos juegan un papel muy importante en el transporte de los metales. Las reacciones que ocurren en la interfase partícula-agua, principalmente agua-sedimento, son de especial importancia en el control del ciclo biogeoquímico de los metales pesados (López, 2000).

**CUADRO 2
COMPUESTOS TRANSPORTADORES Y MECANISMOS DE UNION DE METALES PESADOS**

Minerales de detritos de roca natural (metales pesados).	Metales unidos predominantemente en posiciones inertes	
Metales pesados: hidróxidos, sulfuros y carbonatos.	Precipitación, como resultado de sobrepasar el producto de solubilidad Kps en cuerpos naturales (Agua superficial e intersticial, sistemas de tratamiento de agua y agua residual).	Para muchos metales, las tres fases sólidas posibles: hidróxidos, carbonatos y sulfuros. En la presencia de O ₂ libre, los M ²⁺ son estables a valores de pH menores de 7-8, aproximadamente. Con el incremento de pH, la estabilidad de las fases es de carbonatos a hidróxidos. Para condiciones reducidas (-Eh), los sulfuros permanecen como la fase estable sobre un amplio intervalo de pH.
Hidróxidos y óxidos de Fe / Mn	pH dependiente	Fisicosorción
		Sorción química (intercambio de H ⁺ en posiciones fijas)
Sulfuros de Fe	Coprecipitación, como resultado de sobrepasar el producto de solubilidad.	Los óxidos hidratados de Fe, Mn y Al, particularmente los hidróxidos y óxidos de Fe y Mn, bajo condiciones oxidantes fácilmente adsorben o coprecipitan cationes y aniones de la solución. De esta forma, ellos actúan como el reservorio principal de metales pesados en sistemas acuáticos. Bajo condiciones reductoras, los metales adsorbidos son removilizados fácilmente hacia la solución y estos actúan como una fuente principal de metales pesados disueltos. En aguas altamente contaminadas ambos mecanismos pueden ser observados.
Betún, lípidos, substancias húmicas, orgánicas residuales.	pH dependiente	Fisicosorción
		Sorción química (intercambio de H ⁺ en COOH, grupos OH ⁻)
		Complejos
Carbonatos y fosfatos de calcio.		Fisicosorción
		Pseudomorfosis (depende de la cantidad y el tiempo)
		Coprecipitación

Fuente: López, 2000.

1.1 CADMIO

El cadmio (Cd), se encuentra en los minerales del zinc, plomo y cobre. Se usa para reducir la fricción, como antioxidante, en la producción de plásticos, en aleaciones, como colorante de esmaltes y pinturas, semiconductores, en las varillas de control para reductores nucleares, en la fabricación de electrodos en baterías alcalinas, en amalgamas dentales, en la manufactura de lámparas fluorescentes, joyería y en las aleaciones con aluminio, cobre, níquel, oro, plata, bismuto y zinc para facilitar su fundición (Duffus, 1983; Rangel, 1987; Jiménez, 2002).

La mayor parte del cadmio que se emite a la atmósfera se deposita en la tierra y en las aguas de desecho o lodos que contienen efluentes de galvanoplastia (Albert, 1995; Gamrasni, 1985). La solubilidad de las sales de cadmio en el agua es muy variable, ya que los halogenuros, sulfatos y nitratos son relativamente solubles, mientras que el óxido, hidróxido y carbonato son prácticamente insolubles en agua.

Hay una presencia difusa del elemento debido a los fertilizantes y a la contaminación local del aire. Los alimentos son la principal fuente de exposición cotidiana al cadmio (Jiménez, 2002).

La ingesta diaria por vía oral es de 10 a 35 µg/L. El hábito de fumar también es una fuente adicional importante. Se ha demostrado que la ingestión cotidiana con agua con 0.047 mg/L de Cd, durante un periodo largo, no provoca alteraciones. Concentraciones de Cd a partir de 37 µg/L son tóxicas para ciertos peces. Es peligroso para el ser humano a partir de 1 mg/L, por lo que se ha establecido un valor guía para el agua de consumo humano de 0.003 mg/L (OMS, 1995).

Los principales rasgos clínicos de toxicidad crónica en el hombre son los daños hepáticos y la disfunción renal, debido a que afecta las funciones de reabsorción de los túbulos proximales. También destruye el tejido testicular y los glóbulos rojos. Generalmente el primer signo es un aumento en la excreción de proteínas de bajo peso molecular que se conoce como proteinuria tubular. Tal disfunción también puede ocasionar glucosuria, aminociduria, fosfaturia, etc. Son factores predisponentes la baja ingesta de calcio y vitamina D. Este elemento se acumula principalmente en los riñones y tiene una vida media biológica prolongada de 10 a 35 años en los seres humanos (Jiménez, 2002).

El cadmio acelera el proceso de osteoporosis, ocasiona anemia cuando la médula ósea es lesionada. Los humos y polvos del metal provocan enfisema pulmonar, también se asocia a la metalotioneína que es una proteína de bajo peso molecular. La exposición continua al cadmio causa hipertensión y muerte prematura (Albert, 1995; Duffus, 1983; Gamrasni, 1985; Rangel, 1987).

La contaminación del agua potable puede ocurrir como resultado de la presencia de impurezas de este elemento en tuberías galvanizadas de zinc o en la soldadura, en calentadores de agua, grifos, etc. (Albert, 1995). Este elemento no tiene función biológica esencial y es altamente tóxico para las plantas y animales (Alloway, 1990).

De acuerdo a la normatividad nacional el Cd tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 0.01 mg/L para los usos: Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y Riego Agrícola (DOF, 1989). Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 0.2 – 0.4 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola y la NOM-127-SSA1-1994, establece un LMP de 0.005 mg/L para uso y consumo humano.

1.2 COBRE

El cobre (Cu), puede encontrarse en aguas naturales o residuales en forma de precipitados o como sales solubles (López, 1980). Es uno de los metales traza más abundante, importante y esencial para plantas y animales. Es ampliamente usado en su estado metálico, ya sea en forma pura o en aleaciones (Alloway, 1990; Duffus, 1983). Su principal uso es la producción de conductores de la electricidad, algunos compuestos de cobre son usados en fungicidas e insecticidas (los plaguicidas con cobre no tienen uso autorizado en México); como pigmentos en pinturas y cerámica, mordientes catalizadores y como reactivos analíticos. Las fuentes de abastecimiento contienen cobre debido a que añadido a los tanques de almacenamiento y pipas para evitar el crecimiento biológico y la acción oxidante del manganeso (Alloway, 1990; Jiménez, 2002).

La concentración del Cu en el agua para beber es por lo general baja (de sólo algunos microgramos por litro), pero la existencia en tuberías de este elemento puede aumentarla hasta varios miligramos por litro tras un periodo de retención. Dado que aún persiste la incertidumbre sobre la toxicidad de Cu para los seres humanos, el valor guía se considera provisional e igual a 2 mg/L (OMS, 1995).

El Cu no representa un problema de salud en el agua si tiene las concentraciones comunes, pero le imparte un sabor desagradable y la colorea a partir de 1 a 5 mg/L. De hecho se requieren trazas de este elemento para un metabolismo normal del cuerpo, el cual requiere aproximadamente 2 mg por día. La ingesta alimentaria representa, por lo común, de 1 a 3 mg diarios (Duffus, 1983; Jiménez, 2002).

El cobre en el organismo humano es absorbido en el estómago y en el duodeno. Típicamente cerca de la mitad de una dosis puede ser absorbida, pero esto puede ser disminuido por competición con zinc. Una sobredosis aguda causa sabor metálico inmediato, inflamación epigástrica, náusea, vómito, diarrea, y casos fatales incluyen efectos secundarios como hipertensión, shock y coma (Carson, *et al* 1986).

El cobre es absorbido por las raíces de las plantas en forma de Cu^{+2} y translocado a la parte aérea. Es un constituyente esencial de las enzimas: citocromo-oxidasa, fenol-oxidasa, y amino-oxidasa. También juega un papel importante en la fotosíntesis debido a que es un constituyente esencial de la plastocianina (Wild, 1992).

De acuerdo a la normatividad nacional el Cu tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 1.0 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 0.20 mg/L para Riego Agrícola. Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 4.0 – 6.0 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola y la NOM-127-SSA-1994, establece un LMP de 2.0 mg/L para uso y consumo humano.

1.3 CROMO

El cromo (Cr), está presente en la cromita y otros minerales de la corteza terrestre con valencias de 3^+ a 6^+ , por esta razón siempre se encuentra en el suelo y en el aire. Entre sus principales usos se tienen: la fabricación de pigmentos, colorantes, plaguicidas, preservadores de madera, reactivos químicos, explosivos, cerillos, cromado electrolítico o galvanoplastia (por el uso de conexiones cromadas en circuitos de enfriamiento de agua y acondicionamiento de aire), curtido de pieles y cueros, el agua de torres de enfriamiento a las que se añade cromo para evitar la corrosión y los catalizadores de síntesis orgánica y en fotografía (Albert, 1995; Rangel, 1987; Jiménez, 2002).

La forma hexavalente del cromo tiene un interés primordial en los análisis de agua, porque se le utiliza como inhibidor de la corrosión. También es común encontrarlo en desechos industriales, en donde puede estar en forma trivalente, Hexavalente o en ambas.

Aún cuando se sabe que el cromo inhalado provoca cáncer, el efecto por su consumo es aún desconocido. La toxicidad del cromo es función de su estado de oxidación; el cromo trivalente no es tóxico, el hexavalente sí lo es. El cromo trivalente rara vez se presenta en agua potable; desgraciadamente, en el agua clorada o aerada es el cromo VI la forma predominante. La absorción del cromo tras la exposición por vía oral es relativamente baja y depende del estado de oxidación.

El cromo VI se absorbe más fácilmente a través del tracto gastrointestinal que el Cr^{3+} y puede atravesar las membranas celulares (Jiménez, 2002).

Para la mayoría de los organismos es esencial como micronutriente en cantidades traza para el metabolismo de las grasas y carbohidratos. En el hombre desempeña una función importante en el factor de tolerancia a la glucosa (GTF) complejo orgánico de bajo peso molecular que contiene Cr^{3+} (Albert, 1995).

La exposición prolongada del hombre a compuestos de cromo provoca lesiones de piel como úlceras, dermatitis por contacto, en el aparato respiratorio produce desde la ulceración y perforación del tabique nasal hasta el cáncer de pulmón (Rangel, 1987; Meyers, 1982).

De acuerdo a la normatividad nacional el Cr tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 0.05 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 1.0 mg/L para Riego Agrícola. Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 1.0 – 1.5 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola y la NOM-127-SSA-1994, establece un LMP de 0.05 mg/L para uso y consumo humano.

1.4 HIERRO

El hierro (Fe), es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre. Su principal uso consiste en el hierro estructural y acero, también se usa para fabricar tintes y abrasivos. Es un micronutriente esencial para la mayoría de los organismos. La cantidad de este elemento consumida a través de los alimentos debe ser grande, debido a que sólo una pequeña porción del hierro ingerido es absorbida en forma ferrosa (Fe^{2+}) (Duffus, 1983).

La presencia del hierro en el agua es objetable debido a que contribuye a crear problemas de sabor, coloración y turbidez, cuando este elemento, se encuentra presente, (sin formar complejos) en aguas naturales, normalmente existe en forma de sales ferrosas; sin embargo, cuando éstas entran en contacto con el aire se oxidan con facilidad formando sales férricas que se precipitan produciendo depósitos con un color de herrumbre característico. El Fe se encuentra en corrientes naturales de agua en concentraciones que varían de 0.5 a 50 mg/L. El incremento de su concentración obedece a la corrosión de las cañerías (APHA, 1992; Jiménez, 2002).

El hierro es necesario para la síntesis de las proteínas hemoglobina y mioglobina, que son transportadoras del oxígeno, también es un componente esencial de las enzimas citocromo, citocromo-oxidasa, etc. El hierro no se excreta en la orina, pero se pierde del cuerpo por medio de la bilis, heces y en la sangre menstrual (Lehninger, 1996).

La deficiencia del hierro es la causa más común de anemia nutricional en el hombre, que se caracteriza por la disminución en la síntesis de hemoglobina (Goodman y Gilman, 1990).

Tanto los procesos de ácido-base como redox influyen sobre los niveles de solubilidad en el suelo del hierro, siendo más disponible Fe^{2+} que el Fe^{3+} para las plantas, tal disponibilidad también es favorecida por la reducción del pH (Fassebender, 1987).

De acuerdo a la normatividad nacional el Fe tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 0.3 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 5.0 mg/L para Riego Agrícola y la NOM-127-SSA-1994, establece un LMP de 0.30 mg/L para uso y consumo humano.

1.5 NÍQUEL

El níquel (Ni), es un metal que se usa en la industria electrónica, en el electroplatinado, instrumentos dentales, elaboración de cerámica y vidrio de color, en la hidrogenación catalítica de aceites y grasas, en reacciones químicas, como intermediario en la síntesis de ésteres acrílicos para la elaboración de plásticos, en la producción de monedas, baterías, acero inoxidable y aleaciones (Rangel, 1987) y se presenta frecuentemente en las aguas de desecho de la galvanoplastia y de los baños de niquelado (López, 1980; Gamrasni, 1985; Jiménez, 2002).

Es un micronutriente para la mayoría de los organismos, pero cantidades excesivas ejercen efectos tóxicos. En los animales, estos abarcan dermatitis y desordenes respiratorios, incluido cáncer de pulmón después de la inhalación. Entre las enzimas que inhibe se encuentra la citocromo-oxidasa, la isocitrato deshidrogenasa y la maleicodeshidrogenasa.

Un derivado particularmente venenoso de éste elemento es el níquel tetracarbonilo (Duffus, 1983).

No se ha aceptado aún, que sea un elemento esencial para los vegetales. Sin embargo, la mayor preocupación sobre este elemento corresponde a los informes sobre su toxicidad para algunas plantas en suelos derivados de rocas ultrabásicas (Wild, 1992).

La concentración de este metal en el agua para beber generalmente es de 0.02 mg/L. La contribución de grifos y accesorios puede ser de hasta 1 mg/L. En casos especiales de liberación de depósitos naturales o industriales, la concentración en el agua para beber puede ser incluso mayor. La OMS(1995) propone un valor guía basado en criterios sanitarios de 0.02 mg/L, que debería proporcionar protección suficiente para las personas sensibles al níquel (Jiménez, 2002).

Informes aislados indican que los compuestos de Ni pueden provocar reacciones alérgicas mediante exposiciones dérmicas y orales. El Ni ingerido como sales solubles (el ión Ni^{2+} es insoluble) causa náusea, vómito y diarrea, por lo que ciertos compuestos han sido aislados como carcinógenos por la EPA. (Jiménez, 2002).

De acuerdo a la normatividad nacional el Ni tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 0.01 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 0.2 mg/L para Riego Agrícola. Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 2.0 – 4.0 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola.

1.6 PLOMO

El plomo (Pb), es útil en la fabricación de tanques de almacenamiento, pipas, tuberías, soldaduras y equipo resistente a la corrosión, cubiertas de cables, pigmentos, insecticidas, explosivos, cubiertas para proteger los rayos X. En la industria química se emplea en la refinación de petróleo, para la elaboración de pigmentos, pinturas y barnices. Forma parte de pilas eléctricas, vidrio, cristal y cerámica vidriada. También, se usa en metalurgia de varias aleaciones. Es un desecho en la combustión del carbón y petróleo, de la industria metalmeccánica y de la cementería. Otra fuente de plomo es la minería (Albert, 1995; Duffus, 1983; Rangel, 1987; Jiménez, 2002).

Sus usos en las gasolinas han disminuido considerablemente en los últimos años por ser un contaminante potencial del ambiente (Carson *et al*, 1986).

El plomo que se encuentra en las aguas puede ser de origen industrial, minero, de descarga de hornos de fundición, emisiones de los vehículos automotores, de cañerías viejas de plomo, etc. (APHA, 1992; Albert, 1995). En los Grandes Lagos, se ha demostrado que muchas de las fuentes de plomo se ubican entre 500 y 1,000 km de distancia y que se alojan en los sedimentos (Jiménez, 2002).

El plomo no desempeña ninguna función metabólica en el organismo (Rangel, 1987). Por el contrario, se considera un veneno muy fuerte, acumulativo y altamente tóxico que se absorbe a través de las vías digestivas y respiratorias principalmente; en menor medida por la piel; el metal se deposita en los huesos, médula ósea, cerebro y nervios periféricos (Albert, 1995).

Este metal produce alteraciones muy graves como la anemia, provocada por la inhibición del grupo hemo de la hemoglobina, dolor abdominal intenso, encefalopatía (daño del sistema nervioso central). También causa aberraciones cromosómicas y una morfología anormal en el espermatozoide, además atraviesa la membrana placentaria, lo que representa un riesgo potencial para el feto. La exposición continua y prolongada produce insuficiencia renal (Albert, 1985; Katzung, 1986; Rangel, 1987).

La intoxicación es en general crónica, ya que las manifestaciones clínicas del envenenamiento se presentan después de semanas o meses de exposición, sin embargo, en ocasiones pueden transcurrir periodos de años para que las alteraciones sean evidentes (Albert, 1985).

El plomo es retenido en el suelo como hidróxido, especialmente por el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y la adsorción aumenta en forma muy rápida a medida que sube el pH. En suelos calizos, el Pb puede precipitar en forma de carbonato. La retención en el suelo puede deberse también, en parte, a la materia orgánica (Wild, 1992), pero afortunadamente su solubilidad, movilidad y biodisponibilidad son bajas (Alloway, 1990). Las plantas que crecen en los suelos contaminados por este elemento tienden a bioacumularlo, sobre todo en su sistema radicular (Albert, 1995).

De acuerdo a la normatividad nacional el Pb tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 0.05 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 5.0 mg/L para Riego Agrícola. Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 0.5 – 1.0 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola y la NOM-127-SSA-1994, establece un LMP de 0.025 mg/L para uso y consumo humano.

1.7 ZINC

El zinc (Zn), puede estar presente en las aguas residuales como resultado de los vertidos de residuos industriales (APHA, 1992), su uso más importante consiste en recubrir otros metales, particularmente el hierro y aceros galvanizados. El cloruro de Zn se usa para preservar la madera, en la refinación del aceite, en el cemento dental, en síntesis química, en la manufactura de pergamino, carbón activado, desodorantes, desinfectantes, tintes y soluciones para embalsamar (Jiménez, 2002).

Es un micronutriente esencial y por lo general se le considera como uno de los menos peligrosos, aunque su toxicidad puede aumentar debido a la presencia de arsénico, plomo, cadmio, y antimonio como impurezas (Duffus, 1983). Se ha demostrado que el zinc es indispensable para el crecimiento, desarrollo y funcionamiento normal del organismo, puesto que es componente esencial de diversas enzimas hepáticas y pancreáticas.

La ingestión excesiva de zinc en los alimentos o bebida es tóxica, sin embargo el margen de seguridad es grande, cuando hay intoxicación, las manifestaciones principales son náusea, vómito, cólicos y diarrea (Harryson, 1986).

La OMS llegó a la conclusión de que no es necesario establecer un valor guía basado en criterios sanitarios. No obstante, el agua para beber que contiene Zn en concentraciones superiores a 3 mg/L puede no ser aceptada por los consumidores, pues valores superiores a 5 mg/L le dan un valor astringente, apariencia iridiscente y produce una película grasosa cuando hierve (Jiménez, 2002).

Los rasgos clínicos de una deficiencia de zinc incluyen retardo del crecimiento, hipogonadismo masculino en la pubertad, piel áspera y seca, poco apetito y letargo mental (Gradwohl, 1986).

De acuerdo a la normatividad nacional el Zn tiene diferentes límites máximos permisibles (LMP). Según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) el LMP es de 5.0 mg/L para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y 2.0 mg/L para Riego Agrícola. Según la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales se establece un LMP de 10.0 – 20.0 mg/L en ríos que se utilicen para riego agrícola y la NOM-127-SSA-1994, establece un LMP de 5.0 mg/L para uso y consumo humano.

1.8 SEDIMENTO

El sedimento comprende toda la materia particulada (orgánica, inorgánica y detrítica) depositada eventualmente sobre el fondo de un cuerpo de agua. Es común aceptar, como una definición técnica, que materia particulada se refiere a todas las partículas mayores a 0.45 µm. Por consiguiente, el sedimento es generalmente una matriz de materiales y puede ser heterogéneo en términos de sus características físicas, químicas y biológicas. Geológicamente, los sedimentos son el final de la ruta de los materiales naturales y antropogénicos, lo cual es la raíz de la contaminación de sedimentos (López, 2000).

ORIGEN Y COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO.

La materia particulada proviene principalmente de los procesos de intemperización de las rocas, tanto físicos como químicos, y puede ser modificada posteriormente por procesos de formación de suelos. La erosión subsecuente transfiere los sedimentos o partículas del suelo de su punto de origen hacia el interior de los sistemas acuáticos. Durante el transporte, los sedimentos están distribuidos en diferentes intervalos de tamaño y asociados a fracciones minerales hasta que son depositados en el fondo del cuerpo de agua receptor. Los sedimentos pueden ser resuspendidos y transportados nuevamente por la actividad intermitente de la lluvia, hasta que llegan a su último punto de deposición o al fondo del mar, donde ocurre la acumulación activa de sedimentos. La modificación de la composición de los sedimentos puede ocurrir como resultado de los procesos biológicos que se generan en la columna de agua y por alteraciones químicas, especialmente durante el periodo de deposición. Además, los sedimentos formados naturalmente por los procesos de intemperización, pueden ser modificados por completo durante el transporte y deposición por contaminantes de origen antropogénico (López, 2000).

Los sedimentos están formados por cuatro componentes principales:

1. El agua. El agua intersticial ocupa los espacios entre las partículas del sedimento y generalmente abarca más del 50% en volumen, de los sedimentos superficiales.
2. Fase inorgánica. Incluye los fragmentos de rocas y minerales que provienen de la erosión natural de los materiales terrestres.

3. Fase orgánica. La materia orgánica ocupa un volumen bajo, pero es muy importante, ya que puede regular la sorción y biodisponibilidad de muchos contaminantes.
4. Materiales derivados de actividades antropogénicas. Los cuales incluyen partículas contaminantes y la capa superficial de suelos erosionados.

El movimiento de materiales dentro y fuera de los sedimentos es controlado por procesos químicos, biológicos y físicos, éste último incluye la porosidad (volumen de espacios entre las partículas) y la permeabilidad (capacidad del agua para moverse entre, dentro y fuera de los espacios) (López, 2000).

Se consideran cuatro categorías principales de partículas contaminantes de los sedimentos, los cuales se definen a continuación:

- **Materia orgánica particulada:** Substancias orgánicas disueltas adsorbidas de la solución por partículas minerales o detritos orgánicos particulados, ya sean de origen alóctono (externo) o autóctono (interno). La materia orgánica se origina principalmente de detritos de plantas, aunque algunos restos de animal pueden estar presentes. La descomposición microbiana de la materia orgánica consume oxígeno del agua, lo cual puede causar, en casos externos, anoxia cuando todo el oxígeno se ha consumido.
- **Nutrientes:** los elementos nutritivos adsorbidos, requeridos para el desarrollo de las plantas (de los cuales, los más importantes son el fósforo y el nitrógeno), se intercambian activamente entre el sedimento y al agua. Los elementos unidos al sedimento crean un depósito, el cual, bajo condiciones específicas, puede liberarlos hacia la columna de agua, acrecentando los efectos de enriquecimiento de nutrientes (eutrofización).
- **Contaminantes inorgánicos:** metales pesados adsorbidos son controlados por procesos de adsorción / desorción y condiciones redox.
- **Contaminantes orgánicos:** compuestos organoclorados, hidrocarburos, adsorbidos, controlados por características hidrofílicas / hidrofóbicas, liposolubilidad.

Las partículas del sedimento consisten de una variedad de componentes, incluyendo los minerales de la arcilla, carbonatos, cuarzo, feldspatos y sólidos orgánicos. Estas partículas están generalmente "cubiertas" con óxidos hidratados de hierro y manganeso, y sustancias orgánicas. Los óxidos de hierro y manganeso se forman en lagos estratificados, estuarios y en la interfase agua-sedimento, tanto en agua dulce como marina. Bajo condiciones óxicas, se forma una partícula orgánica (llamada biopelícula) sobre el sedimento a partir de organismos, tales como bacterias y algas, por la sorción y descomposición de la materia orgánica en la superficie del sedimento (López, 2000).

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS SEDIMENTOS.

Muchos estudios reconocen que una multitud de procesos físicos, químicos y biológicos (micro y macrobentónicos) están integrados en el sedimento como una dinámica, no obstante bien estructurada, frecuentemente se presentan gradientes sobre escalas espaciales pequeñas de micras a milímetros y escalas temporales de minutos a meses (López, 2000).

Los sedimentos en aguas de movimiento lento son generalmente finos, contrariamente a los sedimentos encontrados en aguas de flujo rápido, y a causa de su gran área superficial y a otros factores asociados, acumulan altas concentraciones de contaminantes. Estos ambientes sedimentarios son más complejos que los de sedimento grueso, en parte, porque hay más microhábitats y gradientes redox relacionados. Estos gradientes tienen un papel importante, particularmente, en la determinación de la biodisponibilidad de contaminantes iónicos (metales, metaloides y orgánicos). La distribución y biodisponibilidad de contaminantes no iónicos (tales como PCBs, DDT, Clorados) están más asociadas con el carbón orgánico, el cual puede variar con respecto a la profundidad del sedimento, y es menos afectado por los gradientes redox (López, 2000).

DINÁMICA DE CONTAMINANTES EN EL SEDIMENTO.

En comparación con los contaminantes orgánicos no polares, la dinámica de los metales y metaloides entre el sedimento, el agua intersticial y la columna de agua es particularmente compleja; su movimiento, disponibilidad y posible toxicidad están influenciadas por reacciones químicas y físicas, y por factores tales como los gradientes oxígeno / redox, pH, temperatura, adsorción, sedimentación, complejación, precipitación y tamaño de la partícula. Además una variedad de comunidades bacterianas, comunes en los sedimentos, puede metabolizar y alterar los estados de oxidación del metal o metaloide, vía reacciones óxido-reducción, con lo cual modifican su química y toxicidad (López, 2000).

Los metales están fraccionados en muchas formas en los sedimentos, como iones libres solubles, complejos inorgánicos y orgánicos (húmicos de bajo peso molecular), iones fácilmente intercambiables, precipitados de hidróxidos metálicos, precipitados de hidróxidos metálicos, precipitados con oxihidróxidos férricos y manganésicos coloidales, complejos orgánicos insolubles y formas residuales. La fracción residual sirve como vehículo matriz y está asociado con componentes lábiles (carbonatos, aluminosilicatos amorfos) que están "cubiertos" con materia orgánica y óxidos de hierro y manganeso, esta cubierta variable sirve como sitio de sorción activo para contaminantes. Generalmente, los iones metálicos libres pueden ser tóxicos para los organismos acuáticos, por lo que es importante entender las condiciones que controlan la dinámica de enlace (pH, Eh) y las propiedades de sorción / desorción (López, 2000).

En algunos sedimentos, la sorción de metales es inducida por óxidos de Fe y Mn amorfos y partículas de carbón orgánico reactivo. Los óxidos Si y Al amorfos y minerales de arcillas y zeolitas, son adsorbentes principales, particularmente, de metales y metaloides aniónicos. Los óxidos de manganeso son muy reactivos, fuertes adsorbentes de iones, están involucrados en muchas reacciones redox y son comunes en el sedimento, de tal modo que influyen sobre la movilidad y destino de muchos contaminantes.

El Mn^{4+} y Fe^{3+} adsorben As^{3+} y son aceptores primarios de electrones en su oxidación a As^{5+} , una forma menos tóxica. Otro factor que controla la partición es el pH. La Adsorción de Cd es fácilmente afectada por el pH, entre 7 - 9. Los cambios de pH y Eh pueden alterar la solubilidad del hierro por tres ordenes de magnitud, pero raramente cambian su estado de oxidación. Los procesos biológicos influyen en la toxicidad de algunos metales y metaloides, por ejemplo el AS y el Se son fácilmente biometilados y desmetilados a formas tóxicas / disponibles (López, 2000).

La predicción de la partición de contaminantes /y su biodisponibilidad es fácil debido a los innumerables procesos que pueden simultáneamente reducir o incrementar su disponibilidad. Por ejemplo, los sedimentos reducidos liberan Pb, Cu y Fe, al mismo tiempo que el Zn y el Hg disminuyen; y en sedimentos oxidados liberan Cd, Cu, Pb y Zn, en tanto que el Fe disminuye.

La concentración de los metales en el agua intersticial depende, en gran medida, de los procesos de sorción / precipitación. La adsorción es complicada, estando relacionada al tipo de sólido, concentración, especies adsorbidas y a los cambios de las propiedades superficiales como resultado de las interacciones, tal como la coagulación. Además, hay competición por los sitios de sorción y las cinéticas de reacción de los elementos en las mezclas son desconocidas. El Ca reduce la sorción del Cd en los óxidos de hierro amorfos, sin embargo, el Zn no es afectado. Concentraciones altas de materia orgánica disuelta mejora la solubilidad y complejación de los metales (López, 2000).

Cuando ocurren eventos de resuspensión, la predicción de removilización de los metales puede ser posible en sitios específicos de estudio; sin embargo, la removilización depende del tiempo de residencia de las partículas en la columna de agua, las cuales varían entre los sitios, la temporada de lluvias y el ecosistema. En muchos sistemas, no obstante, la removilización de metales de los sedimentos resuspendidos probablemente es insignificante debido a la velocidad de reacción lenta (López, 2000).

Diversos autores mencionan que hay tres áreas críticas donde se carecen de antecedentes, lo cual limita nuestra capacidad para describir cuantitativamente la movilidad (por lo tanto, la biodisponibilidad) de elementos contaminantes en sistemas acuáticos. (1) Cinética y equilibrio de la sorción de sólidos, (2) Termodinámica de la complejación metal-carbón orgánico disuelto, y (3) Cinéticas de las reacciones de disolución y precipitación (López, 2000).

1. ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) es definida como una técnica de análisis instrumental empleada para la cuantificación de diversos elementos de una muestra determinada y se realiza a través de la medición de la absorción de radiación por un elemento de onda específica y característica del elemento a cuantificar (Arteaga y Castillo, 2000).

La EAA constituye un medio sensible para la determinación cuantitativa de más de 60 elementos metálicos o metaloides. La aplicación analítica depende de que los átomos absorban fuerte y discretamente a determinadas longitudes de onda características que coinciden con las líneas espectrales emitidas por el mismo metal.

Pueden determinarse diversos metales en muestras de diferente naturaleza como: tejidos vegetales y animales; fluidos biológicos; aire; suelo; agua; muestras industriales y farmacéuticas; entre otras (Baltazar y Torres, 2002).

1.1 FUNDAMENTO.

La Espectroscopia de Absorción Atómica es empleada para cuantificar elementos metálicos en estado gaseoso. Se basa en hacer pasar un haz de luz monocromática de una frecuencia tal que puede ser absorbida por el analito que se encuentra presente en forma de vapor atómico. La medida de luz luminosa antes y después de su paso por el vapor atómico permite determinar la absorción de energía, la cual aumenta con la concentración del analito de la muestra, ya sea en su condición original o sujeta a un tratamiento previo.

En el proceso anteriormente descrito se mide la cantidad de radiación de una fuente que es absorbida por los átomos, sobre todo para el análisis cuantitativo de metales con matrices complejas (Berder, 1992; Gary, 1991).

La absorción atómica cumple la ley de Beer, es decir la absorbancia es directamente proporcional a la longitud de la trayectoria en la flama y a la concentración de vapor atómico en la flama; ambas variables son difíciles de determinar, pero la longitud de la trayectoria puede mantenerse constante y la concentración de vapor atómico es directamente proporcional a la concentración de la sustancia analizada en la solución que se aspira. El procedimiento consiste en preparar una curva de calibración de concentración conocida del analito y obtener la absorbancia (Gary, 1991).

El fenómeno que estudia la EAA puede dividirse en dos procesos principales: la producción de átomos libres en la muestra y la absorción de la radiación de una fuente externa por estos átomos. Los espectros de absorción atómica de un elemento están constituidos por una serie de líneas de resonancia, todo con origen a estado basal y con destino en diferentes estados excitados (Willard, 1991).

El átomo de cualquier elemento está formado por un núcleo rodeado de electrones (los cuales están determinados por un número atómico) que se encuentran distribuidos en los orbitales de acuerdo a la configuración electrónica, la energía más baja corresponde a la configuración electrónica más estable donde los electrones se encuentran en los orbitales que les corresponde y se le conoce como estado basal.

Cuando el átomo absorbe energía un electrón de algún orbital puede ser promovido a un orbital más alejado del núcleo y pasar al estado excitado, este estado es de alta energía e inestable; cuando el electrón retorna espontáneamente a su estado original o estado basal, con emisión de energía se hace notar que la energía absorbida involucra la espectroscopia de emisión.

El espectro de emisión y absorción de un elemento como átomo neutro consta de una serie de líneas bien definidas por su longitud de onda y su energía. La longitud de onda de la energía absorbida o emitida es directamente proporcional a la transición electrónica que se efectúa, como cada elemento posee un número de electrones y una distribución electrónica única, el espectro de emisión o de absorción también es único para cada elemento, estas longitudes de onda en EAA se conocen como líneas de resonancia; es decir la transición entre el estado basal y el primer estado excitado se conoce como primera línea de resonancia y es la línea con mayor absorptividad.

La absorptividad de un elemento dado, disminuye conforme aumenta la diferencia de energía entre el estado basal y excitado (Willard, 1991).

Un requerimiento importante para que el proceso de absorción atómica sea efectivo y resulte la utilidad, es que la mayoría de los átomos presentes en la muestra se encuentren en el estado basal, como átomos neutros y libres, y que la cantidad átomos excitados o ionizados por la llama sea despreciable.

1.2 COMPONENTES DEL INSTRUMENTO.

El Espectrofotómetro de Absorción Atómica está formado por tres componentes básicos:

1. Fuente de radiación.
2. Celda para la muestra.
3. Sistema óptico (monocromador, detector y partes electrónicas).

Fuente de radiación.

Una fuente debe emitir longitudes de onda específicas para el elemento a cuantificar, puesto que esta fuente aporta una alta sensibilidad por lo que la convierte en una técnica específica con un mínimo de interferencias (Baltazar y Torres, 2002).

Las fuentes de radiación pueden ser: Lámpara de cátodo hueco y la lámpara de descarga sin electrodos. Para este estudio se utilizó el primer tipo de lámpara.

- a) Lámpara de cátodo hueco.

Estas lámparas constituyen la fuente de radiación más empleada en la EAA. Es una fuente de línea fina que emite longitudes de onda específicas, consta de un cátodo hueco cilíndrico constituido por el elemento que se va a determinar o una aleación del mismo y un átomo de tungsteno. Estos se encuentran en un tubo de vidrio con ventana de cuarzo. El tubo tiene una presión reducida y contiene un gas inerte (argón o neón) (Arteaga y Castillo, 2000).

Se imprime un voltaje elevado a través de los electrodos, logrando que los átomos de los gases se ionicen en el ánodo. Estos iones positivos son acelerados hacia el cátodo. Al bombardear el cátodo, se logra que parte del metal se desaloje y se evapore. El metal evaporado se excita a niveles electrónicos elevados por los choques continuos con los iones gaseosos de alta energía. Cuando los electrones regresan al estado basal, se emiten las líneas características del elemento.

También se emiten las líneas del gas de relleno, pero no suelen encontrarse muy cercanas a las líneas del elemento como para provocar interferencias (Gary, 1991).

Celda para la muestra.

Las celdas empleadas en absorción atómica tienen dos objetivos, uno de ellos es convertir las muestras poliatómicas en átomos libres en su estado basal y el otro es mantener la concentración de átomos constante, el tiempo suficiente para detectar y registrar el valor de la radiación absorbida por estos átomos.

En absorción atómica se manejan dos tipos de celdas:

- a) celdas sin calentamiento
- b) celdas con calentamiento: llama, plasma y horno de grafito (Arteaga y Castillo, 2000).

Actualmente la atomización con llama empleando el sistema nebulizador-quemador es el método más empleado en la mayoría de los instrumentos comerciales, mismo que fue utilizado para la realización de esta tesis.

Quemadores.

Existen dos tipos de quemadores.

- a) Quemador de consumo total.

El quemador de consumo total se llama así porque toda la muestra aspirada entra en la flama. En éste los gases combustible y oxidante (soporte) se mezclan y se queman en la punta del quemador. El gas crea un vacío parcial por encima del capilar, este es el proceso común de atomización que hace que la muestra ascienda por el capilar.

El quemador de consumo total emplea toda la muestra que se aspira, pero la trayectoria recorrida es menor y muchas de las gotas de mayor tamaño no se evaporan en la flama, estas pueden evaporarse parcialmente dejando partículas sólidas en la trayectoria de la luz. Esto puede provocar dispersión luminosa que se registra como absorbancia. La población del vapor atómico, generalmente depende más de las velocidades de flujo del gas y de la altura de observación en la flama.

No obstante el quemador de consumo total puede usarse para aspirar con facilidad muestras viscosas y sólidos elevados. Además este quemador puede usarse para casi todos los tipos de flama, tanto como velocidad alta como baja de quemado (Skoog, 1997).

- b) Quemador con cámara de premezclado o quemador de flujo laminar.

En este quemador el oxidante y el combustible se mezclan en una cámara antes de entrar a la cabeza del quemador. Las gotas grandes de la muestra se condensan y se eliminan por el drenaje, las gotitas restantes se mezclan con los gases (combustible-oxidante) y entran en la flama, se condensan casi el 90% y solo entra un 10% a la flama.

Generalmente los quemadores de premezclado se usan para flamas de quemado a baja velocidad, aunque gran parte de la muestra aspirada se pierde en el quemador, la eficiencia de atomización de la porción de muestra que entra en la flama es mayor, porque las gotas son más finas y la trayectoria es más larga. La combustión en los quemadores de premezclado es silenciosa y en los de consumo total suele ser ruidosa (Gary, 1991).

FLAMAS.

Las flamas que se emplean actualmente en absorción atómica se muestran en el Cuadro 1 junto con las temperaturas de combustión.

**CUADRO 1
TEMPERATURAS DE COMBUSTIÓN Y VELOCIDADES DE FLAMAS**

Mezcla de la flama	Velocidad de quemado (cm ³ /seg)	Temperatura máxima (°C)
Acetileno - aire	160	2300
Acetileno - óxido nítrico	180	2955

Fuente: Gary, 1991.

Sistema Óptico.

La función del sistema óptico es seleccionar y aislar una determinada línea de resonancia que ha pasado a través de la muestra y debe ser dirigida hacia el detector, con ayuda de las partes electrónicas la señal es transformada a un valor de absorbancia o concentración (Arteaga y Castillo, 2000).

El sistema óptico esta formado por:

- Monocromador
- Detector
- Partes electrónicas

Monocromadores.

Su función es proporcionar un haz de energía radiante con una longitud de onda nominal y una anchura de banda dada. Esta radiación incluye emisiones de la llama por excitación térmica y emisión térmica de compuestos y radicales así como de otros elementos que forman parte de la matriz.

El monocromador consiste de una entrada que proporciona una imagen óptica estrecha de la fuente de radiación, un colimador que hace paralela la radiación procedente de la entrada, una rejilla de difracción para dispersar la radiación incidente y una salida para aislar la banda espectral seleccionada, bloqueando toda la radiación dispersada excepto la del intervalo determinado (Willard, 1991).

Las principales características a considerarse en la elección del monocromador para la absorción atómica son su capacidad de distinguir entre dos líneas de longitud de onda próxima (resolución) y la energía o cantidad de luz que deja pasar (Berder, 1992; Bermejo, 1990).

Detector.

Es un transductor que convierte la energía radiante en una señal eléctrica y posteriormente en una corriente o voltaje en el circuito de lectura. Un detector ideal debe tener un intervalo amplio de longitudes de onda, una elevada sensibilidad, elevada relación señal / ruido, una respuesta constante y debe poseer un tiempo de respuesta rápida y una mínima señal de salida en ausencia de iluminación.

Existen dos tipos de transductores de radiación; uno responde a los fotones y otro al calor. Todos los detectores de fotones (fotoeléctricos o cuánticos) tienen una superficie activa capaz de absorber radiación (Willard, 1991; Skoog, 1997).

1.3 TIPOS DE ESPECTROFOTOMETROS

a) Espectrofotómetro de un solo haz

Es el modelo más sencillo. En este sistema tanto la radiación proveniente de la flama como la de la fuente de radiación es continua, por lo que se produce corriente directa en el detector.

La radiación proveniente del cátodo hueco pasa a través de la flama, la línea de resonancia de interés se separa por un monocromador o filtro y pasa al detector. Una desventaja que presenta este sistema son las interferencias que producen las radiaciones de la flama y las variaciones de intensidad de la fuente de radiación, las cuales no se pueden eliminar fácilmente.

Este tipo de instrumento se calibra mediante la aspiración de un blanco y ajustando los mandos para leer una absorbancia igual a cero, después se calibra usando soluciones estándar. Los datos de absorbancia resultantes se presentan frente a las concentraciones obteniendo así una curva de calibración (Skoog, 1997).

b) Espectrofotómetro de doble haz

Debido a las inestabilidades provocadas por las fluctuaciones de la intensidad de la fuente y de los dispositivos electrónicos se ha introducido el empleo de instrumentos de EAA con doble haz, ya que son los más estables. Los nuevos componentes son: el espejo desdoblador y un espejo semiplatedado, estos espejos junto con los dos espejos fijos, facilitan un recorrido óptico de referencia.

Este equipo debe ser empleado para medir concentraciones de un elemento. El método de calibración y análisis de las muestras es el mismo que el empleado en instrumentos de haz sencillo. Los de doble haz tienden a ser más estables, requieren con menos frecuencia ajustes de calibración, son en general más sensibles y su uso es más cómodo (Berder, 1992; Skoog, 1997).

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Espectroscopía y en el Laboratorio de Proyectos Ambientales de la F.E.S. Zaragoza, Campus II de la U.N.A.M., donde el equipo utilizado para la determinación de metales totales, metales disueltos en agua y metales en sedimento, tiene las siguientes características:

**CUADRO 2
CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO UTILIZADO**

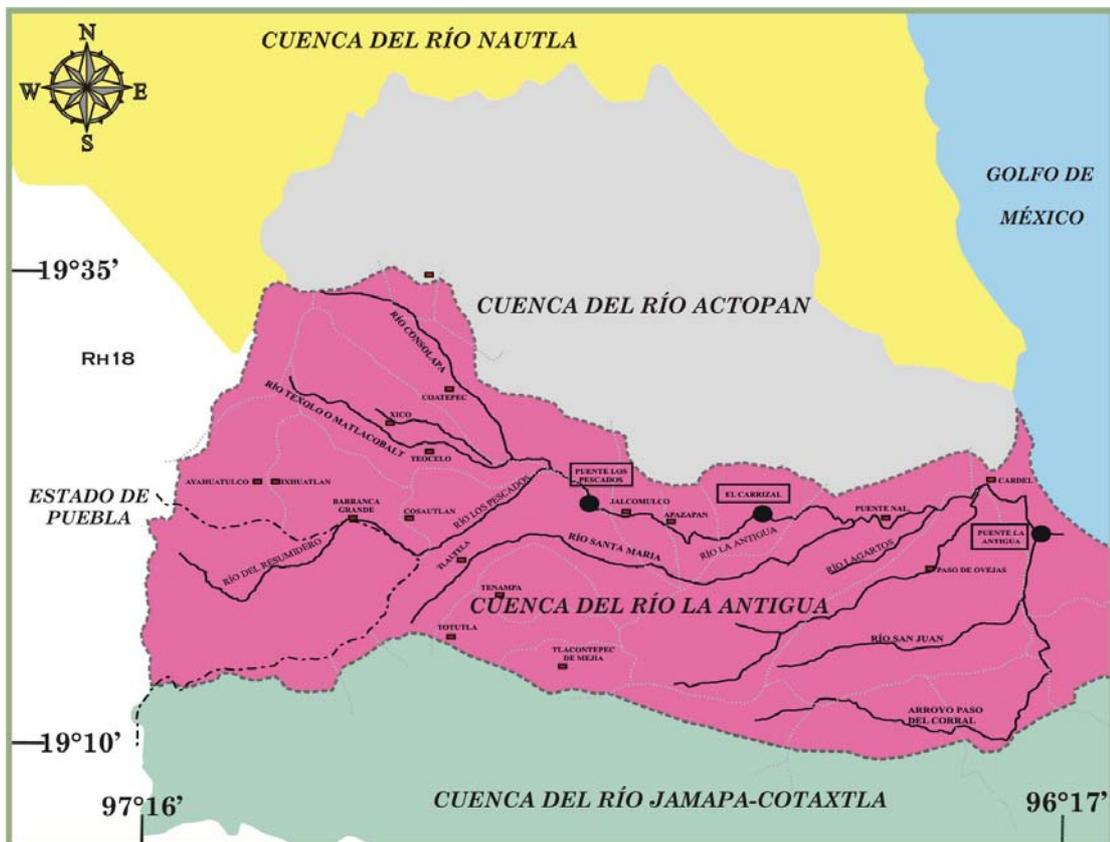
Espectrofotómetro: Varian AA-1475				
Estequiometría de la Flama: Aire - Acetileno (5 L/min / 1 L/min)				
Lámpara	Longitud de onda (nm)	Corriente máxima (mA)	Corriente de operación (mA)	SLIT (nm)
Cd	228.8	8.0	4.0	0.5
Cu	240.7	10.0	5.0	0.5
Cr	357.9	20.0	10.0	0.5
Fe	248.3	20.0	10.0	0.5
Ni	232.0	20.0	10.0	0.5
Pb	217.0	10.0	5.0	0.5
Zn	213.9	10.0	5.0	0.5

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1 LOCALIZACIÓN

La cuenca del río La Antigua esta localizada en la porción Suroccidental del Golfo de México, tal como se muestra en la FIGURA 1. Cuenta con un área de 2,827 km², colinda al Norte con la Cuenca del Río Actopan, hacia el Sur con la Cuenca del Río Jamapa – Cotaxtla y al oeste con la Región Hidrológica (RH18).

**FIGURA 1
DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA**



Fuente: CNA, 2001.

La ubicación del río La Antigua y sus afluentes se muestran en el **MAPA TOPOGRÁFICO**.

1.2 CLIMATOLOGÍA

La zona de estudio presenta una diversidad significativa en cuanto a sus características climatológicas, tal y como lo muestra los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio y que se reportan en el CUADRO 5:

CUADRO 1
ESTACIONES METEOROLÓGICAS QUE SE ENCUENTRAN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Estación Meteorológica	Tipo o subtipo de clima	Símbolo	Temp. media anual promedio	Temp. del año más frío	Temp. del año más caluroso	Precip. total anual promedio	Precip. del año más seco	Precip. del año más lluvioso
Xalapa (Clave 30-228) periodo 1920-1999	Semicálido húmedo con lluvias todo el año	ACf	18.4	16.9	19.0	1,430.0	1,076.0	2,025.0
Tembladeras (Clave 30-175) periodo 1967-2000	Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	C(E) (m)	9.6	8.3	10.1	1,623.7	1,041.9	2,428.0

Fuente: INEGI, 2002.

La diversidad de climas es debida principalmente a la diferencia de altitud, que va desde el nivel del mar hasta la máxima altura de 3,340 msnm en la población suroccidental del Cofre de Perote.

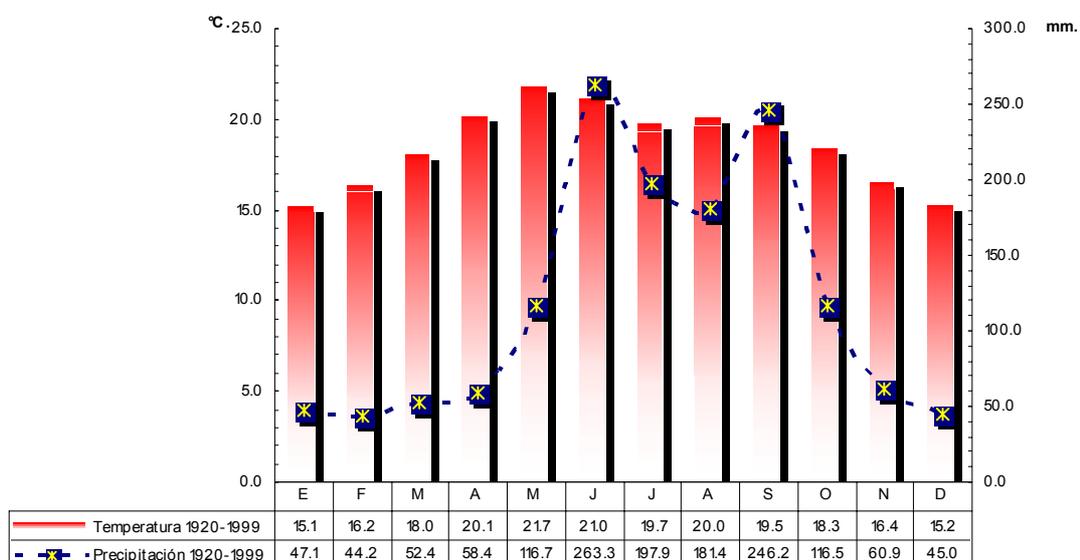
Su ubicación geográfica le confiere características tropicales, pero estas son modificadas en parte por la influencia de las serranías, fundamentalmente en el oeste. Como consecuencia de lo anterior y de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, los climas se distribuyen paralelos a la costa, en dirección noroeste-sureste, de la siguiente manera: cálidos, semicálidos, templados y semifríos, en los cuales predominan las lluvias en verano.

Cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w): Este clima es el que comprende una mayor área, distribuyéndose principalmente en la llanura costera a una altitud máxima de 1000 msnm. En esta región la temperatura del mes más fría es superior a los 18° C y la media anual mayor de 22°, donde la lluvia total anual varía de 2,000 a 1,000 mm. En la cuenca se presentan diferentes subtipos climáticos (Aw_0 , Aw_1 , Aw_2), donde la diferencia entre estos radica en la variación del cociente precipitación/temperatura (P/T).

Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano ACm y con lluvias todo el año ACf: En los lugares con altitud promedio de 1,000 a 1,600 msnm las características físicas favorecen el desarrollo de condiciones semicálidas húmedas. La zona más extensa con este clima corresponde al de la ciudad de Xalapa. La precipitación total anual en estas zonas fluctúa de 2,000 a más de 2,500 mm y la temperatura media varía de 18 a 22° C. Este clima constituye la transición de los cálidos a los templados.

En la FIGURA 2, se observa la marcha total mensual de la precipitación registrada en la estación Xalapa. En promedio la precipitación se incrementa en el lapso de junio a septiembre.

FIGURA 2
CLIMOGRAMA DEL PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL, ESTACIÓN METEOROLÓGICA XALAPA, VERACRUZ. C.N.A.



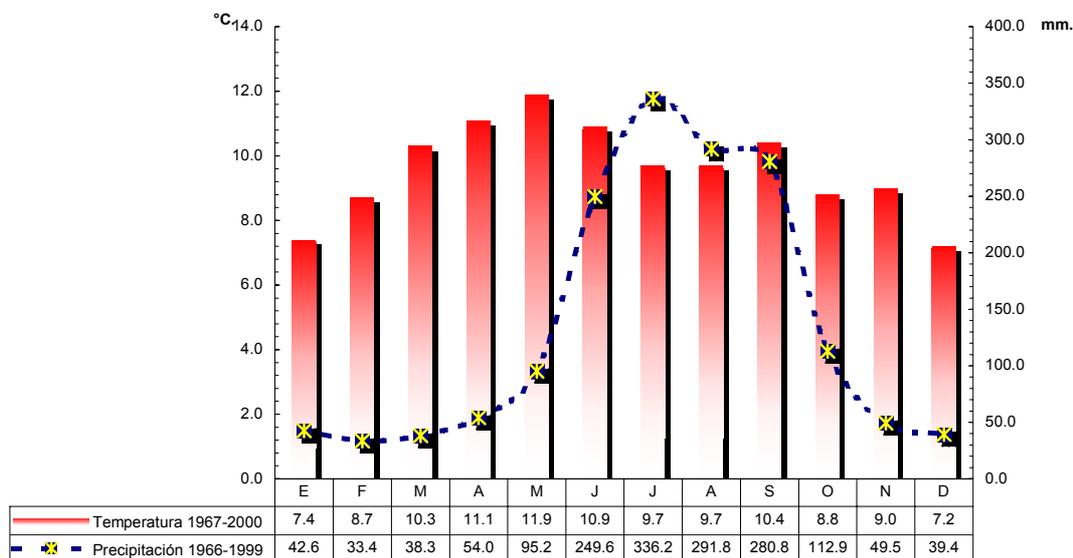
Fuente: INEGI, 2002.

Templado húmedo con lluvias todo el año C(f): Los climas templados se registran en las zonas con altitud entre 1,600 y 2,800 msnm. Sus variantes difieren, a corta distancia horizontal, en el grado de humedad y en la intensidad del régimen de lluvias, conforme se deja sentir la influencia de las sierras. La temperatura media anual oscila de 12 a 18° C y la precipitación total anual de 500 a 2,500 mm.

Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano C (E) (m): Este clima se distribuye entre los 2,800 y 3,800 msnm. La temperatura media anual y la precipitación total anual fluctúa de 5 a 12° C y de 600 a 1,200 mm, respectivamente.

En la FIGURA 3, se observa la marcha total mensual de la precipitación registrada en la estación Tembladeras.

FIGURA 3
CLIMOGRAMA DEL PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL, ESTACIÓN METEOROLÓGICA TEMBLADERAS, VERACRUZ. C.N.A.



Fuente: INEGI, 2002.

Información climatológica como isotermas e isoyetas de la zona de estudio, se muestra en el **MAPA DE EFECTOS CLIMÁTICOS**.

1.3 FISIOGRAFÍA

El estado de Veracruz abarca áreas que corresponden a siete provincias o regiones fisiográficas del país. En el CUADRO 2 se describen las características fisiográficas de la zona en estudio:

CUADRO 2
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

PROVINCIA		SUBPROVINCIA		SISTEMA DE TOPOFORMAS	
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
X	Eje Neovolcánico	56	Chiconquiaco	L1	Lomerío Suave
				L2	Lomerío Suave con Cañadas
		57	Lagos y Volcanes de Anáhuac	S2	Sierra de Laderas Abruptas
				L4	Lomerío Suave de Sedimentos
XIII	Llanura Costera del Golfo Sur	75	Llanura Costera Veracruzana	L1V	Lomerío Tendido con Cañadas
				P1L	Gran Llanura Aluvial con Lomeríos
				E ₁	Dunas

Fuente: INEGI 1988, 2002.

La provincia del Eje Neovolcánico (X), se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumulada en numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario (unos 350 millones de años atrás), y culminaron

hasta el presente.

Uno de sus rasgos característicos es la franja de volcanes que se extiende de oeste a este, casi en línea recta, más o menos sobre el paralelo 19; entre los cuales se encuentran los grandes estrato-volcanes: volcán de Fuego de Colima, Tancítaro, Nevado de Toluca, Popocatéptl, Iztaccíhuatl, La Malinche y el Pico de Orizaba (INEGI, 1988).

La Subprovincia Chiconquiaco ocupa una superficie en el estado de Veracruz de 6,699.21 km². Su territorio se alterna entre unidades de laderas abruptas y tendidas; además, desde el sur del cuerpo montañoso hasta el río Jamapa se presenta una zona de lomeríos con colinas redondeadas, la mayoría asociada con cañadas. También en el norte se encuentra una zona de lomeríos más pequeña (INEGI, 1988).

Por su parte la Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, es la mayor de las catorce subprovincias que integran el Eje Neovolcánico. Consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que se alternan con grandes llanuras. En la entidad cubre una superficie de 2,103.52 km² abarcando diferentes municipios de la zona de estudio como Xalapa, Xico, Coatepec y Cosautlán de Carvajal. (INEGI, 1988)

La provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur (XIII), es una llanura costera de fuerte aluvionamiento por parte de ríos caudalosos, que la atraviesan para desembocar en el sector Sur del Golfo de México. La mayor parte de su superficie está muy próxima del nivel del mar y cubierta de material aluvial (INEGI, 1988).

La subprovincia de la Llanura Costera Veracruzana ocupa una superficie estatal de 27,001.17 km². En la zona de estudio esta subprovincia presenta tres sistemas de toposformas, los sistemas de lomeríos del oeste, la llanura costera aluvial propiamente con lomeríos y las dunas cercanas a las costas del Golfo (INEGI, 1988).

1.4 GEOLOGÍA

La geología de la zona se encuentra evidenciada por dos Eras Geológicas de las tres que se reportan para el Estado de Veracruz, estas son la Cenozoica y la Mesozoica; en este aspecto la que cubre una mayor superficie de la zona es la Cenozoica, en el periodo Cuaternario.

La geología histórica de la zona en estudio se muestra en el siguiente cuadro:

**CUADRO 3
ORIGEN GEOLÓGICO DE SUELOS Y ROCAS**

ERA		PERIODO		ROCA O SUELO	
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
C	Cenozoico	Q	Cuaternario	(le)	Ígnea Extrusiva
				(Su)	Suelo
		T	Terciario	(li)	Ígnea Intrusiva
				(le)	Ígnea Extrusiva
		(S)	Sedimentaria		
M	Mesozoico	K	Cretácico	(S)	Sedimentaria
		J	Jurásico	(S)	Sedimentaria
		TR	Triásico	(S)	Sedimentaria

Fuente: INEGI, 2002.

El relieve accidentado que se manifiesta es un reflejo de la constitución geológica del área

que en términos muy generales es la siguiente: En la porción occidental de la cuenca y hacia su parteaguas, existen rocas sedimentarias del Cretácico que exhiben los efectos de la Revolución Laramídica y forman lo que actualmente son las cordilleras de la Sierra Madre Oriental.

Durante el Terciario y épocas siguientes ocurrieron manifestaciones de actividad ígnea; estas estructuras produjeron explosiones y derrames cuyos sedimentos cubrieron en gran parte las rocas cretácicas existentes.

Posterior al terciario, una elevación paulatina y continuada de la región con relación al mar ocasionó la formación de la Llanura Costera actual, acumulándose en ella y en las estribaciones de la sierra, grandes espesores de materiales de acarreo aluvial representadas por arcillas rojizas y conglomerados bien cementados que forman los principales afloramientos observados en el camino México-Veracruz vía Xalapa. (Guzmán, 1995).

En el **MAPA GEOLÓGICO**, se muestran las características de cada una de las unidades geológicas del área en estudio.

1.5 GEOMORFOLOGÍA

El paisaje de la zona se ha ido conformando a través del tiempo por la acción de diversos factores geológicos, entre los que se encuentran los orogénicos, tectónicos y volcánicos, además de los procesos erosivos, que han actuado en la carpeta rocosa hasta producir la morfología actual.

El área refleja la acción de procesos endógenos tectónicos y magmáticos, que implican plegamientos, rupturas, vulcanismo e intrusiones, así como procesos exógenos denudatorios y acumulativos, todos ellos forman elementos geomorfológicos distintos.

Los procesos endógenos tectónicos formaron sierras plegadas con dirección noroeste-sureste, que forman parte de la Sierra Madre Oriental.

Como resultado de los procesos magmáticos se formaron diferentes sierras volcánicas, por lo que el drenaje desarrollado es consecuente y antecedente.

Los procesos exógenos denudatorios y acumulativos se desarrollan principalmente hacia la franja de la planicie costera; en la porción occidental de esta franja se desarrollan terrazas y abanicos profundamente disectados, hacia el este se observa el desarrollo de dunas. Los procesos denudatorios han modelado una extensa planicie aluvial; donde el drenaje es principalmente consecuente. (INEGI, 2002a).

1.6 EDAFOLOGÍA

En la zona las condiciones de temperatura y precipitación han ocasionado un fuerte intemperismo en las rocas sedimentarias, relativamente suaves, y aun en las ígneas, de tal manera que dominan los suelos profundos sobre los limitados por rocas a menos de un metro de profundidad. Por otra parte, el relieve predominantemente llano ha dado lugar a que los procesos de evolución de los suelos sean lentos, por lo que el 70% de los mismos

son jóvenes (en su mayoría arcillosos). Con base en la clasificación de la FAO/UNESCO, el tipo de suelo existente en la zona, considera las características mostradas en el CUADRO 8:

**CUADRO 4
CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS**

UNIDAD EDÁFICA	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS
Regosol	R	<p>Del griego <i>Rhegos</i>, manto; connotativo de un manto de material suelto sobrepuesto a la capa dura de la tierra. Estos suelos se consideran poco desarrollados sobre materiales no consolidados y en general, están constituidos por material suelto, semejante a la roca del cual se forma cuando no son profundos.</p> <p>Se encuentran en las playas, dunas y en mayor o menor proporción en las laderas de las sierras. Su fertilidad es variable, su aprovechamiento se encuentra en función de la profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad. La susceptibilidad a la erosión de la unidad edáfica es variable.</p> <p>Los regosoles cálcicos son suelos derivados de rocas calcáreas y, por tanto, son ricos en compuestos de calcio.</p>
Vertisol	V	<p>Del latín <i>Vertere</i>, invertir; connotativo de volver hacia la superficie del suelo. Estos suelos son arcillosos, generalmente de color negro, gris o pardo rojizo, debido al tipo de arcilla expandible, presenta grietas anchas y profundas cuando está seco y pegajoso cuando está húmedo. Los Vertisoles son caracterizados por la abundancia de las arcillas expandibles sea de neoformación, sean heredadas del material parental y por la presencia de movimientos vérticos dentro del suelo ocasionados por los fenómenos de retracción y de expansión de las arcillas en función de las estaciones secas o húmedas.</p> <p>Los Vertisoles se ubican en la parte baja de la cuenca por debajo de los 800 m de altitud, en donde el clima tropical es contrastado con 5-6 meses secos al año. Se encuentran principalmente en las pequeñas depresiones entre los lomeríos suaves constituidos por rocas calizas.</p>
Feozem	H	<p>Del griego <i>Phaios</i>, oscuro y del ruso <i>zemlja</i>, tierra; connotativo de suelos ricos en materia orgánica que tienen color pardo. Estos suelos son típicos de pastizales y se dedican a cultivos de temporal y riego.</p>
Litsoles	I	<p>Del griego <i>Litos</i>, piedra; Suelo de muy poco espesor y débilmente desarrollado que se forma sobre rocas compactas, principalmente en las montañas. Se caracteriza por una débil o nula diferenciación del perfil.</p>
Rendzina:	E	<p>Son suelos delgados, menores de 50 cm de profundidad. No obstante su poco espesor y alta permeabilidad, en algunas zonas sobre ellos se realizan actividades agrícolas. Según la Clasificación de FAO/UNESCO los Litsoles y Redzinas, se agrupan bajo el nombre de Leptosoles, teniendo las mismas características.</p>
Luvisol	L	<p>Del latín <i>Luere</i>, a lavar; "lessiver"; connotativo de acumulación de arcilla. Este tipo de suelo tiene un horizonte arcilloso que evidencia un proceso continuo de lavado de bases. Generalmente estos suelos se ubican en zonas templado cálidas a frías y se formaron en sierras, lomeríos y llanuras a partir de lutitas, calizas, areniscas y rocas ígneas básicas.</p>
Acrisol	A	<p>Del latín <i>Acer</i>, <i>acetum</i>, fuertemente ácido; connotativo de baja saturación de bases. Generalmente se encuentran en zonas templado-cálidas a frías. Este suelo es formado a partir de calizas, lutitas y areniscas.</p>
Andosol	T	<p>Del japonés <i>An</i>, oscuro y <i>do</i>, suelo; connotativo de suelos formados a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos y que comúnmente tienen un horizonte superficial oscuro. Son suelos derivados de cenizas volcánicas que presentan una capa superficial con consistencia untuosa. Los Andosoles se ubican en la zona montañosa desde los 1,200 m de altitud hasta los 4,200 m en la cumbre del Cofre del Perote y su presencia esta ligada a la conjugación del clima y del tipo de roca.</p> <p>En la parte alta, por encima de los 1,500 m, los Andosoles se desarrollan sobre todo tipo de materiales con diferentes grados de alteración, cenizas volcánicas, flujos piroclásticos, escorias, basalto y andesita.</p>

Fuente: INEGI, 2002b

En el **MAPA EDAFOLÓGICO**, se muestra la distribución de los suelos presentes en el área de estudio.

1.7 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.

El río La Antigua, se ubica en la Región Hidrológica Papaloapan (RH 28), Cuenca del Río Papaloapan (A), la cual cubre el 26.93 % de la superficie del estado de Veracruz, tal y como se muestra en el CUADRO 9 :

**CUADRO 5
REGIONES Y CUENCAS HIDROLÓGICAS**

REGIÓN		CUENCA		% DE LA SUPERFICIE ESTATAL
Clave	Nombre	Clave	Nombre	
RH28	Papaloapan	A	R. Papaloapan	26.93%
		B	R. Jamapa y otros	14.16 %

Fuente: INEGI, 2002.

La región hidrológica (RH28), se localiza entre las coordenadas geográficas 17°00' y 19°00' de latitud norte y entre los 95°00' y 97°00' de longitud oeste. Esta región abarca gran parte de la porción centro-sur de Veracruz, las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por algunas elevaciones, así como por otros aparatos volcánicos y sierras plegadas, compuestas por rocas sedimentarias marinas.

Ver **MAPA DE HIDROLOGIA SUPERFICIAL**.

El río La Antigua nace en la Sierra Madre Oriental con el nombre de río Resumidero, a una altitud de 3,350 msnm, al oriente de la población de González Ortega del Estado de Puebla. Fluye hacia el sureste en terreno montañoso y a la altura del Rancho Calixtitla varía su rumbo hasta la confluencia con el río Barranca Grande a 3 km al norte del cerro del mismo nombre; este afluente nace a 3,340 msnm en la población suroccidental del Cofre de Perote, fluye en terrenos de topografía accidentada de fuertes pendientes hasta su afluencia con el río Resumidero, por la margen izquierda a 1,350 msnm, en este sitio el colector general cambia su nombre a río Los Pescados, sigue su curso sureste y en los límites de los estados de Puebla y Veracruz lo cambia a noreste, aguas abajo a 11.5 km de Amatitla afluye por la margen izquierda el río Consalapa, este y el río Texolón capturan las corrientes formadas en la pendiente oriental del Cofre de Perote. En esta confluencia el colector general cambia su nombre a río La Antigua, sigue su curso sureste y a 4.5 km aguas abajo de la población de Jalcomulco afluye por la margen izquierda el arroyo Tlacoyonca, continuando el colector su flujo hacia el este por una zona de meandros y pequeñas elevaciones hasta la afluencia por su margen derecha del río Zacoapan aguas arriba de Puente Nacional, confluyen por la margen izquierda las aguas sulfurosas del balneario del mismo nombre.

El cauce principal continua su curso hacia el este a través de terreno plano aprovechable

para cultivo, forma un gran número de meandros y a la altura de Paso Mariano afluye el río Lagartos sitio en que se localiza la presa derivadora La Antigua.

A partir de la población de Cardel el curso del colector general varía hacia el sureste y 4 km antes de su desembocadura afluye por su margen derecha el río San Juan que es afluente del río Paso de Ovejas, el río La Antigua continúa su flujo al este - sureste y descarga sus aguas en la Boca del Golfo de México (CNA, 1997).

Los afluentes mencionados anteriormente, son receptores que colectan descargas industriales y municipales que afectan la calidad del río La Antigua. Los tributarios más importantes se muestran en el CUADRO 10:

**CUADRO 6
PRINCIPALES AFLUENTES DEL RÍO LA ANTIGUA**

No.	Nombre	Características
1	Río Resumidero	Nace en el Municipio de Ixhuacán de Reyes, este río se une al río Huitzilapan por la margen izquierda para formar el río Los Pescados. La confluencia se lleva a cabo en la comunidad denominada Barranca Grande.
2	El Río Consolapa	Tiene su origen en el estado de Veracruz a 3,205 metros sobre el nivel del mar en la cima de del Cofre de Perote; siguen un rumbo este - sureste y confluye con el Río Texolo a 10 kilómetros al oriente de Teocelo; este río y el río Texolo capturan las corrientes formadas en la pendiente oriental del Cofre de Perote a partir de este punto el río Cozalapa continúa su curso hacia el sureste hasta su afluencia al Río Pescados.
3	Río Texolo	Se conoce como Matlacobatl pasa por el poblado de Xolo y antes de confluir con el río Los Pescados llegan a él los ríos Tilleros, Pintores y Hueyapan.
4	Río Sordo:	Pasa por los poblados de Pacho Viejo, San Alfonso y la Orduña, y confluye con el Río Pixquiac, después de unirse estos dos ríos la corriente formada toma el nombre de Río Tilleros y confluye al río Texolo o Matlacobatl el cual llega al río Los Pescados el cual cambia su nombre al Río La Antigua a partir de la población de Carrizal.
5	Río Pixquiac	Pasa por los poblados de Consolapan, La Libertad, La Orduña y El Grande, posteriormente confluye con el río Sordo.
6	Río Hueyapan	Pasa por los poblados de Las Hayas y San Marcos entre las poblaciones de Isleta Grande e Isleta Chica y confluye al río Matlacobatl.
7	Río Los Pintores	Pasa por las poblaciones de Coatepec y Mahuixtlán para posteriormente confluir al río Matlacobatl.
8	Río Santa María o Zacaloapan	Pasa por el poblado de Tetetla, El Coyolar y El Crucero desembocando en el río La Antigua aguas arriba del Puente Nacional.
9	Río Lagartos	Desemboca al río La Antigua a la altura de Paso Mariano sitio donde se localiza la presa derivadora La Antigua.
10	Río Paso de Ovejas	Nace en las cercanías de Huatusco y toma su nombre al pasar por el poblado de Paso de Ovejas se une al Río San Juan a la altura del Salmoral para desembocar en el río La Antigua a la altura del poblado de La Antigua.
11	Río San Juan	Confluye con el río Paso de Ovejas para desembocar en el Río La Antigua a la altura del poblado La Antigua.
12	Río Arroyo Paso del Corral:	Confluye con el Río San Juan para posteriormente desembocar en el Río La Antigua a la altura del poblado La Antigua.
13	Arroyo Tlacoyonca:	A 4.5 km de la población de Jalcomulco confluye por margen izquierda al río La Antigua.
14	Presa Derivadora Pte. Nacional y el Balneario el Carrizal	Confluyen por la margen izquierda las aguas sulfurosas del balneario.

Fuente: CNA, 2001.

Los arreglos dendríticos de los canales de un río en toda su cuenca de drenaje son bien conocidos. Ríos de primer orden son aquellos que no tienen tributarios, los de segundo orden son formados por la unión de dos ríos de primer orden, río de tercer orden por la unión de dos ríos de segundo orden y así sucesivamente.

En el caso particular del río La Antigua es de orden 4 y 5 esto indica que el cuerpo de agua es caudaloso ya que recibe varios afluentes importantes. Ver **MAPA DE HIDROLOGIA SUPERFICIAL**.

En la zona donde se ubica el río La Antigua existen diferentes coeficientes de escurrimiento. Una unidad de escurrimiento es el área que debido a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media, presenta un escurrimiento uniforme. A estas unidades se les asigna un coeficiente de escurrimiento, que es un parámetro representativo del porcentaje de agua precipitada que drena o se acumula superficialmente. El intervalo que se presenta en la zona de estudio, se da entre el 0 - 5 % al 30%. Ver **MAPA DE HIDROLOGIA SUPERFICIAL**.

GASTOS CARACTERÍSTICOS DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.

A continuación se presentan los gastos máximos, mínimos y los representativos para el periodo de estiaje y de lluvia, de las estaciones hidrométricas de la Comisión Nacional del Agua y la Comisión Federal de Electricidad denominadas "Amatitla, Jalcomulco, Carrizal, Cardel y Barranca Grande":

**CUADRO 7
GASTOS DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS UBICADAS EN EL RÍO LA ANTIGUA**

GASTO (m³/s)	Amatitla 1962-2000	Jalcomulco 1951-2000	Carrizal 1967-2000	Cardel 1951-2000
Gasto máximo promedio	325.9	773.1	778.6	1197.2
Gasto mínimo promedio	11.7	16.7	12.8	4.2
Gasto promedio durante periodo de lluvias	34.4	75.1	68.2	98.1
Gasto promedio durante periodo de estiaje	15.6	24.1	21.0	15.6

Fuente: CNA, 2001.

En el estudio realizado por CNA en 2001 se tienen gastos de 11.918 m³/s en las nacientes del río y en la desembocadura de aproximadamente 89 m³/s.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.

En la zona donde se ubica el río La Antigua existen diversas unidades geohidrológicas que en función de sus características físicas, estructurales y espaciales, han sido clasificadas según las posibilidades que presentan de almacenar agua subterránea susceptible de aprovecharse para diferentes usos. En el **MAPA DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA** se observa la distribución de estas unidades.

Materiales consolidados con posibilidades altas: Se encuentra al oriente del río La Antigua e integrada en mayor proporción por conglomerados medianamente consolidados del Terciario. La capacidad que tienen para almacenar agua es considerable, sin embargo el recurso ha sido utilizado de manera constante provocando una sobreexplotación del acuífero.

Materiales consolidados con posibilidades bajas: Se encuentra al norte y noroeste del río La Antigua. Se encuentra integrada por varias secuencias de lutitas y areniscas del Terciario.

Los gastos que se pueden extraer son reducidos debido a que los estratos de lutitas y areniscas son impermeables. El comportamiento geohidrológico de la unidad, debido a su baja permeabilidad, es de una zona con alto índice de escurrimiento.

Materiales no consolidados con posibilidades bajas: Ubicada principalmente al sur del río La Antigua. Esta constituido principalmente por depósitos aluviales del Cuaternario. Los gastos que se pueden extraer son reducidos y existen varias zonas con aprovechamientos económicos (INEGI, 2002e).

1.8 VEGETACIÓN

En la zona convergen una serie de factores orográficos, geológicos, climáticos y altitudinales que han conformado una complejidad ambiental, donde la diversidad biológica y ecológica alcanzan valores significativos. Así, se encuentra una variedad de comunidades vegetales y en asociación, donde coexisten vegetación de zonas costeras hasta los bosques a una altura de 3,340 msnm, dando origen a una gran variedad de tipos de vegetación.

Con fines descriptivos, se encuentran siete tipos de vegetación, que agrupan los definidos por Pennington y Sarukán (1968), Gómez-Pompa A. (1977), Rzedowski (1978), e INEGI (1988, 2002c).

VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS.

Esta comunidad, sujeta a los vaivenes del oleaje, a la movilidad del sustrato y a las ventiscas periódicas, está constituida en su mayor parte por especies herbáceas anuales tanto rastreras como decumbentes, así como algunas formas arbustivas; entre todas ellas destacan *Acacia cornigera*, *Randia acuelata*, *Ipomoea pes-caprae*, *Diphysa robinoides*, *Chrysobalanus icacos*, *Palafoxia lindenii*, *Opuntia dileni*, *Croton punctatus*, *Cassia chamaecristoides*, *Commelina erecta*, *Tríbulus maritimus*, *Euphorbia* spp., *Cenchrus* spp., *Euphorbia ammanioides*, *Kallstroemia parviflora*, *Okenia hypogaea*, *Coccoloba uvifera*, *Canavalia maritima* (INEGI, 2002c).

La importancia fundamental de este tipo de vegetación radica en frenar, de alguna manera, el avance de las dunas de arena hacia áreas que podrían ser utilizadas ya sea en la agricultura, ganadería o bien en la acuicultura.

En el **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**, se muestra la distribución de los tipos de vegetación presentes en el área de estudio.

SELVA BAJA CADUCIFOLIA.

La Selva Baja Caducifolia es una asociación vegetal de zonas cálido-húmedas, que se caracteriza por que la mayoría de las especies (del 75 a 100%) pierden sus hojas, lo cual origina un contraste fisiológico muy marcado entre la temperatura de secas y la de lluvias, donde los árboles dominantes tienen menos de 15 m de altura (Pennington y Sarukán, 1968).

Estos ecosistemas experimentan una estación seca que puede durar de siete a ocho meses, lo cual provoca un déficit hídrico y de los nutrientes minerales disponibles para la vegetación, dando como resultado un ecosistema altamente complejo y diverso

(Bullock *et al.* 1995).

Muchas de las especies presentan resistencia a las condiciones de "estres" por falta de humedad en el suelo, resistencia a la sequía que se debe a la naturaleza de los sitios que ocupan. Una de las estrategias más notorias de los árboles de la selva baja caducifolia, además de la defoliación, es la formación de sistemas radiculares profundos, los cuales pueden alcanzar los mantos freáticos durante el período de estiaje o bien formar estructuras subterráneas de almacenamiento de agua, como sucede con el "pochote" *Ceiba* spp.

Este tipo de vegetación por regla general parece estar restringido a suelos someros y pedregosos de laderas, dado que los terrenos planos, antiguamente también estaban cubiertos por este tipo de selva, pero ahora los han transformado en terrenos agrícolas.

Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Cephalocereus* y *Lemoireocerus*. A pesar de lo xerofítico del ambiente, las especies espinosas no son abundantes.

Las especies dominantes son: *Acacia pennatula*, *Caccoloba barbadensis*, *Cordia dodecandra*, *Crescentia alata*, *Caesalpina* spp., *Cecropia obtusifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Fraxinus schiedeana*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricida sepium*, *Ipomea* spp., *Heliocarpus* spp., *Lysiloma acapulcensis*, *Piscidia piscipula*, *Tabebuia rosea*, *T. chrysantha*, *Bursera simaruba*, *Luhea speciosa*, *L. candida* y *Chlorophora tinctoria*, entre otras. (INEGI, 2002c)

Ver **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.**

BOSQUE DE ENCINO.

Este tipo de vegetación se encuentra principalmente en regiones templadas, aunque también se encuentran en zonas cálidas. Más de cuarenta especies de encinos se reportan en el estado. Esta vegetación forma un mosaico con los bosques de pino, los dos bosques comparten un gran número de especies y en muchos casos es mejor tratarlos como bosques de pino-encino, que como tipos de vegetación distintos.

El bosque de encino presente en la zona se encuentra muy perturbado por la actividad antropogénica, en gran parte se observan indicios de incendios provocados por el avance de la frontera agrícola para cultivos de café y mango, por lo que debido al disturbio se encuentran especies propias de la selva.

Las especies características son: *Quercus oleoides*, *Q. peduncularis*, *Q. Castanea*, *Q. Sapotaefolia*, *Byrsonima crassifolia*, *Bursera simaruba*, *Erythrina americana*, *Piscidia piscipula*, *Spondias mombin*, *Acacia cornigera*, *Acacia cymbispina*, *Fraxinus schiedeana*, *Calliandra anomala*, *Miconia argentea*, *Senecio* spp., *Natoptera* spp., *Sabal mexicana*, *Dodonaea viscosa*, *Rondia laetevirens*, *Agave* spp., *Muhlenbergia* spp., *Dioon dulce*, *Calea zacatechichi*, *Bromelia karatas*, entre otras. (INEGI, 2002c) Ver **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.**

BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA.

Este tipo de vegetación es una comunidad rica en especies, donde se presentan tanto las

de origen boreal, como tropical (Luna, 1997).

Es un bosque único a escala mundial pues su composición florística es una mezcla *sui generis* de elementos de diferente origen fitogeográfico, tiene una gran importancia en la captación de agua y evitar la erosión del suelo. Es un ecosistema sumamente frágil y está desapareciendo debido a su destrucción para realizar diferentes actividades.

El Bosque Mesófilo de Montaña se ubica en Coatepec, en los límites de los municipios de Xalapa, San Andrés Tlalnelhuayocan y Xico entre los 1100 y 2100 m de altitud; en una zona de nieblas frecuentes especialmente en los meses invernales. Por lo general se desarrolla sobre suelos ricos en materia orgánica, negros o pardos oscuros, derivados de cenizas volcánicas (Andosoles) o en rocas calcáreas, de buen drenaje superficial y profundos. Se encuentra en pendientes de ligeras a fuertes. Se caracteriza por presentar más del 50% de las especies del estrato arbóreo con hojas caducas, en alguna época del año, generalmente en invierno o en época fría. El período de defoliación es corto.

El estrato arbóreo queda como relictos, en el municipio de Coatepec, alcanza de 20 m a 30 m de altura, sus fustes son generalmente rectos y limpios; sus copas son generalmente largas y piramidales. Este estrato está caracterizado por las siguientes especies: *Alchornea latifolia*, *Clethra mexicana*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus elliptica*, *Q. laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*, *Q. affinis*, *Pinus patula*, *P. Pseudostrobus*, *Podocarpus macrophylla*, *Magnolia schiedeana*, *Alnus firmifolia*.

El estrato arbustivo se encuentra bien definido y alcanza una altura promedio de 6 m. Entre las principales especies se encuentran: *Conostegia vulcanicola*, *Chiococca alba*, *Clusia lundellii*, *Hedyosmum mexicanum*, *Hoffmannia excelsa*, *Moussonia deppeana*, *Litsea glaucescens*, *Senecio schaffneri*, *Miconia mexicana*, *Nectandra salicifolia*, *Solanum schlechtendalianum*, *Psychotria galeottiana*, *Xylosma flexuosum*, *Psychotria tricótoma*.

El estrato herbáceo, mide de 80 cm hasta 2.5 m altura. Por lo regular se presenta muy diversificado y es difícil definir la existencia de alguna especie en particular como dominante. Entre las especies que caracterizan este estrato se encuentran: *Campylocentrum schiedeii*, *Senecio schaffneri*, *Pteridium aquilinum*, *Chamaedora spp.*,

Las epifitas son abundantes en este tipo de vegetación; dándole un aspecto característico. Entre los principales grupos tenemos varias especies de *Tillandsia*, de *Peperomia* y de orquídeas, casi todas estas son buscadas para comercializarlas, lo cual ha disminuido las poblaciones naturales, principalmente estas últimas.

Los helechos arborescentes, que se presentan en este tipo de vegetación son frecuentes y en algunos lugares llegan a formar pequeños bosques; generalmente se presentan en las orillas de los ríos o los riachuelos. Las especies más comunes son: *Lophosoria quadripinnata*, *Alsophila firma* (Luna, 1997).

Ver **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.**

VEGETACIÓN RIPARIA O DE GALERÍA.

Estas agrupaciones arbóreas se desarrollan a lo largo de las corrientes de agua más o menos permanentes. Desde el punto de vista fisonómico-estructural, se trata de un conjunto muy heterogéneo, pues su altura varía de 4 a más de 40 m y comprenden árboles de hoja perenne, decidua o parcialmente decidua. Estas agrupaciones están representadas principalmente por: *Eugenia capuli*, *Inga jinicuil*, *Salix humboldtiana*, *Syzygium jambos*, *Platanus mexicana*, *Liquidambar macrophylla*.

VEGETACIÓN SECUNDARIA.

Las comunidades primarias de los tipos de vegetación antes mencionados han sido reducidas de manera notable, debido al cambio de uso de suelo; además, dichas comunidades se encuentran en diferentes etapas de desarrollo y la vegetación secundaria cada vez predomina y sustituye más a las anteriores.

Este tipo de vegetación comienza su desarrollo después de que se perturba un área de bosque o si se abandonan campos de cultivo. En gran cantidad de los municipios de la cuenca del río La Antigua las diversas actividades agrícolas y forestales han extendido las superficies ocupadas por comunidades vegetales secundarias, sobre todo en aquellas zonas donde han sido abandonados los espacios que en un inicio tendrían alguna

actividad.

Los acahuales son aquellos lugares donde la vegetación secundaria es la dominante como respuesta a la perturbación en la vegetación primaria. Los acahuales son importantes por que, en algunos casos, se van a encontrar en ellos elementos relictos que van a servir como indicadores del tipo de vegetación que anteriormente existió (Gómez-Pompa, 1977).

Ver **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**.

PASTIZALES.

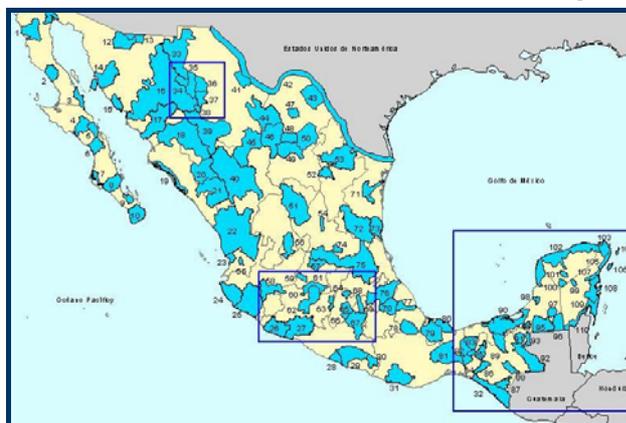
Dentro del área se encuentran áreas de pastizales, donde el pastizal cultivado ocupa la mayor superficie. El pastizal inducido surge cuando es eliminada la vegetación original como consecuencia de desmontes, también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como productos de áreas que se incendian con frecuencia.

Algunas de las especies más características son: *Panicum maximun*, *Cynodon plectostachyum*, *Digitaria decumbens*, donde no es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles (INEGI, 2002c). Ver **MAPA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**.

1.9 FAUNA

Por su biodiversidad, el río La Antigua se encuentra dentro de las 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP-77) ver FIGURA 4 y en dos de las 177 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP-104, RTP-122) ver FIGURA 5, determinadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2002).

**FIGURA 4
REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP-77)**



Fuente: www.conabio.gob.mx

A la RTP 104 pertenecen los municipios de Actopan, Apazapan, Jalcomulco, Tlaltetela y Xalapa. Esta zona tiene una función como corredor biológico poco significativo ya que la vegetación que se presenta es en manchones aislados.

A la RTP 122, Pico de Orizaba-Cofre de Perote, pertenecen los municipios de: Tlalnahuayocan, Coatepec, Perote y Xico, entre otros. Esta región constituye el mayor macizo montañoso del país y fue definida como prioritaria por considerarse el contacto entre las zonas tropicales húmedas del Este, templadas al Norte y semiáridas al Oeste,

siendo asimismo importante por su gran diversidad ecosistémica, al incluir ambientes semidesérticos y montañosos que van desde el límite altitudinal del bosque al Este y la zona semiárida Poblano-Veracruzana al Oeste, hasta la cima del Cofre de Perote y el Pico de Orizaba.

FIGURA 5
REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP-104 Y RTP-122)



Fuente: www.conabio.gob.mx

En la zona, el aumento de áreas abiertas para la agricultura y la ganadería, principalmente, ha disminuido y fraccionado el hábitat de diversas especies animales. En el **ANEXO 1** se presentan varios listados de especies animales reportadas en diversas publicaciones, además de las que se pudieron identificar por observaciones realizadas en campo y por la consulta a los pobladores del lugar.

De acuerdo a estas listas, se determinó en la cuenca la presencia de especies sujetas a protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 del gobierno mexicano y a listados emitidos por organismos internacionales (CITES e IUCN).

En el CUADRO 12, sólo se muestra la clasificación taxonómica y las abundancias de macroinvertebrados bentónicos (organismos que viven en el lecho del río La Antigua).

CUADRO 8
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PRESENTES EN EL RÍO LA ANTIGUA

TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA RELATIVA	LUGAR REPORTADO
CLASE: INSECTA		
Orden: ACARI	0.130	Barranca Grande
Orden: ANNELIDA Familia: OLIGOCHAETA	0.261	Barranca Grande
Orden: COLEOPTERA Familia: CHRYSOMELIDAE Familia: ELMIDAE	0.130 4.705	Barranca Grande
Género: <i>Cylloepus</i> spp.	1.960	Barranca Grande
Género: <i>Lara</i> spp.	0.522	Barranca Grande
Género: <i>Macrelmis</i> spp.	1.699	Barranca Grande
Género: <i>Neoelmis</i> spp.	3.529	Barranca Grande
Género: <i>Optioservus</i> spp.	0.261	Barranca Grande
Género: <i>Phanocerus</i> spp.	0.522	Barranca Grande
Género: <i>Rhizelmis</i> spp.	0.653	Barranca Grande
Género: <i>Stenelmis</i> spp.	1.830	Barranca Grande
Familia: NOTERIDAE	0.392	Barranca Grande
Familia: SCIRTIDAE Género: <i>Cyphon</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: PSEPHENIDAE Género: <i>Psephenus</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: STAPHILINIDAE Género: <i>Bledius</i> spp.	2.352	Barranca Grande
Orden: DIPTERA	0.522	Barranca Grande
Familia: CERATOPOGONIDAE Género: <i>Atrichopogon</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: CHIRONOMIDAE	13.202	Barranca Grande
Familia: EMPIDIDAE	0.130	Barranca Grande
Género: <i>Chelifera</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: MUSCIDAE Género: <i>Limnophora</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: SIMULIIDAE Género: <i>Simulium</i> spp.	5.359	Barranca Grande
Orden: EPHEMEROPTERA		Barranca Grande
Familia: BAETIDAE Género: <i>Baetis</i> spp.	31.895	Barranca Grande
Género: <i>Baetodes</i> spp.	2.745	Barranca Grande
Género: <i>Callibaetis</i> spp.	9.019	Barranca Grande
Familia: LEPTOHYPHIDAE Género: <i>Leptohyphes</i> spp.	4.836	Barranca Grande
Género: <i>Tricorythodes</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: LEPTOPHLEBIIDAE Género: <i>Leptophlebia</i> spp.	0.261	Barranca Grande
Género: <i>Thraulodes</i> spp.	0.784	Barranca Grande
Orden: HEMIPTERA		Barranca Grande
Familia: BELOSTOMATIDAE Género: <i>Belostoma</i> spp.	0.130	Barranca Grande
Familia: GERRIDAE Género: <i>Rhagovelia</i> spp.	7.843	Barranca Grande
Familia: NAUCORIDAE Género: <i>Ambrysus</i> spp.	0.261	Barranca Grande
Orden: MEGALOPTERA		
Familia: CORYDALIDAE Género: <i>Corydalus</i> spp.	1.176	Barranca Grande
Orden: ODONATA		
Familia: HELICOPSYCHIDAE Género: <i>Helicopsyche</i> spp.	0.915	Barranca Grande
Familia: HYDROSYCHIDAE Género: <i>Hydropsyche</i> spp.	0.522	Barranca Grande
Orden: TRICHOPTERA	0.130	Barranca Grande
Familia: HELICOPSYCHIDAE Género: <i>Helicopsyche</i> spp.	0.915	Barranca Grande
Familia: HYDROSYCHIDAE Género: <i>Hydropsyche</i> spp.	0.522	Barranca Grande

Fuente: CNA-IMTA. 1998.

La Ictiofauna característica está representada por *Astyanax fasciatus*, *Cathorops aguadulce*, *Ictiobus bubalus*, *Heterandria* spp, *Gambusia afinis* y *Priapella bonita* (CONABIO, 2002).

1.10 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

En este apartado se realizó un análisis socioeconómico a partir de la información existente de los aspectos más relevantes que afectan a la cuenca del río La Antigua. El objetivo de incluir el análisis del medio socioeconómico en esta tesis radica en que el sistema ambiental se ve profundamente modificado por las actividades humanas. En algunos casos el cambio es favorable, pero existen otros cuyo carácter es negativo. Además, no debe pasarse por alto que el medio físico y social están íntimamente vinculados, de tal manera que el social se comporta al mismo tiempo como sistema receptor de las alteraciones producidas en el medio físico.

En el **ANEXO 2** se presentan diversos indicadores socioeconómicos en la cuenca del Río La Antigua.

POBLACIÓN.

De acuerdo a la información publicada por el INEGI, en la siguiente tabla se presenta la población de los municipios que se encuentran en la cuenca del río La Antigua:

**TABLA 1
POBLACIÓN TOTAL**

Municipio	AÑO (1990)	AÑO (1995)	AÑO (2000)
La Antigua	21,555	23,529	23,389
Veracruz	328,607	425,140	457,377
Manlio Fabio Altamirano	19,345	20,562	20,580
Comapa	14,939	14,274	17,094
Soledad de Doblado	26,612	27,565	27,198
Totutla	13,253	14,022	14,952
Tenampa	5,057	5,052	5,900
Ayahualulco	18,363	20,931	20,230
Perote	44,236	51,688	54,365
Paso de Ovejas	28,646	30,453	30,791
Puente Nacional	17,741	19,341	18,999
Emiliano Zapata	36,370	40,411	40,580
Apazapan	3,651	3,952	3,611
Jalcomulco	4,111	4,517	4,416
Tlaltetela	10,490	11,904	13,339
Coatepec	61,793	70,430	73,536
Xico	24,162	27,158	28,762
Teocelo	13,050	14,050	14,900
Cosautlán de Carvajal	13,626	14,268	15,303
Ixhuacán de los Reyes	8,524	9,104	9,517
Xalapa	288,454	336,632	390,590
Tlalnelhuayocan	6,963	9,750	11,484
Banderilla	22,110	33,798	16,433
Población Total	1,031,658	1,228,531	1,313,346
Población Estatal (Veracruz-Llave)	6,228,239	6,737,324	6,908,975

Fuente: INEGI, 2000, 2001 y 2002.

De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda del 2000, los veintitrés municipios registraron una población total de 1,313,346 habitantes, cifra que representó el 19.01 % de la población total del estado, que para ese año tenía 6,908,975 habitantes.

TASAS DE CRECIMIENTO.

El cálculo de las tasas de crecimiento se desarrolló conforme a la siguiente fórmula:

$$P = P_0 e^{rt}$$

Donde:

P = Población proyectada.

P₀ = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento poblacional.

t = Tiempo transcurrido.

Las tasas de crecimiento media intercensal se muestran en la Tabla 2:

TABLA 2
TASA DE CRECIMIENTO MEDIA INTERCENSAL (TCMI)

Municipio	(1990-1995) TCMI %	(1995-2000) TCMI %
La Antigua	1.75	-0.12
Veracruz	5.15	1.46
Manlio Fabio Altamirano	1.22	0.02
Comapa	-0.91	3.61
Soledad de Doblado	0.70	-0.27
Totutla	1.13	1.28
Tenampa	-0.02	3.10
Ayahualulco	2.62	-0.68
Perote	3.11	1.01
Paso de Ovejas	1.22	0.22
Puente Nacional	1.73	-0.36
Emiliano Zapata	2.11	0.08
Apazapan	1.58	-1.80
Jalcomulco	1.88	-0.45
Tlaltetela	2.53	2.28
Coatepec	2.62	0.86
Xico	2.34	1.15
Teocelo	1.48	1.17
Cosautlán de Carvajal	0.92	1.40
Ixhuacán de los Reyes	1.32	0.89
Xalapa	3.09	2.97
Tlalnelhuayocan	6.73	3.27
Banderilla	8.49	-14.42
Estatad (Veracruz-Llave)	1.57	0.50

Fuente: INEGI, 2000, 2001 y 2002. Cálculo de la tasa de crecimiento Horacio Osorio, 2007.

La mayoría de los municipios, al igual que el Estado de Veracruz-Llave presentan tasas de crecimiento que tienden a la baja; donde inclusive nueve municipios, presentan tasas de crecimiento negativas.

Con base a las tasas de crecimiento para el periodo 1995-2000, se presenta la población estimada para el año 2010 en la tabla siguiente:

**TABLA 3
POBLACIÓN ESTIMADA**

Municipio	2010
La Antigua	23,110
Veracruz	529,274
Manlio Fabio Altamirano	20,621
Comapa	24,525
Soledad de Doblado	26,473
Totutla	16,993
Tenampa	8,044
Ayahualulco	18,900
Perote	60,142
Paso de Ovejas	31,476
Puente Nacional	18,327
Emiliano Zapata	40,905
Apazapan	3,016
Jalcomulco	4,222
Tlaltetela	16,756
Coatepec	80,140
Xico	32,267
Teocelo	16,749
Cosautlán de Carvajal	17,603
Ixhuacán de los Reyes	10,392
Xalapa	525,662
Tlalnahuayocan	15,926
Banderilla	3,885
Población Total	1,545,408
Estatal (Veracruz-Llave)	7,263,206

Fuente: INEGI, 2000, 2001 y 2002. Proyección 2010 Horacio Osorio, 2007.

A pesar de que existe disminución en las tasas de crecimiento poblacional, se estima que para el año 2010 la población de los quince municipios en estudio tendrá 232,062 habitantes adicionales con respecto a la población que existía en el 2000.

El incremento de la población y las inversiones realizadas en este sector no han permitido avanzar adecuadamente y las coberturas continúan siendo de las más bajas a nivel nacional, debido a la gran cantidad y dispersión de localidades rurales que requieren de sistemas con alto costo.

AGRICULTURA.

Las actividades agrícolas en los municipios bajo estudio ocupan una superficie sembrada total de 136,916 Ha., donde el 93.04 % de esta superficie es utilizada para la agricultura de temporal (127,398.75 Ha) y el 6.96 % restante es utilizada para la agricultura de riego (9,523.75 Ha.). La superficie cosechada tiene porcentajes menores.

En las siguientes fotografías se muestran algunos de los cultivos en la cuenca.

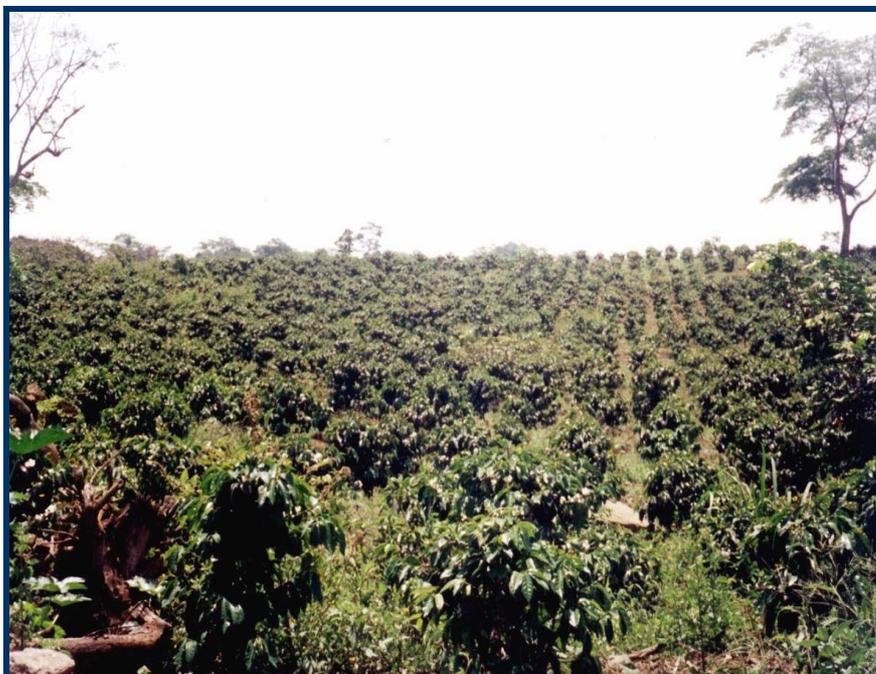
FOTOGRAFÍA 1
CULTIVOS DE MAÍZ EN EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL.



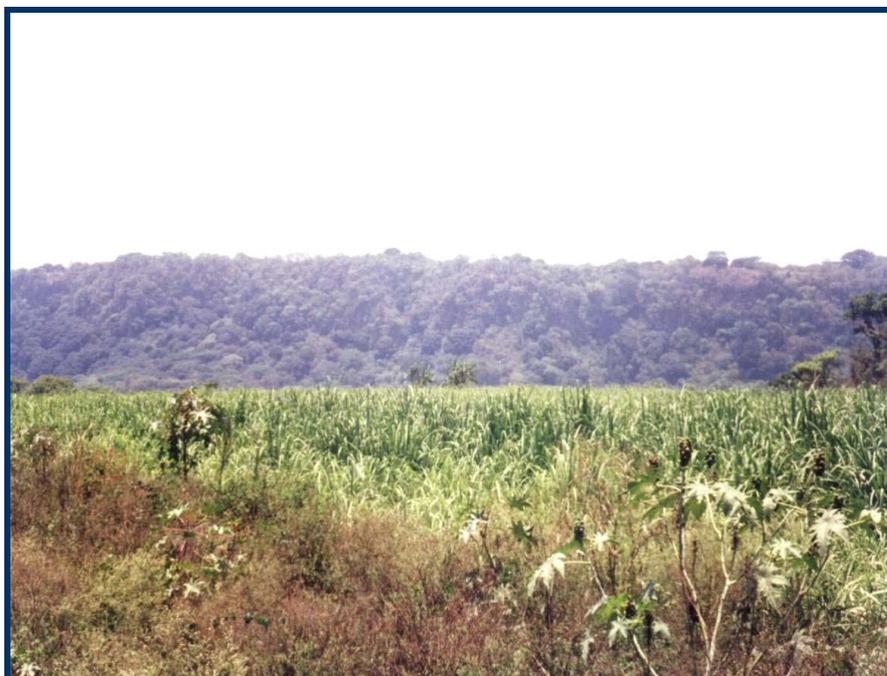
FOTOGRAFÍA 2
CULTIVOS DE NARANJA, PLÁTANO Y CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE COSAUTLÁN DE CARVAJAL.



FOTOGRAFÍA 3
CULTIVOS DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE COATEPEC.



FOTOGRAFÍA 4
CULTIVOS DE CAÑA EN EL MUNICIPIO DE JALCOMULCO



El sector agrícola, es el que ocupa las mayores cantidades de agua en México. La

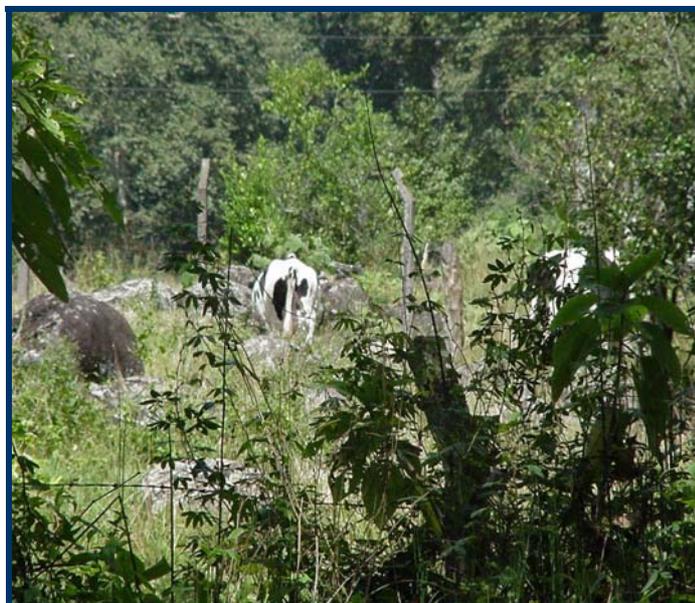
agricultura de riego utiliza el 78% del agua extraída en el país (D.O.F. 13 de Febrero 2002).

Además de la gran cantidad de agua que demanda el sector agrícola, es una actividad impactante sobre la calidad de agua del río La Antigua debido al uso de diversos tipos de fertilizantes y plaguicidas (CNA, 2001). Los principales tipos de cultivo en la cuenca se presentan en el **ANEXO 2**.

GANADERÍA.

Otra actividad importante en la región es la ganadería, la superficie dedicada a esta actividad se presenta en el **ANEXO 2**. En la FOTOGRAFÍA 5 se puede observar algunas de las actividades pecuarias en la cuenca.

FOTOGRAFÍA 5
GANADERÍA EN EL MUNICIPIO DE COATEPEC



FOTOGRAFÍA 6
PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE LA ANTIGUA



La superficie dedicada a la ganadería en la región representa el 5.03 % de la superficie estatal dedicada a esta actividad.

El cambio de uso de suelo por actividades ganaderas representa una alteración para la recarga de los mantos acuíferos, y la disponibilidad de aguas superficiales. De igual manera la alteración de la cobertura vegetal para implementar este tipo de actividades afecta el ciclo de lluvias y la capacidad para retardar los escurrimientos hacia las partes

bajas de la cuenca.

INDUSTRIA.

En la TABLA 4 se presenta la carga contaminante de las principales descargas de origen industrial, del área de influencia río La Antigua y afluentes importantes:

TABLA 4
CARGA CONTAMINANTE DE LAS PRINCIPALES DESCARGAS DE ORIGEN INDUSTRIAL

Nombre de la Empresa	Municipio	Cuerpo receptor	DBO5 (mg/L)	Carga DBO ₅ (ton/año)	DQO (mg/L)	Carga DQO (ton/año)	SST (mg/L)	Carga SST (ton/año)	G y A (mg/L)	Carga G y A (ton/año)	Volumen descarga (m ³ /año)
Destiladora Veracruzana Coatepec S.A.	Coatepec	Río Pintores	2,300	130	12,000	679	1,210	68	18	1	56,568
Destilería del Carmen	Cosautlán de Carvajal	A. Paso Grande	2,300	110	12,000	576	1,210	58	18	1	48,000
Derivados Industriales Veracruzanos, S.A.	Coatepec	Río Pixquiac	6	92	11	170	120	1,840	4	62	15,330,000
Streger, S.A. (Ind. Farmacéutica)	Coatepec	Río Pixquiac	396	12	640	20	3,866	122	200	2	31,500
Compañía Nestlé S.A. de C.V.	Coatepec	Río Pixquiac	16	10	124	78	144	90.14	8	5.14	625,975
Martínez Melchor Manuel (Fca. de Agua Ardiente)	Cosautlán de Carvajal	A. Paso Grande	910	5	1,012	6	18	0.11	3	0.02	5,990
Corrugados Tehuacán S.A. de C.V. (Fca. de Papel)	Tlalnehuayocan	Río Sordo	97	4.97	198	10.18	102	5.24	10	0.5	51,338
Aguardientes Cosautecos	Cosautlán	Río Paso Grande	910	0.65	1,012	0.72	18	0.01	3	0.00	710
Bebidas Aztecas del Golfo, S.A. de C.V.	Coatepec	Río Pixquiac	2	0	3	1	26	7.08		0.00	272,160
Fabrica de aguardiente Elíseo Hernández	Cosautlán de Carvajal	A. Paso Largo	910	0.06	1,012	0.06	18	0.00	3	0.00	62
Total				364.68		365		1,541		76	16,422,303

Fuente: CNA, 2001. Nota: Los valores de la calidad del agua aparecen repetidos en empresas del mismo tipo, fueron estimados de acuerdo al promedio.

La carga de contaminantes producidos por uno de los Ingenios más importantes ubicados en la zona se presenta en la TABLA 5:

TABLA 5
CARGA CONTAMINANTE DEL INGENIO MAHUIXTLÁN

Nombre de la empresa	Municipio	Cuerpo receptor	DBO5 (mg/L)	Carga DBO ₅ (ton/año)	DQO (mg/L)	Carga DQO (ton/año)	SST (mg/L)	Carga SST (ton/año)	G y A (mg/L)	Carga G y A (ton/año)	Volumen descarga (m ³ /año)
Ingenio Mahuixtlán (Impulsora Azucarera del noroeste, S. de R.L. y C.V.)	Coatepec	Río Pintores	100	350	149	521	40	140	17	59	3,499,920
Total				350		521		140		59	3,499,920

Fuente: CNA, 2001.

Mención aparte merece los beneficios de café presentes en la cuenca (Ver CUADRO 13), esta actividad repercute sobre la calidad de agua del río La Antigua, debido a que es una actividad que requiere de grandes volúmenes de agua y genera volúmenes significativos de residuos orgánicos y aguas residuales.

**CUADRO 9
BENEFICIOS DE CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA**

CUENCA	CUERPOS AFECTADOS	No. DE BENEFICIOS DE CAFÉ	DESEMBOCADURA	SECTORES AFECTADOS
La Antigua	Río de los Pescados, Río de los Pintores, Río Sordo, Río Consolapa	118	Barra de la Antigua	Actividad pesquera y turística

Fuente: CNA, 2001.

La carga contaminante de los principales beneficios del café, en el área de influencia del río La Antigua y afluentes importantes se presentan en las siguientes tablas:

**TABLA 6
CARGA CONTAMINANTE DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DE CAFÉ (DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES INFILTRADAS)**

Nombre del organismo o propietario	Municipio	Cuerpo receptor	DBO5 (mg/L)	Carga DBO5 (ton/año)	DQO (mg/L)	Carga DQO (ton/año)	SST (mg/L)	Carga SST (ton/año)	G y A (mg/L)	Carga G y A (ton/año)	Volumen descarga (m ³ /año)
Maquiladora. café Sn Cristóbal	Teocelo	Infiltración	2,500	125	5,520	276	1,550	78	10	0.50	50,000
DE P.C.A. Tuzapán	Coatepec	Inf. Zona de riego	2,500	52	5,520	114	1,550	32	10	0.21	20,736
Orea de Pérez Carmen Givette	Coatepec	Canal de riego	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Colorado Fuente Rafael	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Flores Pimentel Ciro	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Hernández Colorado Antonio	Ixh. de los Reyes	Resumidero	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Colorado Avilés Celia	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Colorado Itzon Margarito	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Elox Mendoza Hurbano	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Mendoza Chama Josefa	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Caballero Gómez Felix	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Colorado Fuentes Juan	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Chama Colorado Paciano	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Paredes Bello Socorro	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs.	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Amadeo Anel Fuentes	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Chilma Melchor Francisca	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Colorado Chimal José	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Díaz Rivero Manuel	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Elox Escobar Cándido	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Escobar Paredes Félix	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
García Paredes Isidro	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Huerta Castillo Ángel	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Huerta Muñoz Roberto	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Huitzilapán	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Matías Melchor Baltazar	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Melchor Navarro Cirilo	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Melchor Navarro Santiago	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

Nombre del organismo o propietario	Municipio	Cuerpo receptor	DBO5 (mg/L)	Carga DBO ₅ (ton/año)	DQO (mg/L)	Carga DQO (ton/año)	SST (mg/L)	Carga SST (ton/año)	G y A (mg/L)	Carga G y A (ton/año)	Volumen descarga (m ³ /año)
Morales Castillo Emiliano	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Morales García Miguel	Ixh. De los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Morales Gutiérrez Francisco											
Morales Gil Francisco	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Muñoz Muñoz Maximiliano	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Ortiz Muñoz Mariano	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Ortiz Vargas Salomón	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Paredes Bello Francisco	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Probeca Prod.. De Café/s.s.	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Rivero Claudio	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Rizo Galán Epigmenio	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Tlapa Morales Demetrio	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Tlapa Morales Eustaquio	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Pozos Galván Francisco	Xico	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Sucesores de Ángel Hdez.	Xico	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
U. Economía de Prod. Y Comer.	Xico	Infiltración	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400 *
Melo Espíndola Alejandro	Coatepec	Dren Agrícola	2,500	10	5,520	22	1,550	6	10	0.04	4,000
Xonotla, Soc. de Prod.	Xico	Infiltración	2,500	8	5,520	18	1,550	5	10	0.01	3,272
Finca Los Bejucos	Coatepec	Pozo de Abs.		3	5,520	7	1,550	2	10	0.01	1,250
B.C. Martínez Mendoza Pascual	Coatepec	Canal Riego	2,500	3	5,520	6	1,550	2	10	0.01	1,000
García Moreno Rosendo	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	2	5,520	3	1,550	1	10	0.00	630
Elox Escobar Carlos	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	1	5,520	2	1,550	1	10	0.00	394
Melchor Carvajal Matías	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	1	5,520	2	1,550	1	10	0.00	394
Villa Reyes Fernando	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	1	5,520	2	1,550	1	10	0.00	394
Villa Reyes Macedonio	Ixh. de los Reyes	Infiltración	2,500	1	5,520	2	1,550	1	10	0.00	394
Chama Ruiz Víctor	Ixh. de los Reyes	Pozo de Abs	2,500	0	5,520	1	1,550	0	10	0.00	156
Lozada Benjamín	Teocelo	Fosa Séptica	2,500	0	5,520	1	1,550	0	10	0.00	125
Sampieri Bulbarela J. Roberto	Sochiapa	Infiltración	2,500	0	5,520	0	1,550	0	10	0.00	70
Total				1,376		3,037		853		6	550,214

Fuente: CNA, 2001. Nota: Los valores de la calidad del agua aparecen repetidos en empresas del mismo tipo, fueron estimados de acuerdo al promedio. Además la calidad de las descargas se estimó considerando el beneficio húmedo tradicional.

**TABLA 7
CARGA CONTAMINANTE DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DE CAFÉ (DESCARGAS DIRECTAS EN AGUAS SUPERFICIALES)**

NOMBRE DEL ORGANISMO CIUDAD O LOCALIDAD	MUNICIPIO	CUERPO RECEPTOR	DBO5 (mg/L)	CARGA	DQO	CARGA	SST (mg/L)	CARGA	G y A (mg/L)	CARGA G y A (TON/AÑO)	VOLUMEN DESCARGA (m ³ /AÑO)
				(TON/AÑO)	(mg/L)	DQO		(TON/AÑO)			
B.C. BOLA DE ORO	COATEPEC	RIO SOCHIAPA	2,500	1,179	5,520	2,604	1,550	731	10	4.72	471,744
MORALES MORALES MANUEL	COSAUTLAN	A. PAJARITOS	2,500	972	5,520	2,146	1,550	603	10	3.89	388,800
SOC. DE PROD.RUR. DE R.I. SN ISIDRO	COSAUTLAN	A. CHALAHUITA	2,500	346	11,982	1,656	1,550	214	10	0.00	138,240
CAFES FINOS DE COATEPEC S.A. DE C.V.	COATEPEC	RIO SUCHILAPA	2,500	526	5,520	1,161	1,550	326	10	2.10	210,240
CAFE INDUSTRIALIZADO COATEPEC	COATEPEC	A. LANALAPAN	2,500	467	5,520	1,030	1,550	289	10	1.87	186,624
COYOPOLLAN, SOC.COOP. RURAL	XICO	RIO COYOPOYAN	2,500	194	5,520	429	1,550	121	10	0.78	77,760
SOC. COOP. AGROP. SN MARCOS	XICO	RIO PESCADOS	2,500	136	5,520	299	1,550	84	10	0.54	54,238
B.C. SAN MIGUEL S.A. DE C.V.	XICO	RIO HUEYUAPAN	2,500	117	5,520	258	1,550	72	10	0.47	46,656
B.C. LOS MANANTIALES	IXH./ LOS REYES	A. LA ALBERCA	2,500	117	5,520	258	1,550	72	10	0.47	46,650
B.C. ARESCA S.A. DE C.V.	XICO	MANANT. PTE. VIEJA	2,500	99	5,520	219	1,550	62	10	0.40	39,750
MARTINEZ JUAN E. SUC. S.R.L.	TEOCELO	A. ATOYAC	2,500	96	5,520	211	1,550	59	10	0.38	38,200
CAFES DEL TRÓPICO	COSAUTLAN	A. NARANJALES	2,500	90	5,520	199	1,550	56	10	0.36	36,000
B.C. ROMA	COATEPEC	RIO SOCHIAPA	2,500	84	5,520	186	1,550	52	10	0.34	33,750
CAFE LA ORDUÑA S.A. DE C.V.	COATEPEC	A. TRINIDAD	2,500	70	5,520	155	1,550	43	10	0.28	27,993
HERNANDEZ SUAREZ LUIS	XICO	RIO PUENTE VIEJA	2,500	50	5,520	109	1,550	31	10	0.20	19,829
B.C. SANTA TEODORA	COATEPEC	RIO HUEYUAPAN	2,500	43	5,520	95	1,550	27	10	0.17	17,220
B.C. PUERTO RICO	COATEPEC	RIO SORDO	2,500	40	5,520	87	1,550	25	10	0.16	15,840
CAFES COATEPEC S.A.	COATEPEC	RIO PIXQUIAC	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
GRUPO DE TRABAJO NUMERO 2	COATEPEC	A. INNOMINADO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
MONJE PEREDO JUAN JOSE RENE	COATEPEC	A. INNOMINADO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
RMZ. MAVIL EZEQUIEL (SAN RAFAEL)	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
S.S.S UNION DE PROD. BENEF.DE CAFE	COATEPEC	A. CHALAHUITA	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
SEC. PROD. COMERCIAL E IND. AGROPECUARIO	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
HERNANDEZ MORALES NAHUM	COSAUTLAN	A. PAJARITOS	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
ANDRADE MENDEZ MARIA ELENA	TEOCELO	RIO TEXOLO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
CUEVAS CID JOSE LUIS	TEOCELO	RIO TEXOLO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
B.H.PUENTE VIEJA (HDEZ SUAREZ HNOS.)	XICO	RIO TEXOLO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
SOC. DE CRED. RURAL EJ. DE XICO	XICO	RIO TEXOLO	2,500	29	5,520	63	1,550	18	10	0.11	11,400
B.C. BRONES	COATEPEC	RIO SORDO	2,500	22	5,520	47	1,550	13	10	0.09	8,600
B.C. POTRERO DE CARLOS	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	18	5,520	40	1,550	11	10	0.07	7,200
CAFES TEXIN, S.A. DE C.V.	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	16	5,520	36	1,550	10	10	0.06	6,480
XALATLA, CAFES DEL TROPICO, S.A. DE C.V.	IXH./ LOS REYES	A. XALATLA	2,500	15	5,520	34	1,550	9	10	0.06	6,075
B.C. EL BROCAL	COSAUTLAN	A. NICULAPA	2,500	14	5,520	30	1,550	9	10	0.06	5,508
LATINO, S.A. DE C.V.	TEOCELO	ARROYO S/N	2,500	13	5,520	29	1,550	8	10	0.05	5,318
B.C. EL GRANDE (PEREZ AGUILERA MAXIMO)	COATEPEC	RIO PIXQUIAC	2,500	13	5,520	28	1,550	8	10	0.05	5,000
B.C. ZARAGOZA	COATEPEC	RIO LOS PINTORES	2,500	13	5,520	28	1,550	8	10	0.05	5,000
GRUPO IACAMEX, S.A. DE C.V.	XICO	RIO CHAUTEPEC	2,500	9	5,520	19	1,550	5	10	0.04	3,510
C.A.P.E.C.C.S.A.	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	6	5,520	13	1,550	4	10	0.02	2,390
POLANCO HERMANOS	COATEPEC	RIO CUITLAPA	2,500	5	5,520	11	1,550	3	10	0.02	2,000
LA MERCED S.A. DE C.V.	TEOCELO	ARROYO S/N	2,500	5	5,520	10	1,550	3	10	0.02	1,856
HDA. ZIMPZHUAHUA ALCANTARA JOAQUIN	COATEPEC	ARROYO S/N	2,500	3	5,520	7	1,550	2	10	0.01	1,252
ORTIZ LIBREROS LUIS	COATEPEC	RIO CUITLAPA	2,500	3	5,520	6	1,550	2	10	0.01	1,050
JARVIO MONTERO ROBERTO ALEJANDRO	COATEPEC	RIO SUCHILAPA	2,500	2	5,520	4	1,550	1	10	0.01	800
MORALES MERCADO LUIS	TEOCELO	ARROYO	2,500	2	5,520	3	1,550	1	10	0.01	625
MTZ. MONTIEL ELIA (POZO SANTO)	XICO	A. ALCHICHIS	2,500	2	5,520	3	1,550	1	10	0.01	606
CARLOS RODRIGUEZ JOSE FELIX	TEOCELO	A. POCITOS	2,500	2	5,520	3	1,550	1	10	0.01	600
MARTINEZ OLMOS VICENTE	TEOCELO	A. HUITZILAPA	2,500	0	5,520	1	1,550	0	10	0.00	150
RODRIGUEZ MARTINEZ ENRIQUE	TEOCELO	A. HUITZILAPA	2,500	0	5,520	1	1,550	0	10	0.00	125
GRUPO CAFETALERO SN FCO. S.A. DE C.V.	COATEPEC	RIO PINTORES	2,500	5	240	0	91	0	12	0.02	1,980
TOTAL				5,103		12,149		3,161		19.00	2,041,059

Fuente: CNA, 2001. Nota: Los valores de la calidad del agua aparecen repetidos en empresas del mismo tipo, fueron estimados de acuerdo al promedio. Además la calidad de las descargas se estimó considerando el beneficio húmedo tradicional.

La carga contaminante de las principales ciudades y localidades, (descargas directas a corrientes superficiales) del área de influencia del río La Antigua y afluentes importantes,

se presenta en la TABLA 8:

TABLA 8
CARGA CONTAMINANTE DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y LOCALIDADES

Nombre de la ciudad o localidad	Municipio	Cuerpo receptor	DBO ₅ (mg/L)	Carga DBO ₅ (ton/año)	DQO (mg/L)	Carga DQO (ton/año)	SST (mg/L)	Carga SST (ton/año)	G y A (mg/L)	Carga G y A (ton/año)	Volumen descarga (m ³ /año)
Melchor Ocampo (Coatepec)	Coatepec	Río Pintores	280	2,099	614	4,603	249	1,867	65	487	7,496,064
C.M.A.P.S. de Xalapa	(1 de 4)	Río Sordo	280	1,965	614	4,309	249	1,747	65	456	7,017,125
C.M.A.P.S. de Coatepec	Coatepec	Río Pintores	254	961	609	2,304	233	882	65	246	3,784,000
C.M.A.P.S. de Coatepec	Coatepec	Río Pintores	280	795	614	1,743	249	707	65	184	2,838,200
C.M.A.P.S. de Xico	Xico	Texolo	299	186	719	447	309	192	44	27	622,080
Teocelo	Teocelo	Río Mayeguitos	264	116	698	306	286	125	56	25	438,767
Tuzamapán	Coatepec	Río Pescados	264	86	698	228	286	93	56	18	326,146
San Marcos	Xico	Río Pintores	264	80	698	211	286	86	56	17	301,618
Mahuixtlán	Coatepec	Río Pintores	264	46	698	122	286	50	56	10	174,817
Cosautlán de Carvajal	Cosautlán	A. Los Lavaderos	264	43	698	113	286	46	56	9	161,513
Pancho Viejo	Coatepec	Río Chico	280	41	698	108	286	44	56	9	155,052
Guadalupe Victoria	Tlalnahuacán	Río Sordo	280	38	614	83	249	34	65	9	135,287
Jalcomulco	Jalcomulco	Río Los Pescados	280	36	614	80	249	32	65	8	129,867
Patronato de Pro-obras	Coatepec	Río Sordo	280	35	614	77	249	31	65	8	125,560
Orduña, La	Coatepec	Río Pintores	280	22	614	48	249	19	65	5	78,074
Lomas, La	Coatepec	Río Pintores	280	19	614	41	249	17	65	4	67,343
Ixhuacán de los Reyes	Ixhuacán de los Reyes.	A. Innominado	280	19	614	41	249	17	65	4	67,178
Bella Esperanza	Coatepec	A. Innominado	280	16	614	36	249	15	65	4	58,637
Asoc. Civil Xalitic	Xalapa	A. Puerco	280	15	614	33	249	13	65	3	53,290
Piedra Parada	Cosautlán	A. Xalasta	280	14	614	30	249	12	65	3	49,220
Col. Jacarandas	Coatepec	Río Sochiapán	118	2	656	12	330	6	123	2	18,530
Fracc. Residencial Azazul	Coatepec	Río Pixquiác	118	0	656	2	330	1	123	0	3,300
Total				6,634		14,977		6,036		1,538	24,101,668

Fuente: CNA, 2001.

Se tiene estimado un total de 24,101,668 m³/año de volumen de descarga al río La Antigua, donde la ciudad que aporta mayor carga de contaminantes es la de Xalapa.

SERVICIOS.

En la zona se ofrecen diferentes servicios que tienen un impacto sobre la calidad del agua del río, donde la carga contaminante se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 9
CARGA CONTAMINANTE DE LAS PRINCIPALES DESCARGAS DE SERVICIOS

No.	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	MUNICIPIO	RECEPTOR	DBO ₅ (mg/L)	CARGA DBO ₅ (TON/AÑO)	DQO (mg/L)	CARGA DQO (TON/AÑO)	SST (mg/L)	CARGA SST (TON/AÑO)	G YA (mg/L)	CARGA G y A (TON/AÑO)	DESCARGA (m ³ /AÑO)
1	IMSS C.H. T-3 COATEPEC	COATEPEC	POZO ABSORCION	165	2.98	275	4.94	82	1.48	54	0.97	18,000
2	IMSS UMF N° 8 TUZAMAPAN	COATEPEC	POZO ABSORCION	165	2.98	275	4.94	82	1.48	54	0.97	18,000
3	SS CS RD AYAHUALULCO	AYAHUALULCO	POZO ABSORCION	165	0.02	275	0.04	82	0.01	54	0.01	128
4	SS CS RD JALCOMULCO	JALCOMULCO	POZO ABSORCION	165	0.02	275	0.04	82	0.01	54	0.01	128
5	SS CS RD MONTE BLANCO	TEOCELO	POZO ABSORCION	165	0.02	275	0.04	82	0.01	54	0.01	128
6	SS CS RC SAN MARCOS DE LEON	XICO	POZO ABSORCION	165	0.02	275	0.04	82	0.01	54	0.01	128
7	SS CS RD TLALTETELA	TLALTETELA	POZO ABSORCION	165	0.02	275	0.04	82	0.01	54	0.01	128
8	IMSS UMR SANTA MARIA TATETLA	JALCOMULCO	POZO ABSORCION	165	0.01	275	0.02	82	0.01	54	0.00	72
9	IMSS COSAUTLAN	COSAUTLAN	POZO ABSORCION	165	0.01	275	0.02	82	0.01	54	0.00	70
SUBTOTAL					6		10		3		2	36,780
10	AGUAS TERMALES DEL CARRIZAL S.A.de C.V.	APAZAPAN	RIO LOS PESCADOS	5	142	7	188	194	5170		0.00	26,647,920
11	AUTO HOTEL "LA ARBOLEDA"	XALAPA	A. AFL. RIO SORDO	136	0.92	298	2.01	100	0.67	120	0.81	6,745
SUBTOTAL					143		190		5170		1	26,654,665
TOTAL					149		200		5173		3	26,691,445

Fuente: CNA, 2001.

La carga contaminante de las principales descargas del cuerpo receptor, área de influencia del río La Antigua y afluentes importantes se presenta en la TABLA 10:

TABLA 10
CARGA CONTAMINANTE POR TIPO DE GIRO

GIRO	NO. DE USUARIOS	NO. DE DESCARGAS	CARGA DBO5 (TON/AÑO)	CARGA SST (TON/AÑO)	VOLUMEN DESCARGA
TOTAL	193	204	7,795.76	4,837.83	21,050,558.60
INDUSTRIAL	64%	58%	47%	31%	20%
BENEFICIOS DE CAFÉ	168	173	3,816.46	2,631.74	2,467,190.55
INGENIOS	1	2	3,492.81	163.98	1,499,999.89
OTROS	24	29	486.49	2,042.11	17,083,368.16
MUNICIPAL	30	50	8,053.64	5,473.24	51,716,423.60
	10%	14%	49%	35%	49%
SERVICIOS	55	71	169.15	5,214.06	26,924,709.65
	18%	20%	1%	33%	25%
PECUARIO	20	22	209.95	235.01	3,741,576.20
	7%	6%	1%	1%	4%
PISCÍCOLA	4	4	258.28	-	2,404,620.00

	1%	1%	2%	0%	2%
TOTAL	302	351	16,486.77	15,760.14	105,837,888.05

Fuente: CNA, 2001.

Para el año de 2001 se tenían inventariados a 302 usuarios con 351 descargas de aguas residuales, municipales e industriales las cuales vierten directa o indirectamente un volumen total de 105,837,888.05 de m³ por año y una carga de DBO₅ del orden de 16,486.77 t/año y 15,760.14 t/año de SST.

Por último en la TABLA 11 se presenta la carga contaminante de las principales descargas por cuerpo receptor:

**TABLA 11
CARGA CONTAMINANTE POR CUERPO RECEPTOR**

GIRO	CUERPO RECEPTOR	Nº USUARIOS	DBO₅ (t/año)	DQO (t/año)	SST (t/año)	G y A (t/año)	DESCARGA (m³/año)
INDUSTRIAL	AGUAS SUPERFICIALES	60	5,820	14,211	5,491	155	21.96
		40%	42%	44%	32%	10%	30%
	INFILTRACION	55	1,376	3,037	853	6	0.55
		36%	10%	9%	5%	0%	0%
MUNICIPAL	AGUAS SUPERFICIALES	22	6,633	14,977	6,038	1,541	24.1
		15%	47%	46%	34%	89%	33%
	INFILTRACION	3	56	157	70	21	0.25
		2%	0%	0%	0%	1%	0%
SERVICIOS	AGUAS SUPERFICIALES	2	143	190	5,170	1	26.65
		1%	1%	1%	29%	0%	37%
	INFILTRACION	9	6	10	3	2	0.037
		6%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	AGUAS SUPERFICIALES	84	12,596	29,378	16,699	1,697	72.71
		56%	90%	90%	95%	98%	99%
	INFILTRACION	67	1,438	3,204	926	29	0.8
		44%	10%	10%	5%	2%	1%

Fuente: CNA, 2001.

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

En lo que respecta a las descargas de aguas residuales, en el río La Antigua como en toda la región Golfo Centro, la mayoría se vierten sin tratamiento, lo que origina limitación de la disponibilidad para los usuarios del agua y afectación a los ecosistemas (CONAGUA, 2006).

Las plantas de tratamiento público-urbano en total descargan 34,187,111 m³ anuales y las plantas de origen industrial 14,980,432 m³ anuales en la cuenca del río La Antigua, donde la relación completa de estas plantas de tratamiento así como sus características se presentan en el **ANEXO 2**.

1. ANTECEDENTES DE DATOS DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LA ANTIGUA

El río La Antigua es una corriente importante en la región debido a los usos para los cuales se destina, por tal motivo se han realizado en él diferentes estudios de calidad del agua. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los resultados obtenidos en diferentes estudios para los sitios de muestreo establecidos en este trabajo de tesis:

**CUADRO 1
ESTUDIOS REALIZADOS POR LA CNA EN LOS SITIOS DE MUESTREO PROPUESTOS PARA ESTA TESIS**

SITIO DE MUESTREO	RÍO O AFLUENTE	ESTUDIOS REALIZADOS PREVIAMENTE POR LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA)		
		CNA, 1997, 1998	CNA-IMTA, 1998	CNA, 2001
1	Río Pixquiac	Clasificado de manera general como "contaminado" y se le atribuye a las descargas de aguas residuales de origen industrial; durante la temporada de estiaje se le clasificó como "fuertemente contaminado" por Coliformes fecales y totales. En temporada de lluvias presenta una notable recuperación clasificándose como "contaminado". Se analizaron metales pesados y de la comparación con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua solamente el Aluminio y el Hierro rebasan los Criterios en todos los sitios de muestreo excepto en el río Pixquiac.	Se identificaron organismos tolerantes a la contaminación en porcentajes mayores al 80%, por lo que estas estaciones se consideran contaminadas y por lo tanto la calidad del agua es limitante para el desarrollo de los organismos sensibles.	Presenta problemas con Fósforo Total, Turbidez y Color, Según los Criterios ecológicos de Calidad del Agua (CECA). En sus nacientes presenta problemas con Coliformes Fecales haciéndola no apta para la protección de la vida acuática y están muy cerca del límite para no cumplir con la calidad para abastecimiento de agua potable (1000 NMP/100ml contra 930 NMP/100ml).
2	Río Sordo	Se determinó que estaba "fuertemente contaminado" prevaleciendo la mala calidad de su agua durante todo el año, por ser cuerpo receptor de las aguas residuales de la Cd. de Xalapa.	Se identificaron organismos tolerantes a la contaminación en porcentajes mayores al 80%, por lo que estas estaciones se consideran contaminadas y por lo tanto la calidad del agua es limitante para el desarrollo de los organismos sensibles.	Presenta problemas con Fósforo Total, Turbidez y Color, Según los CECA. En sus nacientes presenta problemas con Coliformes Fecales haciéndola no apta para la protección de la vida acuática y están muy cerca del límite para no cumplir con la calidad para abastecimiento de agua potable (1000 NMP/100ml contra 930 NMP/100ml). se rebasan los límites máximos permisibles en diferentes parámetros, clasificándolas como no aceptables para la Protección de la Vida Acuática
3	Río Pintores	Clasificado como una corriente "fuertemente contaminada" en virtud de que recibe de manera permanente, importantes volúmenes de aguas residuales provenientes de la Cd. de Coatepec, permaneciendo dicha calidad durante todo el año. Durante la temporada de estiaje en el que el caudal disminuye, adquiere niveles de contaminación aún más críticos, ya que recibe las descargas de las aguas residuales del Ingenio de Mahuixtlán y de los beneficios de café de la zona. La cantidad y concentración de contaminantes determinadas, lo hace prácticamente inaceptable para cualquier uso.	Se identificaron organismos tolerantes a la contaminación en porcentajes mayores al 80%, por lo que estas estaciones se consideran contaminadas y por lo tanto la calidad del agua es limitante para el desarrollo de los organismos sensibles.	Presenta problemas con Fósforo Total, Turbidez y Color, Según los CECA. Además de problemas con DQO, DBO ₅ , Sólidos Suspendedos Totales. En sus nacientes presenta problemas con Coliformes Fecales haciéndola no apta para la protección de la vida acuática y están muy cerca del límite para no cumplir con la calidad para abastecimiento de agua potable (1000 NMP/100ml contra 930 NMP/100ml).
4	Río La Antigua	Clasificado como "poco contaminado".	Durante la época de lluvias, se identificaron organismos sensibles a la contaminación, en porcentajes mayores al 70% por lo que se consideran de buena calidad para el desarrollo y protección de organismos acuáticos. Calificándola como áreas de buena calidad de agua al soportar una fauna diversa.	Todas las estaciones ubicadas en el cuerpo principal rebasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los CECA para Coliformes Fecales haciéndolas no aptas para la protección de la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario. También se rebasan los LMP de Nitrógeno Amoniacal haciéndolas no aptas para la protección de la vida acuática. Se rebasan los LMP de Grasas y Aceites haciéndolos no aptos para abastecimiento de agua potable y los LMP de SAAM (Detergentes) están en el límite haciéndolos no aptos para la protección de la vida acuática.
5	Río La Antigua	Clasificado como "poco contaminado".	Esta estación se clasificó como contaminada y por el número de Taxa, principalmente por la aportación de agua sulfurosa del balneario del mismo nombre que impacta a la fauna bentónica al desaparecer los organismos sensibles a la contaminación.	Se rebasan los límites máximos permisibles en cuanto Coliformes Fecales. Los resultados analíticos obtenidos de la primera campaña dan como resultado niveles de Coliformes Fecales (1500 NMP/100 ml en la estación 15 y 280 NMP/100 ml en la 19) cuando el límite máximo permisible es 200 NMP/100 ml. Clasificándola como no aceptables para este uso. Para la segunda campaña, los niveles son más altos al obtener valores para este parámetro de 4300 y 2300 NMP/100 ml respectivamente.
6	Río La Antigua	Clasificado como "poco contaminado".		Esta estación presenta problemas con el LMP para Sulfuros haciéndola no apta para el uso de protección de vida acuática, según los CECA. Sólo durante la primera campaña se rebasaron los límites en cuanto a Coliformes Fecales (1500 NMP/100 ml) Clasificándola como no aceptable para uso agrícola y en la segunda campaña están muy cerca de los límites (900 NMP/100 ml). Esta corriente se considera no apta para el usos de protección de la Vida Acuática por rebasar lo LMP de Coliformes Totales.
8	Río La Antigua	Clasificado como "poco contaminado".		Se reportan valores arriba de los LMP's, para sulfuros. Se rebasan los límites máximos permisibles en cuanto Coliformes Fecales Clasificándola como no aceptables para uso agrícola, también se rebasa los límites permisibles en cuanto a Conductividad en la primera campaña (1,869 µmhos/cm vs 1000 del límite máximo permisible)* Por tal motivo para este período se clasifica como no aceptable para uso agrícola. Nota: Como parte de los alcances del estudio se analizaron metales pesados, organoclorados y organofosforados (plaguicidas y herbicidas). Los resultados analíticos reportaron valores por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en los CECA para los diferentes usos y en la Norma Oficial Mexicana.

Fuente: CNA, 1997, 1998, 2001 y CNA-IMTA, 1998.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río La Antigua es una corriente importante en la región debido a los usos para los cuales se destina. De esta forma es particularmente importante determinar la contaminación que guarda el río para conocer su estado, preservar su calidad y en su caso, establecer acciones de restauración para asegurar la calidad del agua para sus usos destinados y de esta forma proteger la salud humana y el ambiente.

Por este motivo se realizó la presente tesis, la cual consistió de dos campañas de muestreo; que consideran a la corriente principal, y sus principales afluentes.

1. HIPÓTESIS

En la cuenca del río La Antigua se desarrollan una serie de actividades industriales, domésticas, comerciales y agrícolas, generadoras todas ellas de metales pesados, donde muchas de las aguas residuales que se vierten a esta corriente son depositadas sin tratamiento alguno.

Por tal motivo, al realizar la caracterización de la cuenca y llevar a cabo los análisis físicos, químicos y de metales pesados a muestras de agua y a sedimentos obtenidos a través de dos campañas de muestreo, se espera encontrar la presencia de metales pesados en el río La Antigua; donde además, se podrá determinar la variación de estos contaminantes a través del tiempo.

1. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Caracterizar la cuenca del río La Antigua en sus aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos y determinar la presencia de metales pesados en el río de acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Establecer un programa de muestreo en la Río La Antigua.
2. Describir los aspectos físicos, socioeconómicos y biológicos de la cuenca del río La Antigua.
3. Comparar los resultados de los sitios de muestreo de acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), debido a que estos criterios cambian respecto a los usos a los cuales se destina el agua de una corriente (Abastecimiento para Agua Potable, Recreativo con Contacto Primario, Riego Agrícola y Protección de la Vida Acuática) en muestras de agua y en sedimentos del río.
4. Evaluar los resultados de los sitios de muestreo y compararlos históricamente con resultados obtenidos y publicados en estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua.
5. Establecer recomendaciones sobre el manejo de las descargas en los afluentes y en la corriente principal.

1. PROGRAMA DE MUESTREO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Se seleccionaron ocho estaciones de muestreo sobre la corriente principal y algunos afluentes del río La Antigua, mismas que se enlistan en el CUADRO 15:

**CUADRO 1
ESTACIONES DE MUESTREO**

Estación	Nombre	Río o afluente
1	"La Pitaya"	Río Pixquiac
2	"Confluencia"	Confluencia del Río Pixquiac y Sordo
3	"Puente La Zopilotería"	Río Pintores
4	"Jalcomulco"	Río La Antigua
5	"Balneario El Carrizal"	Río La Antigua
6	"Puente del Ferrocarril Cardel"	Río La Antigua
7	"Salmoral"	Río San Juan
8	"Autopista"	Río La Antigua

Las coordenadas de referencia de las estaciones antes mencionadas se presentan en el CUADRO 16:

**CUADRO 2
COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO**

ESTACIÓN	COORDENADAS			
	GEOGRÁFICAS		UTM	
	Latitud Norte	Longitud Oeste	X	Y
1	19° 30' 20.2"	96° 57' 38.0"	714,033	2,157,918
2	19° 26' 03.8"	96° 54' 41.7"	719,271	2,150,094
3	19° 23' 53.3"	96° 54' 40.1"	719,367	2,146,083
4	19° 19' 47.8"	96° 45' 46.2"	735,043	2,138,729
5	19° 19' 11.0"	96° 37' 46.3"	749,070	2,137,782
6	19° 21' 50.0"	96° 22' 28.1"	775,810	2,143,060
7	19° 18' 57.3"	96° 19' 18.9"	781,417	2,137,833
8	19° 23' 57.3"	96° 21' 18.9"	790,417	2,139,833

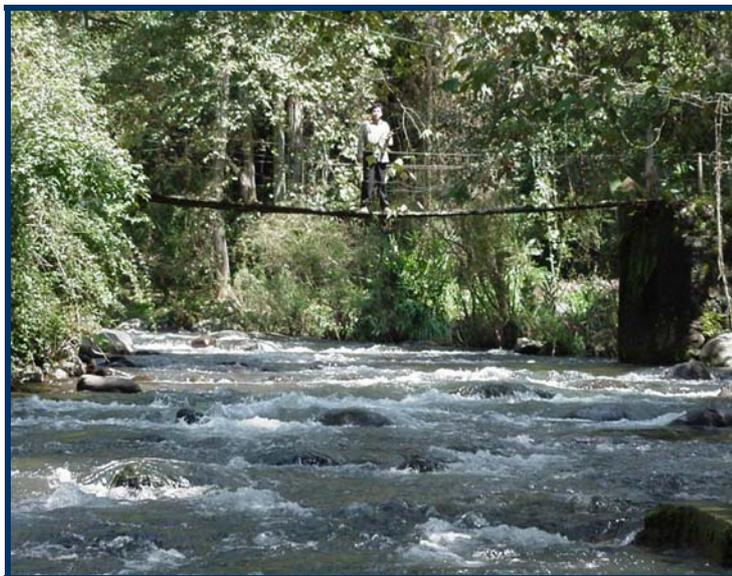
Fuente: GPS marca Garmin 12 XL utilizando el NAD 27 México.

Ver **MAPA TOPOGRÁFICO**.

Los criterios para la selección de estas estaciones fueron los siguientes:

Por ser un punto relativamente libre de contaminación, se seleccionó como testigo la estación número 1 (FOTOGRAFÍA 1).

**FOTOGRAFÍA 1
ESTACIÓN 1 "LA PITAYA"**



Por recibir descargas industriales y municipales, se seleccionó la confluencia del río Pixquiac y el río Sordo (FOTOGRAFÍA 2).

**FOTOGRAFÍA 2
FOTO DERECHA: ESTACIÓN 2 "CONFLUENCIA".**



Por recibir las descargas municipales de la ciudad de Xalapa y Coatepec antes de ser descargadas al río La Antigua, se seleccionó la estación 3 (FOTOGRAFÍA 3).

FOTOGRAFÍA 3
ESTACIÓN 3 "PUENTE LA ZOPILOTERA"



Por recibir los afluentes de los ríos Sordo, Pintores, Pixquiac, Hueyapan y Matlocobat para formar el Río Tilleros, al río La Antigua, se seleccionó la estación 4, además de dar un seguimiento a los contaminantes producto de las descargas industriales y municipales de las ciudades de Xalapa y Coatepec, descargas de aguas residuales de la Industria Mediana, de un Ingenio Azucarero y de beneficios de café de la zona (FOTOGRAFÍA 4).

FOTOGRAFÍA 4
ESTACIÓN 4 "JALCOMULCO"



Además la estación 4 recibe las descargas de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas en la zona de Barranca Grande, Cosautlán y Los Limones, provenientes de los retornos agrícolas de los beneficios de café y la descarga municipal de Jalcomulco.

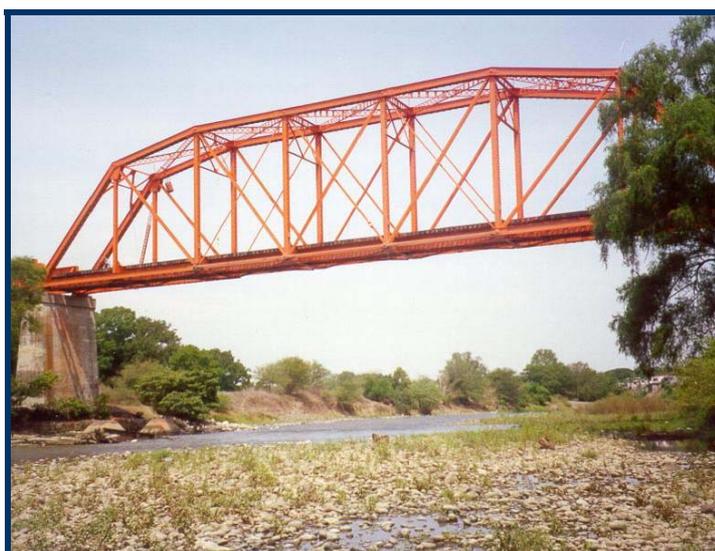
Se seleccionó la estación 5 por recibir la descarga municipal de Apazapan y por ser previa a la extracción de agua para riego agrícola (FOTOGRAFÍA 5).

FOTOGRAFÍA 5
ESTACIÓN 5 "BALNEARIO EL CARRIZAL"



La estación 6, se seleccionó para dar un seguimiento de los contaminantes sobre el cauce principal (FOTOGRAFÍA 6).

FOTOGRAFÍA 6
ESTACIÓN 6 "PUENTE DEL FERROCARRIL CARDEL"



La estación 7 se seleccionó por ser agua que proviene de retorno agrícola proveniente de un distrito de riego (FOTOGRAFÍA 7).

FOTOGRAFÍA 7
ESTACIÓN 7 "SALMORAL"



Y finalmente la estación 8 se seleccionó por ser agua que proviene de retorno agrícola y para dar seguimiento final de todos los parámetros analizados sobre el cauce principal del río La Antigua (FOTOGRAFÍA 8).

FOTOGRAFÍA 8
ESTACIÓN 8 "AUTOPISTA"



Todas las estaciones se han monitoreado antes, y se puede realizar una comparación histórica de la evolución de la contaminación de la corriente.

1.2 FRECUENCIA DEL MUESTREO

La primera campaña se llevó a cabo del 16 al 17 de Noviembre de 2002 y la segunda se realizó del 31 de Mayo al 1 de Junio de 2003.

1.3 OBJETIVO DEL MUESTREO

El deterioro de la calidad del agua, es consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, que contienen grandes cantidades de sustancias contaminantes; la naturaleza de estos y sus efectos sobre los cuerpos de agua, varían dependiendo del origen de las aguas, del tipo de contaminantes y de los volúmenes descargados, motivo por el cual es necesario conocer la calidad del agua a través de un estudio, en el cual la primera actividad de importancia es la de realizar un muestreo.

El objetivo del muestreo fue la recolección de muestras de agua y sedimentos que sean representativas de las características físicas y químicas del sitio muestreado, permitiendo obtener resultados representativos, reproducibles y confiables.

El muestreo estuvo integrado por cuatro actividades:

1. Planeación: Se realizó una caracterización de la zona de estudio para elaborar un plan de muestreo y un organigrama de actividades a seguir durante esta etapa.
2. Recolección: La cual se realizó de manera manual y se registraron datos de campo.
3. Conservación: La cual tuvo la función de retardar cambios químicos y biológicos desde el momento de la toma de la muestra hasta cuando se realizaron los análisis de la misma, siendo indispensable para asegurar la confiabilidad de los resultados de las pruebas efectuadas.
4. Traslado: El traslado consintió en transportar las muestras desde las estaciones de muestreo hasta la F.E.S. Zaragoza Campus II, en tiempo y condiciones adecuadas para que las muestras recolectadas fueran representativas.

1.4 ACTIVIDADES PREVIAS AL MUESTREO

Antes de las dos salidas a campo se realizaron una serie de actividades previas, las cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Primeramente se ubicaron cada una de las estaciones de monitoreo en un mapa topográfico escala 1:250,000 y se estableció las rutas a seguir con ayuda de un mapa de carreteras.

- ✓ Se aplicó un tratamiento con HNO₃ a las botellas donde se tomaron las muestras, las cuales se encontraron perfectamente limpias, enjuagadas con agua destilada y debidamente identificadas con los datos básicos de la estación de muestreo y de los parámetros a determinar.
- ✓ Se elaboró un listado de equipo, reactivos, material y papelería que se utilizó en esta etapa, el cual se presenta en el CUADRO 17, con el fin de no incurrir en olvidos u omisiones que pudieran afectar el desarrollo del muestreo.

**CUADRO 3
MATERIAL UTILIZADO EN EL MUESTREO**

Equipo	Reactivos	Material	Papelería
Potenciómetro	Disoluciones amortiguadoras de pH 4, 7 y 10	Cuerdas	Anteproyecto de tesis
Conductímetro	Disolución estándar (19.99 mS/cm)	Hieleras rotuladas	Identificación
Oxímetro	Ácido nítrico concentrado	Cubetas de plástico	Carta salvoconducto a las autoridades civiles y militares
GPS	Agua destilada	Palanganas	Mapa de carreteras
Calculadora		Pizetas	Carta topográfica Esc. 1:250,000
Termómetro		Embudos de plástico	Bitácora de campo
Teléfono celular		Pipetas graduadas	Registros de campo
Cámara fotográfica digital		Perilla automática	Cadenas de custodia
Cámara de video		Papel pH	Diagramas de procedimientos
Flexómetro		Papel secante	Bolígrafos, marcadores de tinta indeleble
Linterna		Cucharas de madera	Cinta adhesiva
Draga de acero inoxidable		Guantes de látex y guantes de cuero	Tabla de campo
Binoculares		Sombrero, gorra o Casco	Etiquetas
		Impermeable	
		Botas de goma, botas altas impermeables	
		Camisola, pantalón de faena y overol	
		Repelente contra insectos	

- ✓ Para la toma de los parámetros de campo se realizaron diagramas de flujo para la determinación de temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, donde estos procedimientos se realizaron de acuerdo a la normatividad correspondiente y a las recomendaciones establecidas en los manuales de los equipos (**ANEXO 3**).
- ✓ Se realizó una revisión y calibración del equipo 24 horas antes del muestreo, donde se verificó la calibración en campo, con el fin de garantizar el funcionamiento correcto de los equipos utilizados.

1.5 METODOLOGÍA DEL MUESTREO

a) MUESTREO DE AGUA.

- ✓ Las muestras de agua fueron simples y se tomaron en recipientes de plástico de boca angosta, con tapa y rosca del mismo material, con capacidad de 1 litro. Se enjuagó cada recipiente 3 veces con el agua del río antes de la toma de muestra. La toma de muestras se realizó utilizando guantes de látex limpios.
- ✓ Las muestras se tomaron en los sitios de mayor turbulencia, lo cual asegura homogeneidad en el cuerpo de agua. La toma de muestra se realizó a contracorriente y a la mitad del río, desde los puentes que se encuentran en cada una de las estaciones de monitoreo, haciendo uso de lazos y cubetas de tal forma que la muestra fue tomada sobre la corriente. En el caso de la estación 5 "Balneario El Carrizal", la muestra de agua se tomó con una cubeta desde la canastilla de la estación hidrométrica de la CNA (FOTOGRAFÍA 15).

FOTOGRAFÍA 9
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN LA ESTACIÓN 5



- ✓ Con el objeto de conservar la muestra, inmediatamente después del muestreo, se adicionó 3 mL de ácido nítrico concentrado por litro de muestra, con el fin de obtener un $\text{pH} \geq 2$, con lo cual se fijan los metales en la muestra, se evita la adherencia de los mismos en las paredes de la botella y se evita la precipitación de los cationes de hierro y manganeso, los cuales pueden formar compuestos solubles en sus más bajos estados de valencia (reduciéndose) y compuestos relativamente insolubles en su estado de valencia más altos (oxidándose).

- ✓ Las botellas con las muestras se introdujeron en hieleras y se refrigeraron a 4.0 ± 1.0 °C.
- ✓ Se realizaron mediciones *in situ* (FOTOGRAFÍA 16) y se utilizaron tres registros básicos para las anotaciones de los parámetros y observaciones de campo: a) Bitácora de campo, b) Registro de campo y c) cadena de custodia.

FOTOGRAFÍA 10
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO



Una vez recolectada la muestra se determinó en campo los siguientes parámetros: temperatura ambiente, temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica.

b) MUESTREO DE SEDIMENTOS.

La determinación de los constituyentes en los sedimentos es importante para el monitoreo y evaluación de la distribución de contaminantes en los sistemas acuáticos.

Existen varias razones para analizar los sedimentos, en primer término, las partículas de grano fino y materia orgánica son acumuladores naturales de elementos traza y de orgánicos hidrofóbicos. Una gran fracción del total de la materia de estos constituyentes químicos esta asociada con los sedimentos de grano fino, incluyendo arcilla, cieno y partículas de carbón orgánico. Consecuentemente el agua potable puede contener cantidades pequeñas de estos constituyentes, pero los sólidos suspendidos y los sedimentos del lecho pueden contener concentraciones relativamente grandes.

En segundo término, la contribución de fuentes no puntuales de muchos de estos contaminantes puede ser intermitente o relacionado a las lluvias, por lo que se dificulta su determinación. Tercero, cuando se hace una combinación con los análisis de tejido biológico y concentración en sedimentos se obtiene una medición útil de la bioacumulación potencial de los elementos traza y de los orgánicos hidrofóbicos.

La concentración de los elementos traza en el lecho de las corrientes esta fuertemente relacionada con la distribución del tamaño de las partículas. Generalmente, la concentración de estos se incrementa cuando decrece el tamaño de las partículas.

Sin embargo, la concentración de compuestos orgánicos en el sedimento no se ve afectada por el tamaño de la partícula, pero sí probablemente por la concentración de materia orgánica.

- ✓ La estrategia para el muestreo de sedimentos fue recolectar muestras de los lechos, obteniendo sedimentos superficiales de grano fino durante condiciones de bajo flujo y realizando una muestra compuesta que se obtuvo de varias zonas. Esta estrategia fue diseñada para proveer una muestra representativa de sedimentos de grano fino.
- ✓ Primeramente se definió la "zona de sedimentación". Estas zonas incluyen áreas de curvas o cambios de dirección de la corriente, o presencia de obstáculos, tales como salientes, islas, bancos de arena o simplemente áreas cercanas a las orillas (FOTOGRAFÍA 11).
- ✓ Se trato de seleccionar zonas que representan las influencias aguas arriba y las variaciones del régimen de flujo, esto es, margen izquierdo, margen derecho, en el centro y a diferentes profundidades del agua. Esto aseguró que las muestras de sedimento fueran representativas de varios regímenes de flujo. Se realizaron muestreos cerca o agua debajo de puentes, pilares de los mismos y en zonas de detritos. Estas áreas proporcionaron grandes cantidades de sedimentos (FOTOGRAFÍA 17).
- ✓ Con la ayuda de cucharas de madera se recolectaron sedimentos, con ellos se pudo recoger capas delgadas de sedimentos superficiales depositados entre rocas y detritos en áreas de vadeo, existiendo un tirante de agua menor de 30 cm, además de que el flujo de la corriente era nulo o muy pequeño.

FOTOGRAFÍA 11
TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS EN LA ESTACIÓN 2



- ✓ Se tuvo especial cuidado de que los sedimentos finos no fueran lavados por la corriente al ser transportados al contenedor.

- ✓ También con ayuda de un nucleador de PVC de diámetro de 1.5", se recolecto material de grano fino en zonas sin disturbios. El nucleador fue introducido en el sedimento y removido del lecho, sin disturbios de la capa fina y con agua. Los nucleadores se utilizaron en zonas poco profundas.
- ✓ Cuando no existían zonas vadeables, se utilizó una draga, como alternativa de toma de muestra. La draga es un tipo de caja que se deposita en el fondo del lecho y es cerrada por medio de un mensajero a través de una cuerda. Para tomar el sedimento se abrieron las puertas de la draga y se decantó el agua, se evito tomar el sedimento cercano a las paredes de la draga con ayuda de un nucleador o una cuchara.

FOTOGRAFÍA 12
TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS UTILIZANDO UNA DRAGA EN LA ESTACIÓN 2 Y EN LA ESTACIÓN 6



- ✓ La utilización de la draga para extraer sedimentos se realizó en zonas no vadeables y de baja velocidad de corriente.
- ✓ En cada zona de sedimentación se realizaron varias muestras que se mezclaran con las otras zonas del mismo sitio y se anotó el número de muestras simples en la bitácora de campo.
- ✓ Los contenedores utilizados fueron frascos de plástico de boca ancha con capacidad de 1 kilo.

El transporte y manejo de las muestras se realizó con mucho cuidado de tal forma que no se produjeron derrames ni rupturas de frascos, así mismo las muestras colectadas fueron preservadas, y enviadas inmediatamente al laboratorio para su análisis, la recepción de las mismas se llevó a cabo dentro de la vigencia de las muestras.

1. RESULTADOS

Es importante mencionar que para determinar los resultados de campo y laboratorio, así como el procedimiento para la recolección de muestras se utilizaron diferentes procedimientos oficiales, los cuales se presenta en el siguiente cuadro:

**CUADRO 1
PROCEDIMIENTOS OFICIALES UTILIZADOS**

PARÁMETRO	NORMA	MÉTODO / TÉCNICA
Muestreo	NMX-AA-003-1980 (SCFI, 1980)	
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2000 (SCFI, 2000).	Visual / Termómetro
Oxígeno Disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001 (SCFI, 2001b)	Oximétrico
Conductividad Eléctrica	NOM-AA-93-1984 (SE, 2001c)	Conductivimétrico
pH	NMX-AA-008-SCFI-2000 (SE, 2001d).	Potenciométrico
Metales	NMX-AA-051-SCFI-2001 (SE, 2001a)	Digestión húmeda / EAA

Además para la metodología del muestreo se recurrió a bibliografía especializada (Armienta M. A., *et al* 1987; APHA, 1992; y CNA, 1993) y para la determinación de metales en sedimento se adoptaron los métodos especializados de diferentes autores (Thompson, 1978; Bradford *et al*, 1975; Miller y Mc Fee, 1983; Emmerich *et al*, 1982; Sposito *et al*, 1982; Soltanpour, 1991 y métodos establecidos por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos APHA, 1992).

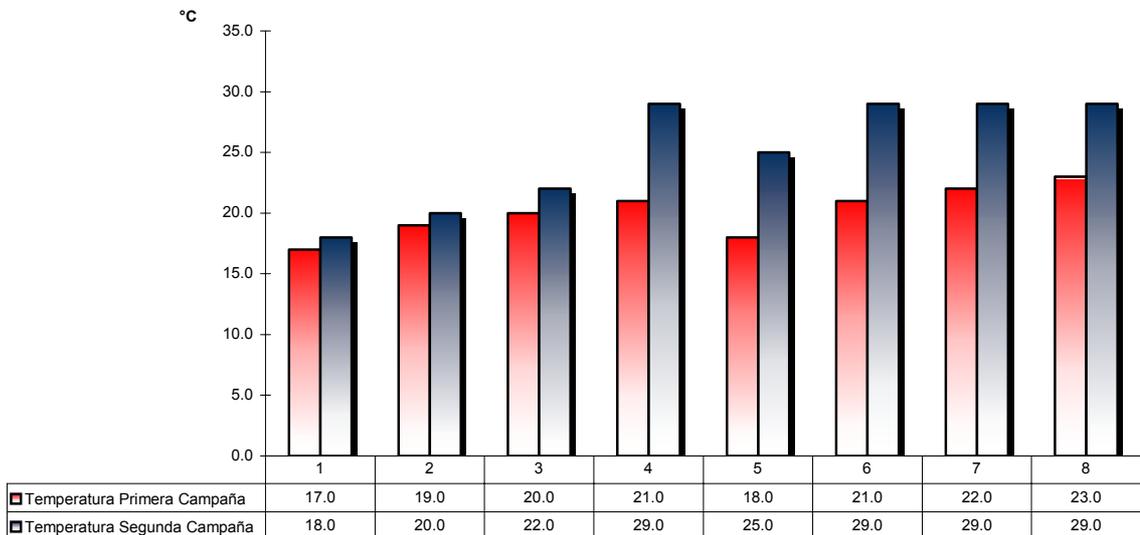
1.1 PARÁMETROS DE CAMPO

TEMPERATURA.

La importancia de la determinación de la temperatura se debe a la relación que guarda este parámetro con las reacciones químicas, el cambio en las propiedades físicas y con una mayor complejidad con las reacciones biológicas que se producen en el cuerpo de agua. Al aumentar la temperatura en las corrientes de agua, aumenta la velocidad de multiplicación bacteriana hasta un máximo de 28 °C, siempre y cuando el medio sea favorable y exista cantidad suficiente de alimento. Las altas temperaturas aumentan el metabolismo y la demanda de oxígeno de los organismos acuáticos, además de que la solubilidad de los gases disueltos en el agua disminuye.

Los valores de temperatura obtenidos en los sitios de muestreo se presentan en la FIGURA 7:

**FIGURA 1
TEMPERATURA EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO**

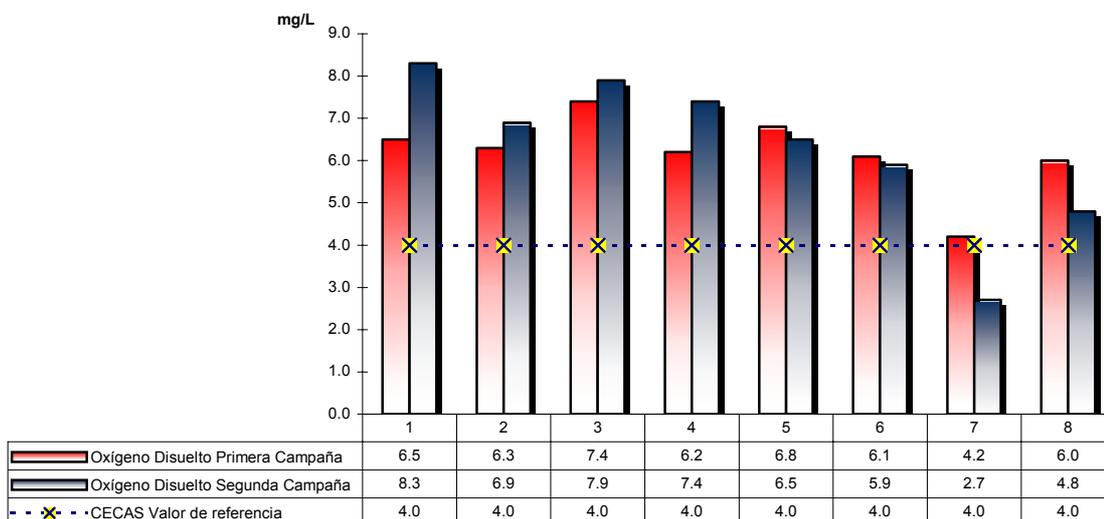


La temperatura es un parámetro de campo, que se determinó de inmediato en el sitio de muestreo debido a las variaciones durante su transporte. Con base a los resultados obtenidos en la FIGURA 7 se tiene que en el sitio 1 "La Pitaya" se presenta la temperatura más baja debido a que la muestra se recolectó en la temporada de invierno donde la temperatura ambiente tiene un promedio de 16.4 °C. Las temperaturas más altas se registraron en las estaciones 4, 6, 7 y 8 ("Jalcomulco", "Puente del "Ferrocarril Cardel", "Salmoral" y "Autopista"), con una temperatura de 29 °C., valor determinado principalmente por que las muestras se recolectaron en verano.

OXÍGENO DISUELTO.

Los valores de oxígeno disuelto obtenidos en los sitios de muestreo se presentan en la FIGURA 8:

FIGURA 2
OXÍGENO DISUELTO (mg/L) EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO



La presencia de oxígeno disuelto es deseable para mantener las condiciones aeróbicas de las aguas que reciben contaminantes, entre la que destaca la materia orgánica sujeta a descomposición como las grasas y aceites que consumen el oxígeno del agua.

La baja de solubilidad del oxígeno en el agua es el factor principal que limita la capacidad de auto purificación de las aguas naturales. Los niveles de oxígeno disuelto se pueden usar como indicadores de la contaminación excesiva por desechos, con base en la demanda de oxígeno de tales desechos y por consiguiente las bajas concentraciones de oxígeno se asociarán en general con aguas de mala calidad, mientras que en concentraciones altas se asociarán con aguas de buena calidad.

La determinación de este parámetro se realizó *in situ*. De todas las estaciones monitoreadas sólo la estación 7 "Salmoral", se encuentra por debajo de los límites mínimos establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del agua para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable; es importante mencionar que los mismos Criterios Ecológicos establecen como límite mínimo de 5 mg/L para el uso de Protección de la Vida Acuática.

Con respecto a los resultados se observa que en casi todas las estaciones se registra buenas concentraciones de oxígeno debido a que el río es agua corriente, la cual es sometida a aireación.

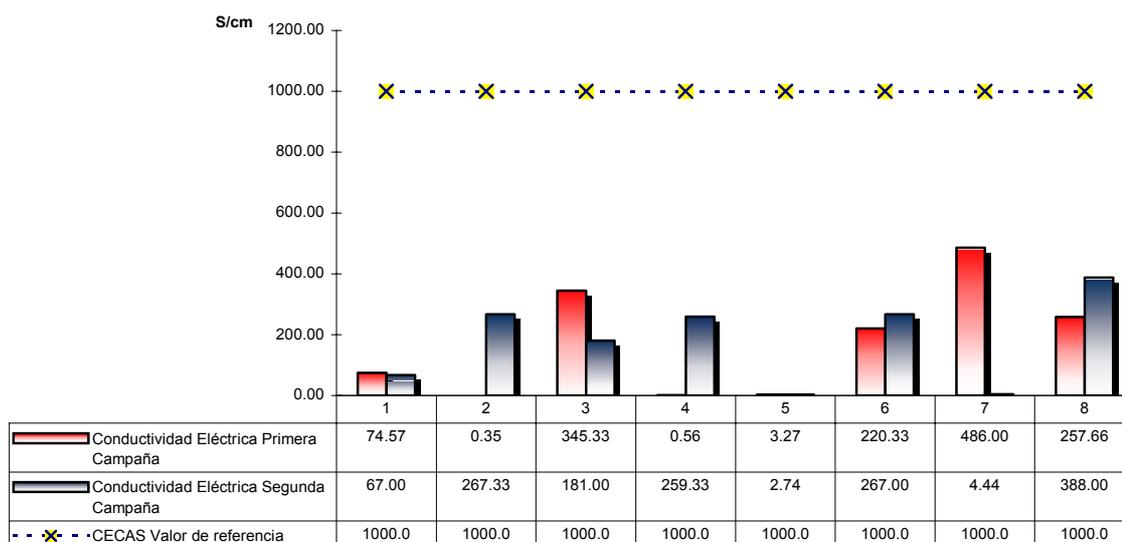
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

Este parámetro indica la capacidad de conducir energía eléctrica y esta relacionado con los sólidos ionizables en solución y con la salinidad, representa las concentraciones de los minerales disueltos en aguas y aguas residuales. Las concentraciones elevadas afectan a las plantas, animales y al hombre.

La conductividad eléctrica también se realizó *in situ* para evitar modificaciones por acción microbiana.

Los valores de conductividad eléctrica obtenidos en los sitios de muestreo se presentan en la FIGURA 9:

FIGURA 3
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$) EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO



Los límites máximos permisibles en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, indican un valor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para riego agrícola.

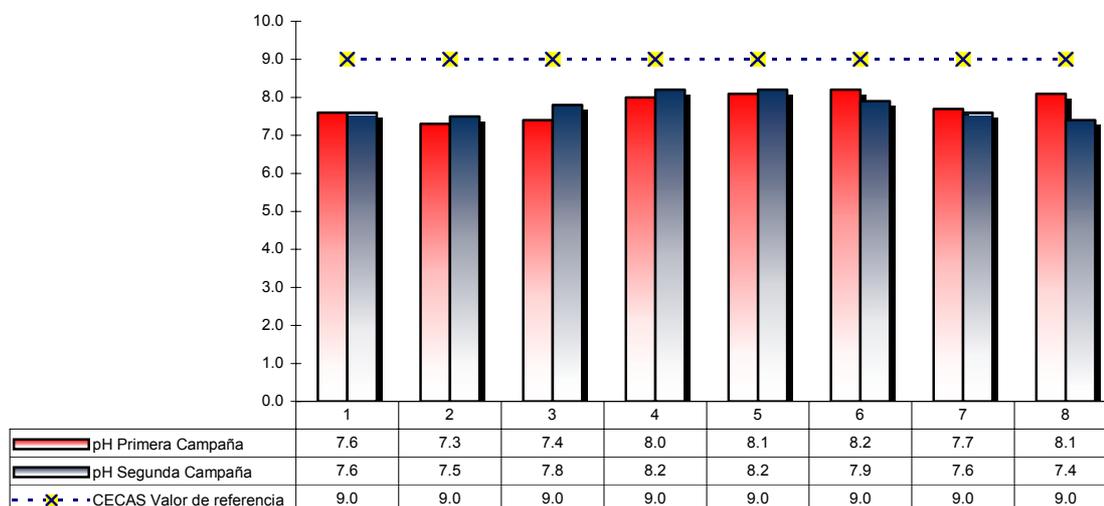
De las estaciones monitoreadas en la primera y segunda campaña se puede apreciar que sobre la corriente principal y los afluentes no se rebasa el límite permisible de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que son aptos para uso en riego agrícola. La estación con mayor conductividad es la estación 8 "Autopista" y se explica por la mezcla del río La Antigua con el agua de mar.

pH

El pH es un término que se usa para definir las condiciones de acidez o alcalinidad que se encuentran en una solución, indica la concentración de iones hidrógeno (H^+). Es un parámetro de fundamental importancia para la vida acuática, la salud pública, los procesos de tratamiento y los usos del agua; la alteración de pH en un ecosistema pueda causar la muerte a peces.

Los valores de pH obtenidos en los sitios de muestreo se presentan en la FIGURA 10:

FIGURA 4
pH EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO



Los límites máximos permisibles en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, indican un valor de 5 a 9 unidades de pH para abastecimiento de agua potable.

De las estaciones monitoreadas en la primera y segunda campaña se puede apreciar que todas de las estaciones sobre la corriente principal y los afluentes cumplen con el rango de valores establecidos en los límites máximos permisibles por lo que es apto para uso en abastecimiento de agua potable.

1.2 PARÁMETROS DE LABORATORIO

A continuación se presentan los resultados de metales pesados obtenidos para cada una de las estaciones de muestreo.

TABLA 1
ESTACIÓN 1: LA PITAYA, RÍO O AFLUENTE: RÍO PIXQUIAC (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.566
Ni	ND
Pb	0.024
Zn	0.001

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.083
Pb	0.075
Zn	0.008

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.06107
Cu	0.799
Cr	1.383
Fe	1.2
Ni	1.402
Pb	0.834
Zn	2.270

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.057
Cu	0.339
Cr	0.597
Fe	0.130
Ni	1.345
Pb	0.887
Zn	3.510

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 5
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 1

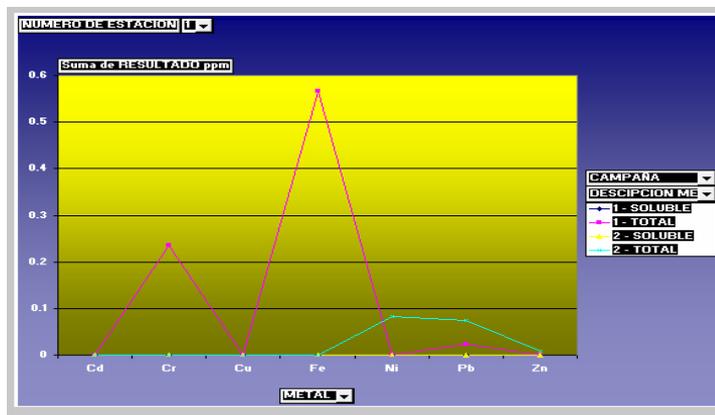


TABLA 2
ESTACIÓN 2: CONFLUENCIA, RÍO O AFLUENTE: CONFLUENCIA DEL RÍO PIXQUIAC Y RÍO SORDO (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.032
Cu	ND
Cr	0.054
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	0

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	0.054
Fe	ND
Ni	0.055
Pb	0.092
Zn	0.473

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.083
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.974
Ni	0.193
Pb	0.069
Zn	0.245

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.067
Cu	0.617
Cr	0.324
Fe	0.003
Ni	1.431
Pb	1.311
Zn	0.557

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.042
Cu	0.361
Cr	1.201
Fe	0.100
Ni	1.144
Pb	0.755
Zn	1.914

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.048
Cu	0.765
Cr	1.081
Fe	0.157
Ni	1.517
Pb	1.205
Zn	2.727

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 6
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 2

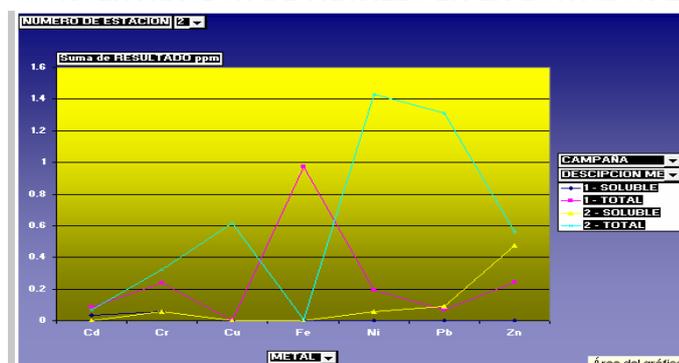


TABLA 3
ESTACIÓN 3: PTE LA ZOPILOTERA, RÍO O AFLUENTE: RÍO TILLEROS (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.0327
Cu	ND
Cr	0.054
Fe	ND
Ni	ND
Pb	0.039
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.083
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.505
Ni	ND
Pb	0.114
Zn	0.163

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.055
Pb	0.057
Zn	ND

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.029
Cu	0.824
Cr	0.326
Fe	0.210
Ni	0.083
Pb	1.179
Zn	2.526

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.0516
Cu	0.601
Cr	0.417
Fe	0.117
Ni	1.202
Pb	0.640
Zn	1.586

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 7
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 3

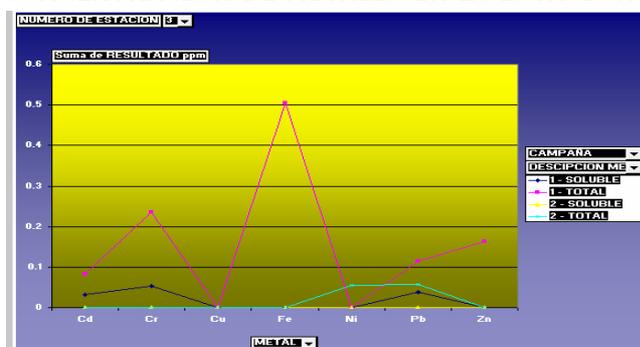


TABLA 4
ESTACIÓN 4: JALCOMULCO, RÍO O AFLUENTE: LA ANTIGUA (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.039
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.083
Cu	ND
Cr	ND
Fe	0.566
Ni	ND
Pb	1.415
Zn	ND

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.112
Pb	0.066
Zn	ND

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.048
Cu	0.417
Cr	0.417
Fe	0.121
Ni	1.431
Pb	0.587
Zn	1.655

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.039
Cu	0.439
Cr	0.779
Fe	0.118
Ni	1.116
Pb	0.552
Zn	2.124

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 8
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 4

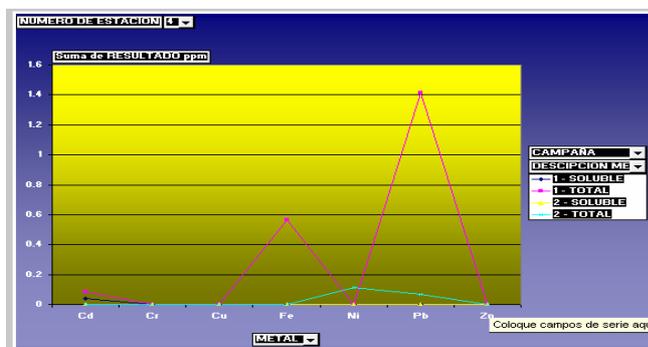


TABLA 5
ESTACIÓN 5: BALNEARIO EL CARRIZAL, RÍO O AFLUENTE: LA ANTIGUA (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.039
Cu	ND
Cr	0.145
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	0.409

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.083
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.536
Ni	0.002
Pb	0.101
Zn	ND

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.048
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.083
Pb	0.092
Zn	0.547

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.018
Cu	0.327
Cr	0.356
Fe	0.110
Ni	1.689
Pb	0.569
Zn	1.479

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.045
Cu	0.5
Cr	0.9
Fe	0.119
Ni	1.431
Pb	0.940
Zn	2.259

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 9
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 5

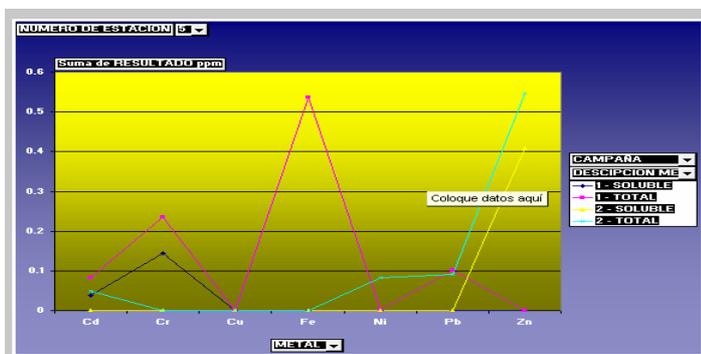


TABLA 6
ESTACIÓN 6: PTE. FERROCARRIL DE CARDEL, RÍO O AFLUENTE: LA ANTIGUA (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.042
Cu	ND
Cr	0.054
Fe	ND
Ni	ND
Pb	0.066
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.12
Cu	ND
Cr	0.417
Fe	0.434
Ni	0.020
Pb	0.114
Zn	ND

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.055
Pb	0.092
Zn	ND

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.015
Cu	0.253
Cr	0.236
Fe	0.117
Ni	1.259
Pb	0.410
Zn	1.444

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.042
Cu	0.233
Cr	0.960
Fe	0.073
Ni	0.599
Pb	34.958
Zn	3.616

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 10
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 6

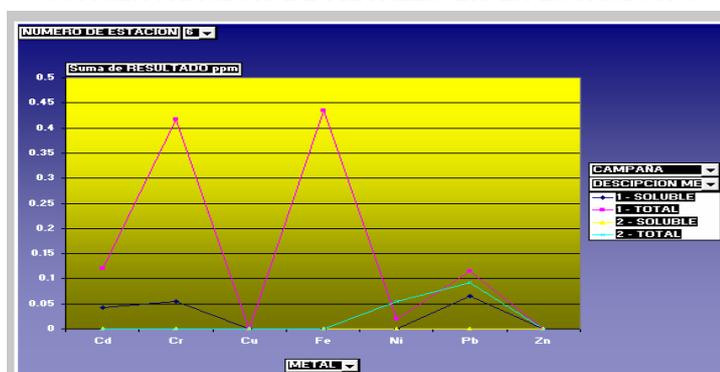


TABLA 7
ESTACIÓN 7: SALMORAL, RÍO O AFLUENTE: SAN JUAN (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.045
Cu	ND
Cr	0.175
Fe	ND
Ni	ND
Pb	0.066
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.063
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.434
Ni	0.073
Pb	0.159
Zn	0.001

Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.029
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.055
Pb	0.172
Zn	ND

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.015
Cu	0.413
Cr	0.537
Fe	0.129
Ni	1.116
Pb	0.887
Zn	1.899

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.039
Cu	0.545
Cr	0.598
Fe	0.114
Ni	1.030
Pb	6.769
Zn	3.184

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 11
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 7

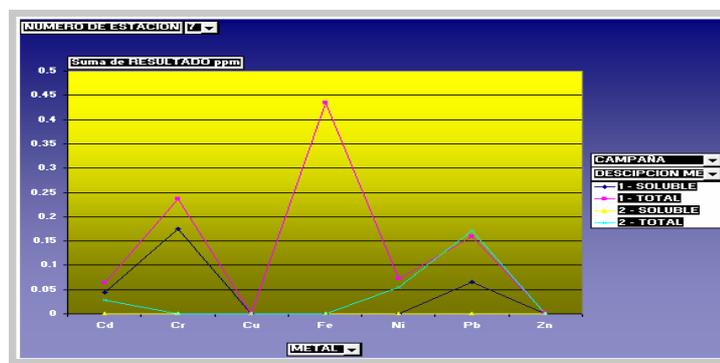


TABLA 8
ESTACIÓN 8: AUTOPISTA, RÍO O AFLUENTE: LA ANTIGUA (ppm)

Agua Metales Solubles 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.483
Cu	ND
Cr	0.054
Fe	ND
Ni	ND
Pb	0.039
Zn	ND

Agua Metales Solubles 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	ND
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	ND
Pb	ND
Zn	ND

Agua Metales Totales 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	1.2
Cu	ND
Cr	0.236
Fe	0.505
Ni	0.088
Pb	0.069
Zn	ND

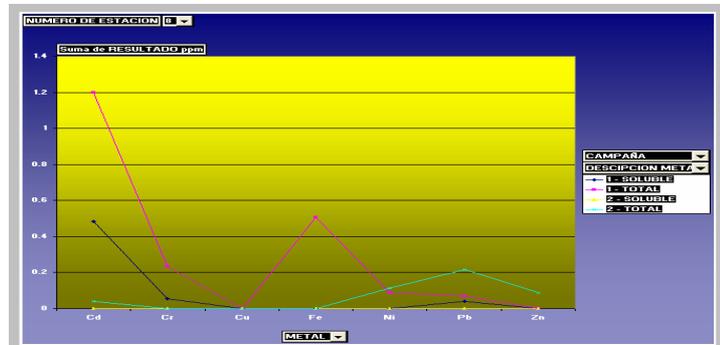
Agua Metales Totales 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.039
Cu	ND
Cr	ND
Fe	ND
Ni	0.112
Pb	0.216
Zn	0.087

Sedimento 1ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.018
Cu	0.433
Cr	0.598
Fe	0.152
Ni	1.044
Pb	0.304
Zn	1.789

Sedimento 2ª Campaña	
Metal	Resultado de Concentración del Metal
Cd	0.051
Cu	0.601
Cr	0.417
Fe	0.117
Ni	1.202
Pb	0.640
Zn	1.586

ND: NO DETECTABLE BAJO LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

FIGURA 12
CONCENTRACIÓN DE METALES EN LA ESTACIÓN 8



1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Respecto a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), cabe resaltar que existen valores límites permisibles como es el caso de Protección de Vida Acuática; Uso Recreativo con Contacto Primario, Uso Pecuario y que en la TABLA 20 no se citan debido a que no presentan valores para los metales analizados en este trabajo. Los valores de las concentraciones del análisis de las muestras de agua, así como los valores de referencia de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) se muestran en la TABLA 20, indicando si se trata de Metales Solubles o Metales Totales.

TABLA 1
VALORES OBTENIDOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE

METAL	FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (A)	RIEGO AGRICOLA (B)	PRIMERA CAMPAÑA								SEGUNDA CAMPAÑA							
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
			CADMIO	0.01	0.01	0	0.032 (A,B)	0.327 (A,B,C,F,G)	0.30 (A,B,C,F,G)	0.38 (A,B,C,F,G)	0.042 (A,B)	0.045 (A,B)	0.483 (A,B,C,D,F,G)	0	0	0	0	0
COBRE	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CROMO	0.05	1	0	0.054 (A)	0.054 (A)	0	0.145 (A,B)	0.054 (A)	0.175 (A,B)	0.054 (A)	0	0.054 (A)	0	0	0	0	0	0
FIERRO	0.3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIQUEL	0.01	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.055 (A)	0	0	0	0	0	0
PLOMO	0.05	5	0	0	0.039	0	0	0.066	0.066	0.039	0	0.092	0	0	0	0	0	0
ZINC	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.473	0	0	0	0.409	0	0

METAL	FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (A)	RIEGO AGRICOLA (B)	METALES TOTALES															
			ESTACION															
			PRIMERA CAMPAÑA								SEGUNDA CAMPAÑA							
VALOR DEL CRITERIO ECOLOGICO DE CALIDAD DEL AGUA	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		
CADMIO	0.01	0.01	0	0.083 (A,B)	0.083 (A,B)	0.083 (A,B)	0.083 (A,B)	0.12 (A,B,E,G)	0.063 (A,B)	1.3 (A,B,C,D,E,F,G,H,I)	0	0.067 (A,B)	0	0	0.048 (A,B)	0	0.029 (A,B)	0.039 (A,B)
COBRE	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CROMO	0.05	1	0.236 (A,B)	0.236 (A)	0.236 (A)	0	0.236 (A)	0.417 (A)	0.236 (A)	0.236 (A)	0	0.324 (A)	0	0	0	0	0	0
FIERRO	0.3	5	0.598 (A)	0.574 (A)	0.595 (A)	0.599 (A)	0.536 (A)	0.434 (A)	0.434 (A)	0.595 (A)	0	0.003	0	0	0	0	0	0
NIQUEL	0.01	0.2	0	0.193 (A)	0	0	0.002	0.02 (A)	0.073 (A)	0.088 (A)	0.083 (A)	1.431 (A,B)	0.055 (A)	0.112 (A)	0.083 (A)	0.055 (A)	0.055 (A)	0.112 (A)
PLOMO	0.05	5	0.024	0.069 (A)	0.114 (A)	1.415 (A,E,G)	0.101 (A)	0.114 (A)	0.159 (A)	0.069 (A)	0.075 (A)	1.311 (A,E,G)	0.057 (A)	0.066 (A)	0.092 (A)	0.092 (A)	0.172 (A)	0.218 (A,E,G)
ZINC	5	2	0.001	0.245	0.193	0	0	0	0.001	0	0.008	0.557	0	0	0	0.547	0	0
FUERA DE CECA	REBASA CECA Y NOM-001-SEMARNAT-1996																	

De acuerdo a los criterios definidos por los CECA se presenta un incumplimiento en la mayor parte de las dos campañas.

A continuación, se describirán los resultados presentados en las dos campañas, refiriéndonos a aquellas estaciones donde solamente se rebaso el LMP en los CECA.

CADMIO.

Metales Solubles.

Para el Cadmio, los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y para Riego Agrícola indican un LMP de 0.01, como se puede observar en la TABLA 20, se aprecia que las estaciones (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) no cumplen con lo establecido durante la primera campaña.

Respecto a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), cabe resaltar que existen valores límites permisibles como es el caso de Protección de Vida Acuática; Uso Recreativo con Contacto Primario, Uso Pecuario y que en la TABLA 20 no se citan debido a que no presentan valores para los metales analizados en este trabajo. Los valores de las concentraciones del análisis de las muestras de agua, así como los valores de referencia de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) se muestran en la TABLA 20, indicando si se trata de Metales Solubles o Metales Totales.

Para la segunda campaña no se rebasó ningún criterio establecido por los CECA.

Metales Totales.

Durante la primera campaña, al igual los metales solubles, siete estaciones rebasaron los límites determinados por los CECA (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8); pero con 4 estaciones durante la segunda campaña (2, 5, 7, 8).

De acuerdo a los valores que se tienen reportados históricamente los valores mostrados para este metal a lo largo del trayecto del río no muestran variación significativa comparadas con estudios realizados por la CNA (CNA, 2001) (0.005 mg/L), puesto que los resultados obtenidos son tan solo de 0.045 mg/L, el valor más alto, por lo que no ha presentado gran variación históricamente, aunque debe señalarse que supera los CECA.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.01576 mg/L hasta 0.06108 mg/L la mayor concentración de este metal es en la primera estación de muestreo la cual es: La Pitaya del Río Pixquiac.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.03901 mg/L hasta 0.05793 mg/L.

Según la Organización mundial para la Salud (OMS, 1995), se ha demostrado que la ingestión cotidiana durante periodos largos con 0.47 mg/L no provoca alteraciones; sin embargo, concentraciones de 10 a 35 µg/L son tóxicas para ciertos peces. Para el humano las concentraciones peligrosas son de 1 mg/L (OMS, 1995)

COBRE.

Metales Solubles.

Para el Cobre, los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y para Riego Agrícola indican un LMP de 1 y 0.2 mg/L respectivamente, como se puede observar ninguna estación rebasa los LMP determinados por los CECA.

Metales Totales.

En cuanto a los Metales Totales en el caso del Cobre, solo la estación 2 en la segunda campaña, rebasa los LMP de los CECA en este caso en Público Urbano.

Los valores obtenidos para este metal presentan una variación positiva puesto que sus valores obtenidos están por debajo de los valores reportados por la CNA en estudios anteriores; ya que en el presente estudio no se detectaron concentración alguna, no obstante en una sola estación (2) su valor fue de 0.617, por lo que supera el valor histórico.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.253 mg/L hasta 0.824 mg/L la mayor concentración de este metal es en la primera estación de muestreo la cual es "La Pitaya".

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.233 mg/L hasta 2.278 mg/L. Presentándose la mayor concentración en la estación 3 que es: Puente La Zopilotería, Río Tilleros.

Dado que aún persiste la incertidumbre sobre la toxicidad de Cu para los seres humanos, el valor guía se considera provisional e igual a 2 mg/L (OMS, 1995).

El Cu no representa un problema de salud en el agua si tiene las concentraciones comunes, pero le imparte un sabor desagradable y la colorea a partir de 1 a 5 mg/L. De hecho se requieren trazas de este elemento para un metabolismo normal del cuerpo, el cual requiere aproximadamente 2 mg por día.

Dentro de los resultados, solamente una estación rebasa los valores antes mencionados y usados como referencia del intacto que podrían tener sobre el organismo humano. La estación es la estación 3 que es: Puente La Zopilotería, Río Tilleros.

CROMO.

Metales Solubles.

Para la primera campaña las estaciones 2, 3, 5, 6, 7 y 8 están fuera de norma en los CECA y en la segunda campaña solo la estación 2 se encuentra fuera de norma para los mismos criterios.

Los valores obtenidos para este metal se encuentran por arriba de los reportados históricamente, así como en los CECA que también son rebasados, esto en todas las estaciones de la primera campaña de muestreo, en cambio la segunda campaña se encuentra con valores iguales a cero.

Metales Totales.

Durante la primera campaña, solo la estación 4 no rebasa los CECA, las demás se encuentran fuera de norma, incluso la estación testigo. En la segunda campaña solo la estación 2 se encuentra fuera de Norma CECA.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.236 mg/L hasta 1.383 mg/L la mayor concentración de este metal es en la primera estación de muestreo la cual es: La Pitaya del Río Pixquiac.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.417 mg/L hasta 1.081 mg/L. presentándose la mayor concentración en la estación 2 que es: La Confluencia, Río Pixquiac y Río Sordo.

La toxicidad del cromo es función de su estado de oxidación; el cromo trivalente no es tóxico, el hexavalente sí lo es.

Por los niveles de cromo que se presentan durante la primera campaña, solo cuatro estaciones (3, 4, 5, 6), no rebasan los LMP de acuerdo a los valores establecidos por los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA). Durante la segunda campaña, solo la estación 8 está por debajo de los LMP establecidos por los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Se citan los CECA solo como regencia ya que no existe Norma Oficial Mexicana que establezca LMP para Metales en Sedimento.

FIERRO.

Metales Solubles.

En la 1ª y 2ª campaña, se encuentran dentro de los CECA.

Metales Totales.

Durante la primera campaña las 8 estaciones rebasan los LMP establecidos por los CECA, exclusivamente como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable. Durante la 2ª campaña se encuentran dentro de los CECA.

Este metal no se tiene valor reportado en los estudios realizados por la CNA, no obstante sus valores al compararlos con los CECA, rebasan los límites máximos permisibles.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.083 mg/L hasta 0.152 mg/L la mayor concentración de este metal es en la estación 8 la cual es: Autopista, Río La Antigua.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.073 mg/L hasta 0.157 mg/L. presentándose la mayor concentración en la estación 2 que es: La Confluencia, Río Pixquiac y Río Sordo.

NIQUEL.

Metales Solubles.

Solo se rebasaron los LMP en la 2ª Campaña y en la segunda estación, para los CECA.

Metales Totales.

Durante la primera campaña las estaciones 2, 6, 7 y 8 se encuentran fuera de norma para los CECA, como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable. En cuanto a la segunda campaña, las 8 estaciones rebasaron lo permitido por los CECA, estos como Fuente Abastecimiento de Agua Potable y la estación dos también como Riego Agrícola.

Los valores obtenidos en el presente estudio comparados con estudios anteriores muestran una alza significativa, puesto que en los valores obtenidos en el presente estudio son superiores.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.958 mg/L hasta 1.689 mg/L la mayor concentración de este metal es en la estación 5 la cual es: Balneario El Carrizal, Río La Antigua.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.599 mg/L hasta 1.517 mg/L presentándose la mayor concentración en la estación 2 que es: La Confluencia, Río Pixquiac y Río Sordo.

Aunque el Níquel puede ser considerado como un micronutriente para la mayoría de los organismos, pero en cantidades excesivas ejercen efectos tóxicos, en los animales, los cuales pueden provocar dermatitis y desordenes respiratorios, incluido cáncer de pulmón después de la inhalación.

La OMS(1995) propone un valor guía basado en criterios sanitarios de 0.02 mg/L, que debería proporcionar protección suficiente para las personas sensibles al níquel (Jiménez, 2002) y como podemos observar en los resultados de Níquel, todas las estaciones se encuentran por encima de este valor.

PLOMO.

Metales Solubles.

Durante la primera y segunda campaña todas las estaciones se encuentran dentro de los CECA.

Metales Totales.

Las estaciones 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, se encuentran fuera de norma para los CECA; en la segunda campaña las 8 estaciones rebasan los LMP para los CECA.

Este metal históricamente a presentado una alza en su trayecto a lo largo del río, pues al comparar sus resultados con los históricos así lo demuestran, por lo que también son superiores con los CECA.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 0.304 mg/L hasta 1.179 mg/L la mayor concentración de este metal es en la estación 6 la cual es: Puente Ferrocarril de Cardel, Río La Antigua.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 0.552 mg/L hasta 34.958 mg/L. presentándose la mayor concentración en la estación 3 que es: Puente La Zopilotea, Río Tilleros.

ZINC.

El zinc no se encuentra fuera de norma en los metales solubles y totales, para ninguna de las dos campañas.

Los valores obtenidos para este metal presentan variaciones en algunas estaciones muy significativa, comparadas con las históricas, no obstante cumple con los máximos permisibles por los CECA.

Sedimento.

Durante la primera campaña se presentaron valores en sedimento que van desde 1.444 mg/L hasta 2.526 mg/L la mayor concentración de este metal es en la estación 3 que es: Puente La Zopilotea, Río Tilleros.

En lo que respecta los valores de la segunda campaña las concentraciones se ven aumentadas ya que los valores van de 1.586 mg/L hasta 3.763 mg/L. presentándose la mayor concentración en la estación 3 que es: Puente La Zopilotea, Río Tilleros.

La OMS llegó a la conclusión de que no es necesario establecer un valor guía basado en criterios sanitarios. No obstante, el agua para beber que contiene Zn en concentraciones superiores a 3 mg/L puede no ser aceptada por los consumidores, pues valores superiores a 5 mg/L le dan un valor astringente, apariencia iridiscente y produce una película grasosa cuando hierve (Jiménez, 2002).

1. CONCLUSIONES

En este apartado se hace mención del uso que pueden tener las diferentes estaciones de muestreo, de acuerdo a los resultados obtenidos.

ESTACIÓN 1 LA PITAYA (RÍO PIXQUIAC).

1. De acuerdo a los resultados presentados en la TABLA 20 en esta zona de muestreo, si se toman en cuenta los Criterios Ecológicos del Agua en sentido estricto; a esta parte del río, no se le puede usar como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable ni para Riego.
2. Respecto a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), cabe resaltar que existen valores límites permisibles como es el caso de Protección de Vida Acuática; Uso Recreativo con Contacto Primario, Uso Pecuario y que en la TABLA 20 no se citan debido a que no presentan valores para los metales analizados en este trabajo. Los valores de las concentraciones del análisis de las muestras de agua, así como los valores de referencia de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) se muestran en la TABLA 20, indicando si se trata de Metales Solubles o Metales Totales.
3. Esta estación se eligió como testigo, considerando que no presentaría contaminación, sin embargo solo presenta problemas para Cromo, Hierro, Níquel y Plomo. VER **ESPACIOMAPA**.

ESTACIÓN 2 CONFLUENCIA (CONFLUENCIA DEL RÍO PIXQUIAC Y SORDO).

4. Dicha estación de muestreo, presenta la confluencia de dos ríos, el Pixquiatic y el Sordo, estas aguas traen descargas de tipo Industriales y Municipales. Aquí se puede observar una mayor variedad de contaminantes (metales pesados).
5. Basándonos en los resultados obtenidos en la identificación de metales pesados en esta zona, podemos decir que de acuerdo a los CECA, se le puede dar un uso para Riego Agrícola.

ESTACIÓN 3 PUENTE LA ZOPILOTERA (RÍO TILLEROS).

6. Si tomamos en cuenta los CECA este río presenta problemas para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable debido a la presencia de los metales siguientes: Cadmio, Cromo, Hierro, Plomo y Níquel.
7. Es de entenderse que esta estación presente valores por arriba de los límites permitidos, ya que recibe aguas industriales, municipales y de servicio de la ciudad de Xalapa y Coatepec.

ESTACIÓN 4 JALCOMULCO (RÍO LA ANTIGUA).

8. Durante el periodo de estiaje se presentó una mayor concentración de metales que se encuentran fuera de norma para los CECA, entre ellos está el Cadmio, Hierro y Plomo. Durante el periodo de estiaje, no es recomendable darle el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable.
9. A diferencia del periodo de estiaje, durante la temporada de lluvias, el único uso que no se le puede dar al río es el de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable. Cabe resaltar que durante casi la mayor parte del año, en esta zona se realiza la actividad recreativa de Rafting.

ESTACIÓN 5 BALNEARIO EL CARRIZAL (RÍO LA ANTIGUA).

10. Esta estación presenta niveles superiores a los LMP, por la presencia de Cadmio, Cromo, Hierro, Plomo y Níquel, en cuanto a lo determinado por los CECA.

ESTACIÓN 6 PUENTE DEL FERROCARRIL CARDEL (RÍO LA ANTIGUA).

11. En cuanto a los CECA, se encuentra fuera de norma para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y Riego Agrícola esto durante la temporada de estiaje. Por otro lado podemos decir que para la temporada de lluvia, la estación solo se limita a no tener el uso como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable.

ESTACIÓN 7 SALMORAL (RÍO SAN JUAN).

12. Esta estación se encuentra fuera de norma para los LMP establecidos por los CECA, en Fuente de Abastecimiento de Agua Potable y Riego agrícola.

ESTACIÓN 8 AUTOPISTA (RÍO LA ANTIGUA).

13. La estación Autopista es casi la desembocadura del Río La Antigua al Golfo de México, los metales que se encontraron fuera de norma y que rebasan los LMP de los CECA son: Cadmio, Cromo, Hierro, Níquel y Plomo, debido a estos datos, en esta zona el río no puede tener ningún uso de acuerdo a lo establecido por los CECA.
14. De manera general podemos mencionar que el río, en todas sus estaciones presenta algún problema con metal fuera de norma, por ejemplo: la estación que menos problema presentó fue la N° 1 (La Pitaya).
15. Por otra parte durante el periodo de lluvias, los usos del río en sus diferentes estaciones, cambian y lo hace más flexible para su aprovechamiento, ya que la cantidad de contaminantes es menor.

Respecto a los sedimentos se encontró que la concentración de contaminantes presenta la siguiente distribución $Pb < Zn < Cu < Ni < Cr < Fe < Cd$.

VER **ESPACIOMAPA**.

2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo establecido en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), para el caso de Protección de la Vida Acuática (PVA), no se pudieron establecer los límites máximos permisibles por que se debe de calcular de acuerdo a las ecuaciones establecidas en las notas correspondientes a cada parámetro en donde se debe utilizar la dureza total como parámetro de referencia.

1. Por lo que se recomienda establecer un programa de monitoreo tal y como lo establece los CECA donde se deben de tomar muestras durante cuatro días, donde el valor promedio no debería de exceder más de una vez cada tres años el valor numérico obtenido a través del cálculo haciendo uso de las ecuaciones.
2. Realizar muestreos compuestos en las descargas industriales de la cuenca para poder determinar los metales generados por las diferentes industrias y poder comparar los resultados con la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Por otra parte, de acuerdo a los estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, se recomienda un saneamiento integral de la cuenca hidrológica que incluya los elementos que se mencionan a continuación:

3. Establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales en las ciudades de Xalapa y Coatepec, que contaminan los ríos Sordo, Pixquiac y Los Pintores.
4. Proponer sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales para los pequeños poblados localizados en la ribera del río La Antigua y sus afluentes. La capacidad de las plantas de tratamiento municipales deben corresponder al volumen actual de las aguas residuales generadas.
5. Para las industrias en la región que descargan al Río la Antigua y sus afluentes se debe implementar un programa especial por parte de las autoridades correspondientes para que mediante la implementación de las Condiciones Particulares de Descarga se haga cumplir la normatividad vigente.
6. Incentivar la optimización de las plantas de tratamiento existentes a fin de minimizar considerablemente la carga de contaminantes, con especial interés en aquellos que sean tóxicos a la salud. Además de capacitar a los operadores para lograr mayor eficiencia en la operación de las mismas.
7. Monitorear periódicamente las aguas destinadas para el riego agrícola, las cuales deben cumplir con la normatividad vigente para evitar que se generen problemas a la salud pública.
8. Promover la participación de los diferentes sectores de la sociedad para el saneamiento de la cuenca, realizando campañas concientización ciudadana en relación con la cultura del agua.

1. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo establecido en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), para el caso de Protección de la Vida Acuática (PVA), no se pudieron establecer los límites máximos permisibles por que se debe de calcular de acuerdo a las ecuaciones establecidas en las notas correspondientes a cada parámetro en donde se debe utilizar la dureza total como parámetro de referencia.

1. Por lo que se recomienda establecer un programa de monitoreo tal y como lo establece los CECA donde se deben de tomar muestras durante cuatro días, donde el valor promedio no debería de exceder más de una vez cada tres años el valor numérico obtenido a través del cálculo haciendo uso de las ecuaciones.
2. Realizar muestreos compuestos en las descargas industriales de la cuenca para poder determinar los metales generados por las diferentes industrias y poder comparar los resultados con la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Por otra parte, de acuerdo a los estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, se recomienda un saneamiento integral de la cuenca hidrológica que incluya los elementos que se mencionan a continuación:

3. Establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales en las ciudades de Xalapa y Coatepec, que contaminan los ríos Sordo, Pixquiac y Los Pintores.
4. Proponer sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales para los pequeños poblados localizados en la ribera del río La Antigua y sus afluentes. La capacidad de las plantas de tratamiento municipales deben corresponder al volumen actual de las aguas residuales generadas.
5. Para las industrias en la región que descargan al Río la Antigua y sus afluentes se debe implementar un programa especial por parte de las autoridades correspondientes para que mediante la implementación de las Condiciones Particulares de Descarga se haga cumplir la normatividad vigente.
6. Incentivar la optimización de las plantas de tratamiento existentes a fin de minimizar considerablemente la carga de contaminantes, con especial interés en aquellos que sean tóxicos a la salud. Además de capacitar a los operadores para lograr mayor eficiencia en la operación de las mismas.
7. Monitorear periódicamente las aguas destinadas para el riego agrícola, las cuales deben cumplir con la normatividad vigente para evitar que se generen problemas a la salud pública.
8. Promover la participación de los diferentes sectores de la sociedad para el saneamiento de la cuenca, realizando campañas concientización ciudadana en relación con la cultura del agua.

1. REFERENCIAS

- Albert A., 1995. Toxicología Ambiental. 2da. Edición. Editorial Limusa. México. pp. 105-172.
- Alloway B. J., 1990. Heavy metals in soils. Blackie. John Wiley & Sons, N. Y. E. U. A. pp 111-121.
- APHA, AWWA, WPCF., 1992. Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18a Edición. E. U. A. Consulta de datos de interés.
- Armienta M. A., Zamora V. y Juárez F., 1987. Manual para el análisis químico de aguas naturales, en el campo y en el laboratorio. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria México, D. F. 85 pp.
- Arteaga Mejía M., Castillo Granada L., 2000. Fundamentos y aplicaciones de la espectrofotometría de absorción atómica. F. E. S. Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 90 pp.
- Baltazar Cruz G. y Torres López Elizabeth, 2002. Pruebas de desempeño para la cuantificación de Cd, Co, Cr, Ni, y Pb por espectrofotometría de absorción atómica. Tesis de licenciatura. F. E. S. Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 127 pp.
- Barceló J. y Poschenrier C., 1989. Estrés vegetal inducido por metales pesados. Investigación y Ciencia, (154): pp.54-63.
- Berder G., 1992 Métodos instrumentales de análisis en química clínica. España: Editorial Acribia S. A., pp 130.
- Bermejo M. F., 1990. Química analítica general. Sexta Edición. Vol. 2. Editorial Praninfo S. A. España. 1300 pp.
- Boullock, H. A. Mooney y E. Medina, 1995. Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Cambridge, England.
- Bradford G.R., A.L. Page, J.L. Lund y W. Olmstead. 1975. Trace elements concentrations of sewage treatment plant effluents and sludges: Their interactions with soil and uptake by plants. J. Environ. Qual. 4:123-127.
- Carson, B.; Harry, V. and Joy, L., 1986. Toxicology and Biological Monitoring of metals in human. Lewis Publisher. Inc. Michigan U.S.A. pp 59-229.
- Ceballos G., G. y Galindo L. C. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. Editorial Limusa, México. 299 pp.
- CNA, 1993. Manual de procedimientos para muestreo, mediciones de campo y visita de inspección de aguas y aguas residuales. Comisión Nacional del Agua. Primera versión.

CNA, 1997. Estudio de Calidad del agua "Río Los Pescados y Afluentes". Comisión Nacional del Agua. México. Pp .245.

CNA, 1998. Estudio de Calidad del Agua del Río Los Pescados. Comisión Nacional del Agua. México. Pp .300.

CNA-IMTA. 1998. Estudio de Indicadores Biológicos en el Río Los Pescados, Ver. Comisión Nacional del Agua – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

CNA, 2001. Estudio de Calidad del agua "Río La Antigua y Afluentes". Comisión Nacional del Agua. México.

CNA, 2005. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Comisión Nacional del Agua. México.

CONAGUA, 2006. La Gestión del Agua en México. Avances y retos. Comisión Nacional del Agua México, 241 pp.

CONABIO, 2002. Regiones Hidrológicas y Terrestres Importantes por su Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Diario Oficial de la Federación, D.O.F. Miércoles 13 de Febrero de 2002. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.

Diario Oficial de la Federación, D. O. F. 13 de diciembre de 1989. ACUERDO por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. México.

Duffus H. 1983. Toxicología ambiental. Ed. Omega, España. pp. 88-93.

Emmerich, W.E., L.J. Lound, A. L. Page y A.C. Chang. 1982. Predicted solution phase forms of heavy metals in sawage sludge-treated soils. J. Environ. Qual. 11:182-186.

Fassebender W. H., 1987. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª. Edición., Iica., Costa Rica. pp. 389-390.

Gamrasni A. M., 1985. Aprovechamiento agrícola de aguas negras urbanas. Limusa, México. pp. 98-103.

Gary D. CH., 1991. Química analítica. Segunda edición. Editorial Limusa. México D. F. 513 pp.

Goodman y Gilman., 1990. Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. 7ma. Edición. Editorial Panamericana, México. pp. 1243.

Gómez-Pompa A. 1977. Ecología de la Vegetación del Estado de Veracruz. Compañía Editorial Continental. México DF.90 pp.

Gradwohl. P. K., 1986. Métodos y Diagnósticos del Laboratorio Clínico. 8 va Edición. Médica Panamericana, Tomo I. Argentina. pp. 342-344.

Guzmán Herrera G. 1995. Disponibilidad de agua Superficial en la cuenca del río La

Antigua. Tesis profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.

Harryson. H. O., 1986. Principios de Medicina Interna. 6ª Edición. McGraw Hill. Vol. 2, México. pp. 55-60.

INEGI, 1988. Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Gobierno del Estado de Veracruz. México. 62 pp.

INEGI, 2000. Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Resultados Definitivos. XII Censo General de Población. México. Disco Electrónico.

INEGI, 2001. Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística (SIIGE). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Disco Electrónico Versión 1.00.00.

INEGI, 2002. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz-Llave. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI-Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. México pp 475.

INEGI, 2002a. Carta Geológica Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002b. Carta Edafológica Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002c. Carta Agricultura y Vegetación Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002d. Carta Topográfica Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002e. Carta Hidrología Subterránea Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002f. Carta Hidrología Superficial Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002g. Carta Efectos Climáticos Regionales Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2002h. Carta Espaciomapa Esc. 1:250,000. Hoja Veracruz, Clave E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Jiménez C. B. E., 2002. La contaminación ambiental de México. Ed. Limusa-Colegio de Ingenieros Ambientales de México-Instituto de Ingeniería UNAM. México. pp. 47-65.

Katzung G. B., 1986. Farmacología Básica y Clínica. El Manual Moderno, México. pp. 759.

Lehninger, L. A., 1996. Principios de Bioquímica. Omega, España. pp. 780.

López P. M., 1980. Manual de procedimientos técnicos. Secretaria de Salud y Asistencia.

México. pp. 1-144.

López B. R., 2000. Evaluación de Cd, Co, Cr, Ni, y Pb en el agua residual del río Atoyac, Edo. de Puebla; y su relación con la acumulación de estos metales en el sedimento. Tesis de Licenciatura. F. E. S. Zaragoza. México, D. F. pp. 154.

Luna Monterrojo V, E. 1997. Estudio de vegetación y flora del municipio de Coatepec, Veracruz. Tesis profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.

Metcalf & Eddy, 1991. Wastewater Engineering. Treatment disposal and reuse. McGraw-Hill. Inc. Singapore. pp. 600.

Meyers H. F., 1982. Farmacología Clínica. 5a Edición. El Manual Moderno. México. pp 677.

Miller W. P. y W. W. Mc Fee. 1983. Distribution of cadmium, zinc, cooper, and lead in soils of industrial Northwestern Indiana. J. Environ. Qual. 12:29-33.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

OMS, 1995. Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud Vol. I 195. 3255, 2ª. Ed. Suiza.

Pennington, T. D. Y J. Sarukán. 1968. Árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO. 413 pp.

Pérez – Higareda G. y Smith M. R. 1991. Ofidiofauna de Veracruz, Análisis Taxonómico y Geográfico. Publicaciones especiales 7. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 122 pp.

Rangel, H. R., 1987. La salud ambiental de México. Editorial Formal., México., pp. 116-117, 127-128, 139.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. pp. 432.

Sposito, G. S., S. Le Vasque, J. P. Le Claire y A. C. Chang. 1982. Trace metal chemistry in arid zone soil amended with sewage sludge. Effect of time on the extraction of trace metals. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:898-902.

Soltanpour, P. N. 1991. Determination of nutrients availability and elemental toxicity by AB-DTPA. Soil test and ICPS. In: Steward, B. A. ed. Advances in soil science. 16:165-190. Springer-Verlag. New York.

Sánchez, O., M. A. Pineda, H. Benítez, B. González y H. Berlanga. 2000. Guía de identificación para las aves y mamíferos silvestres de mayor comercio en México protegidos por la CITES. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y

Pesca/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

SEMARNAP, 1998. Acuerdo por el que se dan a conocer las modificaciones a los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Gaceta Ecológica Núm. 46: 65-101.

SEMARNAT, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002 (Segunda Sección).

SCFI, 1980. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-003-1980. Muestreo en aguas residuales. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación 25 de marzo de 1980.

SCFI, 2000. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000. Aguas, determinación de la temperatura. SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. Diario Oficial de la Federación 7 de marzo de 2001.

SE, 2001a. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001. Análisis de agua-determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación de marzo de 2001.

SE, 2001b. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001. Determinación de Oxígeno Disuelto. SECRETARÍA DE ECONOMÍA Diario Oficial de la Federación 21 de marzo de 2001.

SE, 2001c. Norma Oficial Mexicana NOM-AA-93-1984. Aguas, determinación de la Conductividad Eléctrica. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. Diario Oficial de la Federación 23 de julio de 1984.

SE, 2001d. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2000. Determinación de pH. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. Diario Oficial de la Federación 23 de julio de 1984.

Skoog D. D., 1997. Fundamentos de química analítica. Cuarta Edición. Editorial Reverte. España. 680 pp.

Thompson, K. C. 1978. Shape of the atomic absorption calibration graphs for chromium using an air-acetylene flame. Analyst. 103:1258-1262.

Villa, B. R. y Cervantes A. F. 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamericana-Instituto de Biología UNAM. México, D.F. 140 pp.

Wild A., 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Undécima edición. Ediciones Mundi-Prensa, España. pp 92-840.

Willard H., Merrit L., 1991. Métodos instrumentales de análisis. Segunda edición. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 260 pp.

www.conabio.gob.mx. 09 de enero de 2007.

REPTILES

TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN (3)	OBSERVACIONES	DISTRIBUCIÓN (1)Y REGISTROS (2)
SUBORDEN: SERPENTES					
FAMILIA: LEPTOTYPHLOPIDAE					
<i>Leptotyphlops goudotti phenops</i> (Cope)					(1)Región centro y sur del estado de Veracruz, en áreas de baja altitud y faldas de las montañas. (2)Puente Nacional, Xalapa, Carrizal.
FAMILIA: TYPHLOPIDAE					
<i>Typhlops tenuis</i> Salvin					(1)Región centro y sur del estado de Veracruz, en áreas de baja altitud y faldas de las montañas. (2)Xico, Xalapa.
FAMILIA: BOIDAE					
<i>Boa constrictor imperator</i> Daudin	Pr *	II		(1)La especie tiene categoría de Amenazada, No Endémica. (2)Todos los géneros, especies y subespecies de esta familia; proveniente de cualquier país, requieren del certificado del apéndice II de la CITES.	(1)En todo el estado de Veracruz, excepto en elevaciones que exceden los 1500 m. (2)Puente Nacional, Xalapa.
FAMILIA: COLUBRIDAE					
<i>Coluber constrictor oaxaca</i> Jan	A			(1)La especie tiene categoría de Amenazada, No Endémica.	(2)Xalapa.
<i>Dendrophidion vinitor</i> Smith					(1)Regiones húmedas de las provincias central y sur de Veracruz. (1)En las áreas costeras del estado de Veracruz. (2)Xalapa, Xico.
<i>Dryadophis melanolomus veraecrucis</i> Stuart					(1)Planicies costeras, desde la porción central de Veracruz hacia el Sur hasta Centroamérica.
<i>Dymarchon corais melanurus</i> (Duméril, Bibron & Duméril)					(1)Elevaciones del centro-oeste de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Dymarchon corais orizabensis</i> (Dugés)					(1)Porción Sur del Estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Drymobius chloroticus</i> (Cope)					(1)En todo el estado de Veracruz, excepto en las grandes elevaciones. (2)Xalapa.
<i>Drymobius margaritiferus margaritiferus</i> (Schlegel)					(1)Región Centro-Oeste del estado de Veracruz. (2)Puente Nacional.
<i>Ficimia olivacea</i> Gray					(1)Región Centro-Oeste y Sur del estado de Veracruz. (2)Puente Nacional, Xico.
<i>Lampropeltis triangulum polyzona</i> Cope	A			(1)La especie tiene categoría de Amenazada, No Endémica.	(1)Áreas adyacentes a Xalapa y Orizaba. (2)Banderilla, Xalapa.
<i>Lampropeltis triangulum smithi</i> Williams				(1)La especie tiene categoría de Amenazada, No Endémica.	(1)En todo el estado de Veracruz, en áreas de baja altitud. (2)Cardel.
<i>Leptophis mexicanus mexicanus</i> Duméril, Bibron & Duméril	A			(1)La especie tiene categoría de Amenazada, No Endémica.	
<i>Masticophis mentovarius mentovarius</i> Duméril, Bibron & Duméril	A *			(1)La subespecie <i>Masticophis mentovarius varilosus</i> tiene categoría de Amenazada, Endémica.	(1)Porciones Centro y Sur de Veracruz, posiblemente en la parte Norte. (2)Cardel.
<i>Masticophis taeniatus australis</i> Smith					(1)Probablemente en las montañas de las porciones norte-central de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler)					(1)En las regiones cálidas de todo el estado de Veracruz. (2)Cardel.
<i>Pituophis deppei deppei</i> (Duméril)	A *			(1)La especie tiene categoría de Amenazada, Endémica.	(1)Altas elevaciones del oeste de Veracruz, cerca de los límites de Puebla. (2)Xalapa.
<i>Salvadora bairdii</i> Jan & Sordelli	Pr *				(1)Región Oeste de Veracruz, en la Sierra Madre Oriental. (2)Xalapa.
<i>Spilotes pullatus mexicanus</i> (Laurenti)					(1)En las regiones húmedas de todo el estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Stenorrhina degenhardtii mexicana</i> (Steindachner)					(1)Porciones central y sur del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Toluca lineata lineata</i> Kennicott					(1)Extremo centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Trimorphodon tau tau</i> (Cope)					(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
FAMILIA: DIPSADIDAE					
<i>Coniophanes fissidens proterops</i> Cope					(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa, Banderilla.
<i>Coniophanes imperialis clavatus</i> (Peters)					(1)Porción sur y centro del estado de Veracruz. (2)Coatepec, Xalapa.
<i>Geophis chalybeus</i> (Wagler)	Pr *				(1)Región noroeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Geophis dubius</i> (Peters)	Pr				(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Geophis semidoliatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril)					(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Imantodes cenchoa leucomelas</i> (Cope)	Pr			(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.	(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Leptodeira annulata cussiliris</i> Duellman	Pr			(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.	(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Coatepec, Puente Nacional, Xalapa.

<i>Leptodeira septentrionalis</i>				(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Xico, Xalapa.
<i>Ninia diademata diademata</i> Baird y Girard				(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Coatepec, Xico, Xalapa, Teocelo.
<i>Ninia sebae sebae</i> (Duméril, Bibron & Duméril)				(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xico, Xalapa.
<i>Pliocercus elapoides elapoides</i> Cope				(1)Porción centro-oeste y sur del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Rhadinaea decorata</i>				(1)Regiones húmedas del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Rhadinaea forbesi</i> Smith	Pr *			(1)Elevaciones menores de la Sierra Madre Oriental, en las porciones central y oeste. (2)Xalapa.
FAMILIA: NATRICIDAE				
<i>Nerodia rhombifera werleri</i> (Conant)				(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)La Antigua.
<i>Storeria dekayi anomala</i> Dugés				(1)Zona montañosa de la porción centro-oeste de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Storeria dekayi temporalineata</i> Trapido				(1)En las planicies de la porción centro y norte. (2)Xalapa.
<i>Thamnophis chrysocephalus</i> (Cope)	A *			(1)En las montañas de la porción centro-oeste de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Thamnophis scalaris scalaris</i> Cope	Pr *		(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, Endémica.	(1)Regiones montañosas de Xalapa a Orizaba. (2)Xalapa.
FAMILIA: SIBYNOPHIIDAE				
<i>Scaphiodontophis annulatus nothus</i> (Taylor & Smith)				(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz, en la falda de las elevaciones. (2)Coatepec, Xalapa.
FAMILIA: ELAPIDAE				
<i>Micrurus diastema diastema</i> (Duméril, Bibron & Duméril)	Pr *	III	(1)La especie <i>Micrurus diastema affinis</i> tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, Endémica. (2) Los ejemplares de la especie <i>Micrurus diastema</i> originarios de Honduras requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.	(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Cardel, Xalapa.
<i>Micrurus elegans elegans</i> (Jan)	Pr		(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.	(1)Porción centro y sur del estado de Veracruz. (2)Xico, Xalapa.
FAMILIA: CROTALIDAE				
<i>Bothrops asper</i> (Garman)				(1)En todo el estado de Veracruz, excepto en altitudes mayores de 1500 msnm. (2)Xalapa.
<i>Crotalus durissus durissus</i> Linnaeus	Pr		(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.	(1)Bosques deciduos y regiones semiáridas de las porciones centro y sur del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Crotalus intermedius intermedius</i> (Troschel)	A *		(1)La especie tiene categoría de Amenazada, Endémica.	(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2) Xalapa.
<i>Crotalus molussus nigrescens</i> (Gloid)	A *		(1)La especie tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.	(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Crotalus polysticus</i> (Cope)	Pr *			(1)Porción centro-oeste del estado de Veracruz. (2)Xalapa.
<i>Crotalus triseriatus triseriatus</i> (Wagler)				(1)En las montañas de la región centro-oeste del estado de Veracruz. Registros: (2)Xalapa, Río Pescados.

Fuente: Pérez-Higareda y Smith, 1991; SEMARNAP, 1998; SEMARNAT, 2002.

MAMÍFEROS					
TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
CLASE: MAMMALIA					
INFRACLASE: METATHERIA					
ORDEN: DIDELPHIMORPHIA					
FAMILIA: DIDELPHIDEA					
<i>Caluromys derbianus</i> Waterhouse	Tlacuache, zorro colorado	Pr		VU	Se distribuye al sur de México, desde Veracruz, excluyendo la península de Yucatán.
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus	Tlacuache, zorro, zorro de noche, zarigüeya				Esta especie es de afinidad típicamente tropical. Se le encuentra en las entidades federativas de la cuenca del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, parte de la Península de Yucatán) y en Chiapas y partes de Oaxaca, Puebla y San Luis Potosí.
<i>Didelphis virginiana</i> Kerr	Tlacuache				Se le encuentra en la mayor parte de México, excepto en la meseta central y en la península de Baja California.
<i>Marmosa mexicana</i> Merriam	Rata zarigüeya, rata zarigüeya, ratón tlacuache				Se distribuye en los estados del Golfo de México, así como en Chiapas y parte de Oaxaca.
<i>Philander opossum</i> Linnaeus	Cuatrojos, tlacuachin, tlacuache				Su distribución se extiende desde Tamaulipas hacia el sur del continente,. Es muy común en la áreas semipantanosas cercanas al Golfo de México, pero en el lado del Pacífico, en el Estado de Chiapas, no es raro encontrarlo cerca de las casas de los ranchos ganaderos o de pequeños poblados.
INFRACLASE: EUTHERIA					
ORDEN: XENARTHRA					
FAMILIA: DASYPODIDAE					
SUBFAMILIA: DASYPODINAE					
<i>Dasytus novemcinctus</i> Linnaeus	Armadillo, Armadillo de nueve bandas, Mulita, Ayotochtli				
FAMILIA: MYRMECOPHAGIDAE					
<i>Tamandua mexicana</i> Saussure	Oso hormiguero de chaleco, Tamandúa, Brazo fuerte, Oso hormiguero de cuatro dedos	P *	III		(1)Las subespecies <i>Tamandua mexicana hesperia</i> y <i>Tamandua mexicana mexicana</i> tienen categoría de en Peligro de Extinción, Endémica y No endémica respectivamente. (2)Anteriormente era incluida como parte de <i>Tamandua tetradáctila</i> . Los ejemplares originarios de Guatemala requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
Orden: INSECTIVORA					
Familia: SORICIDAE					
<i>Cryptotis mexicana</i> Coues	Musaraña de cola corta mexicana	Pr *			(1)Las subespecies <i>Cryptotis mexicana nelsoni</i> , <i>Cryptotis mexicana obscura</i> y <i>Cryptotis mexicana peregrina</i> tienen categoría de Sujetas a Protección Especial, Endémicas.
<i>Cryptotis parva</i> Say	Musaraña diminuta de cola corta	Pr *			(1)Las subespecies <i>Cryptotis parva tropicalis</i> y <i>Cryptotis parva soricina</i> tienen categoría de Sujetas a Protección Especial, No Endémica y Endémica respectivamente.
<i>Sorex macrodon</i> Merriam	Musaraña dientuda	Pr *		LR:nt	
<i>Sorex saussurei</i> Merriam	Musaraña de Saussure	Pr *			(1)Las subespecies <i>Sorex saussurei cristobalensis</i> , <i>oaxacae</i> y <i>veraecrucis</i> tienen categoría de Sujeta a Protección Especial, Endémicas.
Orden: CHIROPTERA					
Familia: EMBALLONURIDAE					
<i>Balantiopteryx plicata</i> Peters	Murciélago con sacos alares azulejo				
<i>Rhynchonycteris naso</i> Wied-Neuwied	Murciélago narigudo	Pr			
<i>Saccopteryx bilineata</i> Temminck	Murciélago sacóptero de rayas blancas				
Familia: MORMOOPIDAE					
<i>Mormoops megalophylla</i> Peters	Murciélago cara de espantajo, murciélago esperpento				
<i>Pteronotus davyi</i> Gray	Murciélago de falsas espaldas desnudas				
<i>Pteronotus parnellii</i> Gray	Murciélago bigotudo				
<i>Pteronotus personatus</i> Wagner	Murciélago de mostacho de Wagner				
Familia: PHYLLOSTOMIDAE					
SUBFAMILIA: MICRONYCTERINAE					
<i>Micronycteris megalotis</i> Gray	Murciélaguito orejudo brasileño				
<i>Micronycteris sylvestris</i> Thomas	Murciélaguito orejón escarchado				
SUBFAMILIA: DESMODONTINAE					
<i>Desmodus rotundus</i> É. Geoffroy	Vampiro de patas pelonas, vampiro común				
<i>Diaemus youngi</i> Jentink	Vampiro overo de alas blancas	Pr			(1)La subespecie <i>Diaemus youngi cypselinus</i> tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, No Endémica.
<i>Diphylla ecaudata</i> Spix	Vampiro de patas peludas			LR:nt	
SUBFAMILIA: PHYLLOSTOMINAE					

MAMÍFEROS					
TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
TRIBU: PHYLLOSTOMINI					
<i>Mimon bennettii</i> Gray	Murciélago lanza grande	A			
<i>Phyllostomus discolor</i> Wagner	Murciélago de hoja nasal lanceolada pálida				
TRIBU: GLOSSOPHAGINI					
<i>Anoura geoffroyi</i> Gray	Murciélago rabón lenguilargo				
<i>Glossophaga soricina</i> Pallas	Murciélago siricotero				
<i>Hylonycteris underwoodi</i> Thomas	Murciélago lenguilargo costarricense				
<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller	Murciélago magueyero de América del Sur	A		VU	
<i>Leptonycteris nivalis</i> Saussure	Murciélago hocicudo de la nieve	A		EN	
TRIBU: STENODERMATINI					
<i>Artibeus intermedius</i> J. A. Allen	Murciélago frutero de Allen				
<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach	Murciélago zapotero de Jamaica				
<i>Artibeus lituratus</i> Olfers	Murciélago zapotero gigante				
<i>Carollia brevicauda</i> Schinz	Murciélago de cola corta sedosa				
<i>Carollia perspicillata</i> Linnaeus	Murciélago de cola corta, murciélago rabón o murciélago de Seba				
<i>Centurio senex</i> Gray	Murciélago de cara arrugada,				
<i>Chiroderma salvini</i> Dobson	Murciélago chato, murciélago de lomo rayado				
<i>Chiroderma villosum</i> Peters	Murciélago-ojón áspero				
<i>Dermanura phaeotis</i> Miller	Murciélago zapotero pigmeo				
<i>Dermanura tolteca</i> Saussure	Murciélago de los amates				
<i>Enchisthenes hartii</i> Thomas	Murciélago frugívoro	Pr			
<i>Platyrrhinus helleri</i> Peters	Murciélago chato				
<i>Sturnira lilium</i> E. Geoffroy	Murciélago de charretera menor				
<i>Sturnira ludovici</i> Anthony	Murciélago de charreteras mayor				
Familia: NATALIDAE					
<i>Natalus stramineus</i> Gray	Murciélago				
Familia: VESPERTILIONIDAE					
SUBFAMILIA: VESPERTILIONINAE					
<i>Corynorhinus mexicanus</i> G. M. Allen	Murciélago orejas de mula				
<i>Eptesicus furinalis</i> D'Orbigny	Murciélago prieto				
<i>Eptesicus fuscus</i> Beauvois	Gran murciélago moreno				
<i>Lasiurus blossevillii</i> Lesson y Garnot	Murciélago colorado				
<i>Lasiurus cinereus</i> Beauvois	Murciélago escarchado o canoso				
<i>Lasiurus ega</i> Gervais	Murciélago amarillo				
<i>Lasiurus intermedius</i> H. Allen	Murciélago amarillo				
<i>Myotis auriculacea</i> Baker y Stains	Murciélago orejudo				
<i>Myotis californica</i> Audubon y Bachman	Murcielaguito orejudo de California				
<i>Myotis elegans</i> Hall	Murcielaguito orejudo elegante				
<i>Myotis fortidens</i> Miller y Allen	Murcielaguito orejudo acanelado			LR:nt	
<i>Myotis keaysi</i> J. A. Allen	Murcielaguito orejudo				
<i>Myotis nigricans</i> Schinz	Murcielaguito negruzco	Pr *			(1)La subespecie <i>Myotis nigricans carteri</i> tiene categoría de Sujeta a Protección Especial, Endémica.
<i>Myotis thysanodes</i> Miller	Murcielaguito cola orlada				
<i>Myotis velifera</i> J. A. Allen	Murcielaguito pardo				
<i>Myotis volans</i> H. Allen	Murcielaguito de piernas largas				
<i>Pipistrellus subflavus</i> F. Cuvier	Pipistrelo oriental				
<i>Rhogeessa tumida</i> H. Allen	Murcielaguito amarillo veracruzano, murciélago amarillo ala negra				
Familia: MOLOSSIDAE					
<i>Eumops glaucinus</i> Wagner	Murciélagos mastines				
<i>Molossus ater</i> E. Geoffroy	Murciélagos molosos, murciélago mastín				
SUBFAMILIA: TADARINAE					
<i>Nyctinomops aurispinosus</i> Peale	Murciélago de orejas espinosas				
<i>Nyctinomops laticaudatus</i> E. Geoffroy St.-Hilaire	Murciélago de cola ancha				

MAMÍFEROS					
TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
<i>Nyctinomops macrotis</i> Gray <i>Tadarida brasiliensis</i> I. Geoffroy Orden: PRIMATES Familia: CEBIDAE	Murciélago coludo de orejas grandes Murciélago de cola libre, murciélago coludo, murciélago guanero			LR:nt	
<i>Ateles geoffroyi</i> Kuhl ORDEN: CARNIVORA Familia: CANIDAE <i>Canis latrans</i> Say <i>Urocyon cinereoargenteus</i> Schreber Familia: FELIDAE	Mono araña Coyote Zorra gris	P	I y II	VU	(2)Solamente dos subespecies requieren del certificado para el apéndice I (<i>Ateles geoffroyi frontatus</i> , y <i>Ateles geoffroyi panamensis</i>), cualquiera que sea el país de procedencia. Las restantes subespecies de esta especie, requieren la presentación del certificado para el apéndice II.
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> Lacépede	Leoncillo, Yuaguarundi, Onza	A	I y II	EN	(2)Antes fue conocido como <i>Felis yagouaroundi</i> . Requieren del certificado para el apéndice I, los animales que sean originarios de las poblaciones de América del Norte y América Central. Los animales de esta especie, que no sean originarios de América del Norte y Centroamérica, requieren del certificado para el apéndice II, cualquiera que sea el lugar de procedencia.
<i>Leopardus pardalis</i> Linnaeus	Ocelote	P	I	EN	(2)Antes conocido como <i>Felis pardalis</i> . Requieren del certificado para el apéndice I, todos los ejemplares, originarios o provenientes de cualquier país.
<i>Leopardus wiedii</i> Schinz	Tigrillo, pichigueta, gato tigre, margay	P	I		(2)Antes conocido como <i>Felis wiedii</i> . Requieren del certificado para el apéndice I, todos los ejemplares, originarios o provenientes de cualquier país.
<i>Puma concolor</i> Linnaeus	Puma		I y II		(2)Antes fue conocido como <i>Felis concolor</i> . Tres de sus subespecies requieren del certificado para el apéndice I (<i>Puma concolor coryi</i> , <i>P. c. costaricensis</i> y <i>P. c. cougar</i>). Las restantes subespecies de puma, requieren del certificado para el apéndice II, cualquiera que sea el país de origen o de procedencia.
SUBFAMILIA: PANTHERINAE <i>Panthera onca</i> Linnaeus Familia: MUSTELIDAE	Jaguar, Tecuani	P	I	LR:nt	(2)Requieren del certificado para el apéndice I, todo espécimen de jaguar, originario o proveniente de cualquier país.
SUBFAMILIA: LUTRINAE <i>Lontra longicaudis</i> Olfers SUBFAMILIA: MEPHITINAE <i>Conepatus leuconotus</i> Lichtenstein <i>Mephitis macroura</i> Lichtenstein SUBFAMILIA: MEPHITINAE	Nutria, perro de aguas Zorrillo de lomo blanco, zorro colete Zorrillo listado, zorrillo encapuchado	A	I	VU	Todo ejemplar, originario o proveniente de cualquier país, requiere este tipo de certificado.
<i>Eira barbara</i> Linnaeus	Cabeza de viejo, cabeza blanca, viejo de monte, Tayra	P	III	VU	(2)Solamente animales originarios de Honduras requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Galictis vittata</i> Schreber	Grisón, zabín	A	III		(2)Antes fue conocido como <i>Galictis allamandi</i> . Solamente los animales originarios de Costa Rica requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Mustela frenata</i> Lichtenstein Familia: PROCYONIDAE	Comadreja, sabin, oncita				
SUBFAMILIA: POTOSINAE <i>Potos flavus</i> Schreber SUBFAMILIA: PROCYONINAE <i>Bassariscus astutus</i> Lichtenstein <i>Bassariscus sumichrasti</i> Saussure	Martucha, mico de noche, oso mielero Cacomiztli, cacomixtle Cacomixtle "tropical"	Pr A * Pr	III	LR:nt	(2)Solamente animales originarios de Honduras requieren el certificado correspondiente al Apéndice III. 1)Las subespecies <i>Bassariscus astutus insulicola</i> y <i>saxicola</i> tienen categoría de Amenazadas, Endémicas. (2)Solamente los especímenes originarios de Costa Rica requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Nasua narica</i> Linnaeus	Tejón, coatí, chulo, pizote, cholugo, tejón solitario	A *	III	EN	(1)La subespecie <i>Nasua narica nelsoni</i> tiene categoría de Amenazada, Endémica. (2)Antes incluidas en la lista como <i>Nasua nasua</i> . Exclusivamente los ejemplares originarios de Honduras requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Procyon lotor</i> Linnaeus ORDEN: ARTIODACTYLA SUBORDEN: SUIFORMES SUPERFAMILIA: SUOIDEA FAMILIA: TAYASSUIDAE	Mapache, osito lavador				
<i>Pecari tajacu</i> Linnaeus SUPERFAMILIA: CERVOIDEA FAMILIA: CERVIDAE	Jabalí, pecari, javelina, saino, chancho de monte, jabalí de collar				

MAMÍFEROS					
TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
SUBFAMILIA: CAPREOLINAE					
<i>Mazama americana</i> Erxleben	Venado temazate rojo, venado cornicabra, venado cabro		III		(2)Sólo requieren el certificado correspondiente al Apéndice III, los animales de la subespecie <i>Mazama americana cerasina</i> , siempre que sean originarios de Guatemala.
<i>Odocoileus virginianus</i> Zimmermann	Venado cola blanca, venado saltón		III		(2)Sólo requieren el certificado correspondiente al Apéndice III, los animales de la subespecie <i>Odocoileus virginianus mayensis</i> , siempre que sean originarios de Guatemala.
ORDEN: RODENTIA					
SUBORDEN: SCIUROGNATHI					
FAMILIA: SCIURIDAE					
<i>Sciurus aureogaster</i> Cuvier	Ardilla gris, ardilla arborícola, ardilla negra, ardilla pinta				
<i>Sciurus deppei</i> Peters	Ardilla negra, ardilla arborícola, moto, ardilla montañera		III		(2)Solamente los especímenes originarios de Costa Rica requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Sciurus oculatus</i> Peters	Ardilla rojiza, ardilla de lomo prieto, ardilla anteojuda	Pr *			
<i>Spermophilus perotensis</i> Merriam	Moto, ardilla de Perote	A *		LR:nt	
SUBFAMILIA: PETAURISTINAE					
<i>Glaucomys volans</i> Linnaeus	Ardilla voladora	A			
FAMILIA: GEOMYIDAE					
<i>Cratogeomys merriami</i> Thomas	Tuza llanera				
<i>Orthogeomys hispidus</i> Le Conte	Tuza				
<i>Orthogeomys lanius</i> Elliot	Tuza lanuda, tuza grande	A *			
FAMILIA: HETEROMYIDAE					
SUBFAMILIA: HETEROMYINAE					
<i>Heteromys desmarestianus</i> Gray	Ratón espinoso			LR:nt	
<i>Liomys pictus</i> Thomas	Ratón espinoso, jeyaquei				
SUBFAMILIA: PEROGNATHINAE					
<i>Perognathus flavus</i> Baird	Ratón de abazones enano				
FAMILIA: MURIDAE					
SUBFAMILIA: ARVICOLINAE					
<i>Microtus mexicanus</i> Saussure	Metorito o ratón alfararero mexicano			VU	
<i>Microtus quasiater</i> Coues	Metorito, Meteoro de Xalapa	Pr *			
SUBFAMILIA: SIGMODONTINAE					
<i>Baiomys musculus</i> Merriam	Ratón pigmeo sureño				
<i>Habromys simulatus</i> Osgood	Ratón silvestre veracruzano				
<i>Megadontomys nelsoni</i> Merriam					
<i>Neotoma mexicana</i> Baird	Rata montera mexicana				
<i>Neotoma nelsoni</i> Goldman	Rata montera de Nelson				
<i>Neotomodon alstoni</i> Merriam	Ratón de los volcanes				
<i>Nyctomys sumichrasti</i> Saussure	Rata vespertina de Saussure				
<i>Oligoryzomys fulvescens</i> Saussure	Rata arrocera pigmea				
<i>Oryzomys alfaroi</i> J. A. Allen	Rata arrocera				
<i>Oryzomys couesi</i> Alston	Rata arrocera, rata arrocera tropical				
<i>Oryzomys melanotis</i> Thomas	Rata arrocera de orejas negras				
SUBGÉNERO: Peromyscus					
<i>Peromyscus aztecus</i> Saussure	Ratón ocotero, ratón azteca				
<i>Peromyscus beatae</i> Thomas					
<i>Peromyscus difficilis</i> J. A. Allen	Ratón orejudo de pedregal				
<i>Peromyscus furvus</i> J. A. Allen y Chapman	Ratón de campo de nariz ancha				
<i>Peromyscus leucopus</i> Rafinesque	Ratón montero de patas blancas, ratón cuatralvo	A *			(1)La subespecie <i>Peromyscus leucopus cozumelae</i> tiene categoría de Amenazada, No Endémica
<i>Peromyscus levipes</i> Merriam					
<i>Peromyscus maniculatus</i> Wagner	Ratón cuatralvo, ratón de campo	A *			1)Siete subespecies tienen categoría de Amenazadas Endémicas
<i>Peromyscus melanotis</i> J. A. Allen y Chapman	Ratón montañero				
<i>Peromyscus mexicanus</i> Saussure	Ratón de campo, ratón silvestre mexicano				

MAMÍFEROS

TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i> Merriam	Ratón dorado				
<i>Reithrodontomys fulvescens</i> J. A. Allen	Ratón silvestre moreno				
<i>Reithrodontomys megalotis</i> Baird	Ratón silvestre orejudo				
<i>Reithrodontomys mexicanus</i> Saussure	Ratón de campo mexicano, ratón campero de México, ratón colorado				
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> Saussure	Ratón silvestre de tierras altas				
<i>Sigmodon hispidus</i> Say y Ord	Rata algodónera hispida, rata javalina				
<i>Tylomys nudicaudus</i> Peters	Rata trepadora de cola pelona				
SUBORDEN: HYSTRICOGNATHI					
FAMILIA: ERETHIZONTIDAE					
<i>Coendou mexicanus</i> Kerr	Puerco espín mexicano, zorro espinoso	A	III		(2)Los ejemplares originarios de Guatemala requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
<i>Sphiggurus mexicanus</i>					
FAMILIA: DASYPROCTIDAE					
<i>Dasyprocta mexicana</i> Saussure	Zerete prieto, cerreti, guaqueque negro, serete mexicano				
Familia: AGOUTIDAE					
<i>Agouti paca</i> Linnaeus	Tepezcuintle, conejo pintado, tuza real		III		(2)Esta especie se conoció anteriormente como <i>Cuniculus paca</i> . Solamente los animales originarios de Honduras requieren el certificado correspondiente al Apéndice III.
Orden: LAGOMORPHA					
Familia: LEPORIDAE					
<i>Sylvilagus audubonii</i> Baird	Conejo de Audubon, conejo del desierto				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> Linnaeus	Conejo de bosque tropical				
<i>Sylvilagus cunicularius</i> Waterhouse	Conejo mexicano, conejo de pecho blanco			LR:nt	
<i>Sylvilagus floridanus</i> J. A. Allen	Tochtli, conejo de Castilla, conejo castellano, conejo serrano.				

Fuente: Villa y Cervantes, 2003; Sánchez, O. et al 2000; SEMARNAT, 2002; SEMARNAP, 1998; Ceballos y Galindo, 1984.

Significado del encabezado de las columnas: Categoría de estado de conservación de acuerdo a NOM-059-SEMARNAT-2001. (P = En peligro de extinción; A = Amenazada; PR = Sujeta a Protección Especial; E = Probablemente Extinta en el Medio Silvestre; * = Especie endémica). CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres, por sus siglas en inglés "Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora" (I = Peligro de Extinción; II = Cercana al Peligro de Extinción; III = No en Peligro de Extinción pero Requiere Protección). IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés "International Union for Conservation of Nature and Natural Resources". (EN = En Peligro de Extinción; VU = Vulnerable; LR:nt: Bajo Riesgo, Amenazado).

Aves					
TAXA Y NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059-SEMARNAT-2001(1)	CITES (2)	IUCN	OBSERVACIONES
CLASE: AVES ORDEN: CICONIIFORMES FAMILIA: ARDEIDAE <i>Catharthes aura</i>	Zopilote				
Orden: PASSERIFORMES Familia: ICTERIDAE <i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano				

Explicación de las categorías de riesgo

Las definiciones de las categorías de riesgo, según la **NOM-059-SEMARNAT-2001** son las siguientes:

En peligro de extinción: Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros. (Esta categoría coincide parcialmente con las categorías en peligro crítico y en peligro de extinción de la clasificación de la IUCN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés).

Amenazadas: Aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. (Esta categoría coincide parcialmente con la categoría vulnerable de la clasificación de la IUCN).

Sujetas a protección especial: Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de la IUCN).

Especie endémica: Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción (Organismo restringido y exclusivo de un área geográfica en particular).

CONVENCIÓN SOBRE COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE (CITES)

Con el ánimo de restringir la excesiva explotación de las especies silvestres y evitar el que llegasen a una situación crítica para su sobrevivencia, en 1973 surge la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES por sus siglas en inglés "Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora"), la cual se constituyó con el principal objetivo de regular el tránsito internacional de las especies silvestres amenazadas y de reducir al máximo el comercio ilícito de las mismas. México fue el último país latinoamericano en adherirse a la CITES hecho que ocurrió formalmente en octubre de 1991 (Pérez *et al.*, 1994).

Las especies amparadas por la CITES están incluidas en tres apéndices (listas) que proveen un grado de protección progresivo, de acuerdo con el grado de protección que requieran, siendo el Apéndice I el más restrictivo (Álvarez *et al.* 2003).

El apéndice I incluye especies consideradas en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio internacional y, por lo tanto, éste deberá sujetarse a una reglamentación más estricta. El Apéndice II incluye especies que si bien no se encuentran en peligro de extinción actualmente, pueden llegar a esta situación si no se regula su comercio internacional. Este apéndice también incluye especies que no son afectadas por el comercio, pero deben sujetarse a las mismas medidas para facilitar el control de las primeras; por ejemplo, si se trata de especies parecidas y que son difíciles de diferenciar. Finalmente el Apéndice III incluye especies que son de interés para su conservación para algunas de las partes y que se encuentran bajo protección legal dentro de su jurisdicción y por lo tanto necesitan la cooperación del resto de los países para que el comercio internacional no afecte sus poblaciones (Álvarez *et al.* 2003).

La autorización para el comercio de especies incluidas en el Apéndice I sólo se da en circunstancias excepcionales, mientras que las especies incluidas en los Apéndices II y III pueden ser comercializadas bajo ciertas condiciones y medidas de control (Álvarez *et al.* 2003).

La regulación del comercio internacional de especies CITES está basada en un sistema de permisos y certificados (emitidos por las partes involucradas) que se otorgan cuando se cumplen ciertas condiciones. La principal condición es asegurar que dicha operación comercial no representa un riesgo o amenaza para la especie (Álvarez *et al.* 2003).

Los "certificados" son documentos que, sin sustituir los permisos que cada país soberanamente expide conforme a sus propios ordenamientos, al menos permite estandarizar y hacer compatibles algunos de los procedimientos de autorización de las transacciones comerciales internacionales, con las ventajas que de ello se derivan (Pérez *et al.*, 1994).

La Convención CITES incluye, dentro de su ámbito de protección, diversos niveles de clasificación biológica. Así, puede encontrarse que un Orden está protegido en su totalidad (es decir, todas las Familias, Géneros, Especies y Subespecies que contiene). En otros casos, la CITES protege a una Familia, con todos sus géneros, Especies y Subespecies. Así también, una Especie (con todas sus Subespecies) puede estar en los Apéndices de la CITES. Finalmente, en otros casos puede ocurrir que solo algunas –o una sola- de las Subespecies que componen una Especie, se encuentren bajo la protección de la CITES (Sánchez *et al.*, 2000).

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

Fundada en 1948, la UICN congrega a 73 Estados, 107 agencias gubernamentales, 755 ONG, 35 afiliados y a alrededor de 10 000 científicos y expertos de 181 países en una asociación mundial única. Su misión es influenciar, alentar y ayudar a las sociedades de todo el mundo a conservar la integridad y la diversidad de la naturaleza, y asegurar que cualquier utilización de los recursos naturales se haga de manera equitativa y ecológicamente sostenible.

La Lista Roja de Especies Amenazadas es uno de los productos emblemáticos de la UICN.

La Lista Roja de la UICN es el inventario más completo del estado de conservación de las especies de animales y plantas a nivel mundial. Utiliza un conjunto de criterios para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies. Estos criterios son relevantes para todas las especies y todas las regiones del mundo. Con su fuerte base científica, La Lista Roja de la UICN es reconocida como la guía de mayor autoridad sobre el estado de la diversidad biológica.

El objetivo general de la Lista Roja es transmitir la urgencia y magnitud de los problemas de conservación al público y a los encargados de tomar decisiones, y motivar a la comunidad mundial a tratar de reducir la extinción de las especies.

Existen nueve categorías en el sistema de la Lista Roja de la UICN: Extinto, Extinto en Estado Silvestre, En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazado, Preocupación Menor, Datos Insuficientes y No Evaluado. La clasificación dentro de las categorías para especies amenazadas de extinción (Vulnerable, En Peligro, En Peligro Crítico) es a través de un conjunto de cinco criterios cuantitativos que forman el corazón del sistema. Estos criterios están basados en factores biológicos relacionados con el riesgo de extinción, e incluyen: tasa de disminución, tamaño de la población, área de distribución geográfica, y grado de fragmentación de la población y la distribución.

EXTINTO (EX). Un taxón está Extinto cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

EXTINTO EN ESTADO SILVESTRE (EW): Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

EN PELIGRO CRÍTICO (CR): Un taxón está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios establecidos en la lista roja ("A" a "E") para En Peligro Crítico y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.

EN PELIGRO (EN): Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios establecidos en la lista roja ("A" a "E") para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

VULNERABLE (VU): Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.

CASI AMENAZADO (NT): Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.

PREOCUPACION MENOR (LC): Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.

DATOS INSUFICIENTES (DD): Un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información, y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenazada pudiera ser apropiada. Es importante hacer un uso efectivo de cualquier información disponible. En muchos casos habrá que tener mucho cuidado en elegir entre Datos Insuficientes y una condición de amenaza. Si se sospecha que la distribución de un taxón está relativamente circunscrita, y si ha transcurrido un período considerable de tiempo desde el último registro del taxón, entonces la condición de amenazado puede estar bien justificada.

NO EVALUADO (NE): Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido clasificado con relación a estos criterios.

ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR SEXO

Respecto a la estructura por sexo, el porcentaje de mujeres total para todos los municipios de la cuenca es mayor que el de hombres, es decir, el 52.20% y el 47.80% respectivamente, de acuerdo a los datos presente en la

Tabla 1:

**TABLA 1
POBLACIÓN TOTAL POR SEXO**

Municipio	Hombres	Mujeres
La Antigua	11,313	12,076
Veracruz	215,863	241,514
Manlio Fabio Altamirano	10,284	10,296
Comapa	8,776	8,318
Soledad de Doblado	13,623	13,575
Totutla	7,493	7,459
Tenampa	2,931	2,969
Ayahualulco	10,130	10,100
Perote	26,923	27,442
Paso de Ovejas	15,422	15,369
Puente Nacional	9,360	9,639
Emiliano Zapata	22,095	22,485
Apazapan	1,804	1,807
Jalcomulco	2,263	2,153
Tlaltetela	6,790	6,549
Coatepec	35,577	37,959
Xico	14,200	14,562
Teocelo	7,369	7,531
Cosautlán de Carvajal	7,666	7,637
Ixhuacán de los Reyes	4,804	4,713
Xalapa	181,487	209,103
Tlalnahuayocan	5,604	5,880
Banderilla	7,914	8,519
Total	629,691	687,655
Estatad (Veracruz-Llave)	3,355,164	3,553,811

Fuente: INEGI, 2000.

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

El XII Censo General de Población y Vivienda de 2000 registró que la Población Económicamente Activa (PEA) de los municipios de la cuenca del río La Antigua era de 517,977 habitantes; es decir, 50.20 % de la población total. Lo anterior se muestra en la TABLA 2:

**TABLA 2
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR SECTOR**

Municipio	PEA	POSP	POSS	POST
La Antigua	8,562	1,560	2,159	4,843
Veracruz	183,246	10,023	38,813	134,410
Manlio Fabio Altamirano	6,537	3,218	1,347	1,972
Comapa	5,051	4,105	408	538
Soledad de Doblado	8,700	4,193	1,369	3,138
Totutla	5,576	4,506	338	732
Tenampa	2,173	1,941	51	181
Ayahualulco	5,527	4,541	388	598
Perote	19,622	4,368	6,849	8,405
Paso de Ovejas	9,785	4,172	2,155	3,458
Puente Nacional	6,309	2,554	1,237	2,518
Emiliano Zapata	17,530	8,657	2,305	6,568
Apazapan	1,042	650	133	259
Jalcomulco	1,690	1,177	136	377
Tlaltetela	5,154	4,456	207	491
Coatepec	30,939	9,197	7,167	14,575
Xico	11,127	5,917	1,683	3,527
Teocelo	6,392	3,735	767	1,890
Cosautlán de Carvajal	6,851	5,201	923	727
Ixhuacán de los Reyes	3,154	2,389	370	395
Xalapa	162,906	13,165	29,907	119,834
Tlalnahuayocan	3,917	1,064	1,092	1,761
Banderilla	6,187	644	1,553	3,990
Total	517,977	101,433	101,357	315,187
Estatal (Veracruz-Llave)	2,378,799	821,618	458,283	1,098,898

Fuente: INEGI, 2000. PEA = Población Económicamente Activa. POSP = Población ocupada en sector primario. POSS = Población ocupada en sector secundario. POST = Población ocupada en sector terciario.

La conformación de la PEA de los Municipios bajo estudio, se integra en una gran mayoría por el sector terciario (comercio y servicios), que de acuerdo a los datos registrados por el INEGI, representó el 60.84%; en segundo lugar se encuentra el sector primario (agricultura, ganadería, caza y pesca), con el 19.60%; y finalmente, el sector secundario (minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.), con el 19.56% de la PEA.

NIVELES DE INGRESOS

Para los municipios bajo estudio, se registro en el XII Censo General de Población y vivienda de 2000, los resultados que se muestran en la Tabla 3, respecto a los salarios mínimos mensuales por jornada de trabajo:

**TABLA 3
SALARIOS MÍNIMOS MENSUALES (\$ PESOS)**

Municipio	No recibe salario	Menos de 1 salario mínimo	De 1-2 salarios mínimos	De 2-5 salarios mínimos	Más de 5 salarios mínimos
La Antigua	273	1,387	3,345	2,318	752
Veracruz	4,128	19,529	56,841	61,554	29,151
Manlio Fabio Altamirano	1,536	968	2,548	990	166
Comapa	1,536	1,596	1,614	111	25
Soledad de Doblado	1,956	1,464	3,120	1,067	
Totutla	1,040	2,632	1,417	208	43
Tenampa	343	1,346	353	67	14
Ayahualulco	1,501	2,215	1,273	159	20
Perote	1,626	6,967	6,658	2,849	764
Paso de Ovejas	1,410	1,320	3,954	2,097	366
Puente Nacional	686	975	2,569	1,223	479
Emiliano Zapata	1,918	3,842	7,217	3,018	885
Apazapan	397	266	270	66	15
Jalcomulco	618	377	538	110	12
Tlaltetela	1,312	2,181	1,278	177	25
Coatepec	1,577	7,663	11,374	6,038	2,286
Xico	1,136	3,673	3,552	1,323	305
Teocelo	553	2,169	2,004	787	153
Cosautlán de Carvajal	1,135	3,874	1,326	249	45
Ixhuacán de los Reyes	679	1,643	628	113	13
Xalapa	5,567	23,952	48,500	49,861	24,536
Tlalnahuayocan	296	1,182	1,642	510	85
Banderilla	281	1,171	2,337	1,624	524
Total	31504	92,392	164,358	136,519	60,664
Estatal (Veracruz-Llave)	298,797	555,839	758,502	451,686	182,212

Fuente: INEGI, 2000.

El área geográfica a la que pertenecen estos municipios según la Comisión Nacional de Salarios Mínimos es el área geográfica "C": por lo que se dicta que la cantidad mínima que deben recibir en efectivo los trabajadores por jornada ordinaria diaria de trabajo, es de \$45.85 pesos M.N. para el año de 2006 (D.O.F. 26 de Diciembre de 2006).

Características de la vivienda

Las características de las viviendas con agua entubada se muestran en la

Tabla 4:

**TABLA 4
NÚMERO DE VIVIENDAS CON AGUA ENTUBADA**

Municipio	Total de viviendas habitadas	Viviendas particulares con agua entubada en la vivienda	Viviendas particulares con agua entubada en el predio	Viviendas particulares con agua entubada por acarreo (llave pública y de otra vivienda)
La Antigua	6,239	3,383	2,375	286
Veracruz	123,604	83,650	21,622	7,657
Manlio Fabio Altamirano	5,276	979	2,839	277
Comapa	3,194	248	1,185	469
Soledad de Doblado	6,246	1,326	3,416	384
Totutla	3,03	295	1,983	277
Tenampa	1,168	149	408	241
Ayahualulco	3,485	466	2,580	251
Perote	10,897	4,060	5,917	693
Paso de Ovejas	7,665	2,246	4,377	380
Puente Nacional	4,879	1,788	2,394	306
Emiliano Zapata	10,718	4,043	5,628	462
Apazapan	943	170	677	25
Jalcomulco	1,096	406	552	100
Tlaltetela	2,595	404	1,711	143
Coatepec	17,302	9,524	6,597	630
Xico	6,006	3,628	1,915	246
Teocelo	3,368	2,155	1,098	46
Cosautlán de Carvajal	3,059	870	1,843	245
Ixhuacán de los Reyes	1,886	442	1,843	88
Xalapa	100,789	69,319	24,608	4,310
Tlalnahuayocan	2,301	479	1,513	79
Banderilla	3,860	2,155	1,360	138
Total	326,576	192,185	92,819	17,733
Estatal (Veracruz-Llave)	1,606,194	584,907	471,317	94,567

Fuente: INEGI, 2000.

Por otra parte las características de vivienda con drenaje se muestran en la

Tabla 5:

**TABLA 5
NÚMERO DE VIVIENDAS CON DRENAJE**

Municipio	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares con drenaje conectado a la red pública	Viviendas particulares con drenaje conectado fosa séptica, grieta, río, etc.	Viviendas particulares sin drenaje
La Antigua	6,206	3,311	2,173	703
Veracruz	122,498	81,883	27,040	13,098
Manlio Fabio Altamirano	5261	19	2,281	2,943
Comapa	3,187	21	958	2,165
Soledad de Doblado	6,224	1,502	1,572	3,118
Totutla	3,022	269	1,450	1,285
Tenampa	1,165	28	493	642
Ayahualulco	3,462	340	725	2,386
Perote	10,853	6510	791	3,515
Paso de Ovejas	7,625	2,059	2,864	2,666
Puente Nacional	4,837	1,234	2,070	1,519
Apazapan	938	416	93	428
Emiliano Zapata	10,638	4,196	4,207	2,372
Jalcomulco	1,093	285	364	444
Tlaltetela	2,585	57	1,396	1,127
Coatepec	17,206	12,085	3,881	1,180
Xico	5,987	4,411	524	1,019
Teocelo	3,352	2,623	294	420
Cosautlán de Carvajal	3,040	608	1,351	1,053
Ixhuacán de los Reyes	1,878	259	446	1,160
Xalapa	99,875	70,363	24,308	4,837
Tlalnahuayocan	2,272	719	726	819
Banderilla	3,838	3,183	351	294
Total	327,042	196,381	80,358	49,193
Estatal (Veracruz-Llave)	1,597,311	696,096	387,203	506,707

Fuente: INEGI, 2000.

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

La disponibilidad de las viviendas que cuentan con diferentes servicios se muestra en la s siguientes tablas:

**TABLA 6
NÚMERO DE VIVIENDAS CON DISPONIBILIDAD DE DIFERENTES
SERVICIOS**

Municipio	Viviendas particulares que disponen de energía eléctrica	Viviendas particulares que sólo disponen de drenaje y agua entubada	Viviendas particulares que sólo disponen de drenaje y energía eléctrica	Viviendas particulares que sólo disponen de agua entubada y energía eléctrica
La Antigua	6,065	5,217	5,434	5,687
Veracruz	120,539	99,513	108,138	104,836
Manlio Fabio Altamirano	4,941	1,928	2,266	3,720
Comapa	2,720	457	942	1,378
Soledad de Doblado	5,633	2,855	3,005	4,572
Totutla	2,759	1,396	1,650	2,152
Tenampa	983	318	495	516
Ayahualulco	3,187	1,000	1,013	2,856
Perote	10,428	7,061	7,202	9,729
Paso de Ovejas	7,352	4,484	4,842	6,486
Puente Nacional	4,661	3,156	3,272	4,092
Emiliano Zapata	10,252	7,911	8,156	9,467
Apazapan	905	463	506	829
Jalcomulco	1,040	618	636	932
Tlaltetela	2,355	1,351	1,388	2,006
Coatepec	16,752	15,370	15,825	15,919
Xico	5,627	4,782	4,817	5,321
Teocelo	3,241	2,876	2,874	3,176
Cosautlán de Carvajal	2,797	1,831	1,871	2,574
Ixhuacán de los Reyes	1,672	643	669	1,528
Xalapa	98,747	90,607	94,093	93,433
Tlaxiahuacan	2,124	1,340	1,396	1,915
Banderilla	3,774	3,347	3,501	3,484
Total	318,554	258,524	265,843	286,608
Estatad (Veracruz-Llave)	1,427,839	878,604	1,054,982	1,023,387

Fuente: INEGI, 2000.

**TABLA 7
VIVIENDAS CON DISPONIBILIDAD DE DIFERENTES SERVICIOS
(AGUA, DRENAJE Y ENERGÍA)**

Municipio	Viviendas particulares que disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica	Viviendas particulares que no disponen de agua entubada, drenaje ni energía eléctrica
La Antigua	5,182	43
Veracruz	99,260	861
Manlio Fabio Altamirano	1,914	191
Comapa	450	344
Soledad de Doblado	2,807	381
Totutla	1,359	96
Tenampana	307	122
Ayahualulco	957	65
Perote	6,988	117
Paso de Ovejas	4,431	98
Puente Nacional	3,132	76
Emiliano Zapata	7,853	156
Apazapan	461	14
Jalcomulco	611	20
Tlaltetela	1,301	20
Coatepec	15,265	100
Xico	4,687	89
Teocelo	2,836	24
Cosautlán de Carvajal	1,768	71
Ixhuacán de los Reyes	624	59
Xalapa	90,292	278
Tlalnahuayocan	1,314	45
Banderilla	3,329	13
Total	157,967	3,283
Estatal (Veracruz-Llave)	869,028	112,221

Fuente: INEGI, 2000.

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

Fuente de abastecimiento de Agua Potable

En la

Tabla 8 se presenta las fuentes de abastecimiento y volumen promedio diario de extracción de agua potable por tipo, según municipio.

**TABLA 8
FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y VOLUMEN DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE**

Municipio	Fuente de abastecimiento				Volumen promedio diario de extracción (Miles de metros cúbicos por día)			
	Total	Pozo profundo	Manantial	Otras	Total	Pozo profundo	Manantial	Otras
La Antigua	39	11	0	28	9.6	9.3	0.0	0.3
Veracruz	255	52	0.0	203	135.4	103	0.0	32.4
Manlio Fabio Altamirano	609	29	9.0	571	5.0	2.9	0.3	1.8
Comapa	111	0.0	32	79	2.5	0.0	0.5	2.0
Soledad de Doblado	312	26	5.0	281	7.1	5.1	0.3	1.7
Totutla	66	0.0	16	50	3.3	0.0	0.3	3.0
Tenampa	3.0	0.0	1.0	2.0	0.2	0.0	0.0	0.2
Ayahualulco	46	0.0	43	3	3.7	0.0	3.6	0.1
Perote	78	15	50	13	34.5	2.8	9.8	21.9
Paso de Ovejas	275	19	5	251	6.1	3.2	0.4	2.5
Puente Nacional	74	10	18	46	4.2	1.2	1.7	1.3
Emiliano Zapata	156	0	83	73	8.9	0.0	8.3	0.6
Apazapan	13	1	9	3	0.7	0.1	0.6	NS
Jalcomulco	4	0	1	3	0.8	0.0	0.3	0.5
Tlaltetela	47	0	15	32	1.9	0.0	0.3	1.6
Coatepec	125	0	113	12	37.2	0.0	3.8	33.4
Xico	73	0	68	5	8.2	0.0	6.3	1.9
Teocelo	22	0	20	2	1.7	0.0	1.7	NS
Cosautlán de Carvajal	14	0	14	0	0.7	0.0	0.7	0.0
Ixhuacán de los Reyes	121	0	113	8	3.5	0.0	3.4	0.1
Xalapa	14	0	8	6	42.9	0.0	0.3	42.6
Tlalnahuayocan	53	0	31	22	31.2	0.0	0.8	30.4
Banderilla	16	0	13	3	3.5	0.0	0.7	2.8
Total	2,526	163	667	1,696	352.8	127.6	44.1	181.1
Estatal (Veracruz-Llave)	65,793	986	5,889	58,918	1,807.8	441.9	487.5	878.3

Fuente: INEGI, 2002.

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

En la

Tabla 9 se presentan los sistemas, tomas domiciliarias instaladas y localidades con red de distribución de agua potable según municipio.

**TABLA 9
SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS Y LOCALIDADES CON
RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

Municipio	Sistemas de agua potable	Tomas Domiciliarias				Localidades con red de distribución
		Total	Domésticas	Comerciales	Industriales	
La Antigua	9	8,046	7,533	495	18	11
Veracruz	9	145,231	137,668	7,307	256	8
Manlio Fabio Altamirano	22	3,246	3,204	42	0.0	27
Comapa	7	856	856	0.0	0.0	5
Soledad de Doblado	18	3,781	3,488	274	19	35
Totutla	11	1,257	1,255	2	0.0	11
Tenampa	3	477	477	0.0	0.0	4
Ayahualulco	11	2,739	2,739	0.0	0.0	18
Perote	15	8,135	7,727	381	27	23
Paso de Ovejas	19	6,446	6,351	93	2	31
Puente Nacional	15	3,501	3,434	58	10	25
Emiliano Zapata	26	7,768	7,753	13	2	36
Apazapan	7	806	806	0	0	7
Jalcomulco	3	890	890	0	0	3
Tlaltetela	7	1,410	1,345	65	0	10
Coatepec	21	14,401	13,888	433	80	32
Xico	6	5,419	5,376	35	8	21
Teocelo	8	2,825	2,825	0	0	7
Cosautlán de Carvajal	4	2,464	2,464	0	0	20
Ixhuacán de los Reyes	19	1,386	1,386	0	0	24
Xalapa	8	88,313	78,281	9,228	804	8
Tlalnahuayocan	7	911	911	0	0	7
Banderilla	4	3,637	3,434	187	16	6
Total	259	313945	294091	18613	1242	379
Estatad (Veracruz-Llave)	1,695	1,030,270	967,924	58,488	3,858	2,378

Fuente: INEGI, 2002.

Por último, en la

Tabla 10 se presentan los sistemas y localidades con el servicio de drenaje y alcantarillado según municipio.

**TABLA 10
SISTEMAS Y LOCALIDADES CON EL SERVICIO DE DRENAJE Y
ALCANTARILLADO**

Municipio	SISTEMAS DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO	LOCALIDADES CON EL SERVICIO
La Antigua	1	1
Veracruz	1	1
Manlio Fabio Altamirano	1	1
Comapa	1	1
Soledad de Doblado	1	1
Totutla	1	1
Tenampa	1	1
Ayahualulco	5	5
Perote	9	11
Paso de Ovejas	18	18
Puente Nacional	1	1
Emiliano Zapata	8	8
Apazapan	5	5
Jalcomulco	2	2
Tlaltetela	1	1
Coatepec	8	2
Xico	2	2
Teocelo	6	6
Cosautlán de Carvajal	1	1
Ixhuacán de los Reyes	2	2
Xalapa	1	1
Tlalnelhuayocan	3	3
Banderilla	1	1
Total	80	76
Estatad (Veracruz-Llave)	493	496

Fuente: INEGI, 2002.

INDICE DE MARGINACIÓN Y NIVELES DE BIENESTAR

De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), las entidades federativas de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz tienen un grado de marginación muy alto. En estas cuatro entidades federativas las coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento son muy inferiores a la media nacional (D.O.F. 13 de Febrero de 2002).

En general, las localidades con grado de marginación alto y muy alto son asentamientos pequeños y concentran una proporción de población municipal baja, donde no existen economías de escala en la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (D.O.F. 13 de Febrero de 2002).

Por otra parte, los Niveles de Bienestar (NIBA, 2000), son resultado de la aplicación de un método de clasificación sobre los valores de un grupo de indicadores, (36 en total, entre los que se encuentran: población alfabetada, población que asiste a la escuela, escolaridad promedio, población económicamente activa, características de la vivienda, suministro de servicios, ocupación, etc.). El método de clasificación define diferencias en las condiciones de vida de la población, correspondiendo los niveles inferiores a condiciones menos favorables y los superiores a mejores niveles de desarrollo, en un intervalo del 1 al 7.

Los niveles de bienestar que presentan los municipios que se encuentran en la cuenca del río La Antigua, se presentan en el CUADRO 1:

**CUADRO 1
NIVELES DE BIENESTAR (NIBA)**

Municipio	NIBA 2000
La Antigua	7
Veracruz	7
Manlio Fabio Altamirano	3
Comapa	2
Soledad de Doblado	3
Totutla	2
Tenampa	2
Ayahualulco	1
Perote	5
Paso de Ovejas	6
Puente Nacional	6
Emiliano Zapata	6
Apazapan	4
Jalcomulco	3
Tlaltetela	2
Coatepec	5
Xico	3
Teocelo	3
Cosautlán de Carvajal	2
Ixhuacán de los Reyes	2
Xalapa	7
Tlalnahuayocan	3
Banderilla	7

Fuente: INEGI, 2001.

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Algunas de las actividades económicas más importantes en la zona de estudio se presentan en la

Tabla 11:

**TABLA 11
UNIDADES DE COMERCIO Y ABASTO SEGÚN MUNICIPIO**

Municipio	Tianguis	Mercados Públicos	Rastros	Centrales de Abasto	Centros Receptores de Productos Básicos
La Antigua Veracruz	1	2	1	0	0
Manlio Fabio Altamirano	0	1	1	0	0
Comapa	1		0	0	0
Soledad de Doblado	1	1	1	0	0
Totutla	0	1	0	0	0
Tenampa	0	0	0	0	0
Ayahualulco	0	0	0	0	0
Perote					
Paso de Ovejas	1	1	1	0	0
Puente Nacional	0	0	0	0	0
Emiliano Zapata	0	0	1	0	0
Apazapan	0	0	0	0	0
Jalcomulco	0	0	1	0	0
Tlaltetela	0	0	0	0	0
Coatepec	1	1	3	0	0
Xico	1	1	1	0	0
Teocelo	0	0	0	0	0
Cosautlán de Carvajal	0	0	1	0	0
Ixhuacán de los Reyes	0	0	1	0	0
Xalapa	8	6	1	1	0
Tlalnelhuayocan	0	0	1	0	0
Banderilla	1	0	1	0	0
Total	15	21	16	2	17
Estatad (Veracruz-Llave)	136	172	137	6	47

Fuente: INEGI, 2002.

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

Agricultura

En la TABLA 12 se muestra la superficie cosechada por tipo de cultivo:

**TABLA 12
SUPERFICIE SEMBRADA Y COSECHADA POR TIPO DE CULTIVO,
PRINCIPALES CULTIVOS Y MUNICIPIOS SEGÚN DISPONIBILIDAD DE
AGUA EN LA REGIÓN (Ha)**

Municipio	Principales cultivos	Superficie Sembrada			Superficie Cosechada		
		TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL
La Antigua	Maíz	667.00	44.00	623.00	667.00	44.00	623.00
	Fríjol	42.00	24.00	18.00	42.00	24.00	18.00
	Chile verde	15.00	15.00		15.00	15.00	
	Caña de Azúcar	2,460.00	2,460.00		2,460.00	2,460.00	
	Mango	43.00	28.00	15.00	43.00	28.00	15.00
	Papaya	120.00	41.00	79.00	120.00	41.00	79.00
Veracruz	Maíz	921.0	6.0	915.0	921.0	6.0	915.0
	Fríjol	7.0	0.0	7.0	7.0	0.0	7.0
	Caña de Azúcar	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	10.0
	Mango	4.0	4.0	0.0	4.0	4.0	0.0
	Pasto	6,006.0	444.0	5,562.0	6,006.0	444.0	5,562.0
	Limón	3.0	3.0	0.0	3.0	3.0	0.0
	Naranja	60.0	60.0	0.0	60.0	60.0	0.0
	Naranja	54.0	54.0	0.0	54.0	54.0	0.0
Manlio Fabio Altamirano	Fríjol	136.0	0.0	136.0	136.0	0.0	136.0
	Chile verde	12.0	8.0	4.0	12.0	8.0	4.0
	Maíz	4,768.0	88.0	4,680.0	4,700.00	88.0	4,612.0
	Pasto	2,413	200.0	2,213.0	2,413	200.0	2,213.0
	Papaya	775.0	0.0	775.0	775.0	0.0	775.0
	Mango	1,325.0	14.0	1,311.0	1,325.0	14.0	1,311.0
	Limón	47.0	47.0	0.0	47.0	47.0	0.0
	Mango	1,325.0	14.0	1,311.0	1,325.0	14.0	1,311.0
Comapa	Maíz	6,137.50	37.5	6,100.0	5,757.50	37.50	5,720.0
Soledad de Doblado	Sorgo Grano	25.0	0.0	25.0	25.0	0.0	25.0
	Chile verde	98.0	7.0	91.0	98.0	7.0	91.0
	Naranja	6.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0
	Pasto	6,737.0	60.0	6,677.0	6,737.0	60.0	6,677.0
	Papaya	735.0	40.0	695.0	735.0	40.0	695.0
	Mango	1,097.0	0.0	1,097.0	1,097.0	0.0	1,097.0
	Limón	224.0	0.0	224.0	224.0	0.0	224.0
	Sandía	6.0	0	6.0	6.0	0	6.0
	Maíz	460.0	0.0	460.0	460.0	0.0	460.0
Totutla	Café	2,949.0	0.0	2,949.0	2,949.0	0.0	2,949.0
	Caña de Azúcar	1,950.0	0.0	1,950.0	1,950.0	0.0	1,950.0
	Café	2,048.0	0.0	2,048.0	2,048.0	0.0	2,048.0
Tenampa	Mango	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0
	Maíz	5,200.00	0	5,200.00	5,000.5	0.0	5,000.5
Ayahualulco	Fríjol	40.00	0.0	40.00	32.25	0.0	32.25
	Papa	400	0.0	400	323	0.0	323
	Maíz	12,802.0	194.0	12,608.0	10,271.75	194.0	10,077.55
Perote	Fríjol	2,042.00	42.00	2,000.00	1695.75	42	1653.75
	Pasto	9.0	9.0	0.0	9.0	9.0	0.0
	Papa	661.0	189.0	472.0	626.50	189.0	437.50
	Maíz	4,912.00	112.00	4,800.00	4,912.00	112.00	4,800.00
Paso de Ovejas	Fríjol	71.75	48.75	23.00	71.75	48.75	23.00
	Chile verde	67.00	46.00	21.00	67.00	46.00	21.00
	Mango	1,670	700.00	970.00	1,670	700.00	970.00
	Papaya	1,806.00	72.00	1,734.00	1,806.00	72.00	1,734.00
	Maíz	4,197.00	197.00	4,000.00	4,197.00	197.00	4,000.00
Puente Nacional	Fríjol	94.00	64.00	30.00	94.00	64.00	30.00
	Chile verde	96.00	60.00	36.00	96.00	60.00	36.00
	Sandía	3.00	3.00		3.00	3.00	
	Caña de Azúcar	1,695.00	1,695.00		1,695.00	1,695.00	
	Mango	1,240.00	450.00	790.00	1,240.00	450.00	790.00
	Papaya	2,203.00	135.00	2,068.00	2,203.00	135.00	2,068.00
	Maíz	3,800.00		3,800.00	3,800.00		3,800.00
Emiliano Zapata	Fríjol	45.00		45.00	45.00		45.00
	Chile verde	80.00		80.00	80.00		80.00
	Caña de Azúcar	578.00	200.00	378.00	578.00	200.00	378.00
	Café	5,278.00	320.00	4,958.00	5,278.00	320.00	4,958.00

Determinación de Metales Pesados en el río La Antigua Veracruz.

ANEXO S

Municipio	Principales cultivos	Superficie Sembrada			Superficie Cosechada		
		TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL
	Naranja	35.00		35.00	35.00		35.00
	Mango	1,902.00	330.00	1,572.00	1,902.00	330.00	1,572.00
	Limón	232.00	13.00	219.00	232.00	13.00	219.00
	Papaya	100.00		100.00	100.00		100.00
Apazapan	Maíz	1,710.00		1,710.00	1,710.00		1,710.00
	Fríjol	10.00		10.00	10.00		10.00
	Chile verde	50.00		50.00	50.00		50.00
	Mango	370.00		370.00	370.00		370.00
	Limón	54.50	29.00	25.50	54.50	29.00	25.50
	Papaya	100.00		100.00	100.00		100.00
Jalcomulco	Maíz	789.00		789.00	789.00		789.00
	Caña de Azúcar	47.00		47.00	47.00		47.00
	Café	228.00		228.00	228.00		228.00
	Mango	2,034.00		2,034.00	2,034.00		2,034.00
	Limón	6.00		4.00	4.00		4.00
Tlaltetela	Maíz	1,392.00		1,392.00	1,392.00		1,392.00
	Fríjol	111.00		111.00	111.00		111.00
	Caña de Azúcar	2,306.00		2,306.00	2,306.00		2,306.00
	Café	3,178.00		3,178.00	3,178.00		3,178.00
	Mango	350.00		350.00	350.00		350.00
	Papaya	20.00		20.00	20.00		20.00
Coatepec	Maíz	370.00		370.00	370.00		370.00
	Fríjol	5.00		5.00	5.00		5.00
	Papa	20.00		20.00	5.00		5.00
	Caña de Azúcar	2,520.00	350.00	2,170.00	2,520.00	350.00	2,170.00
	Café	9,581.00	451.00	9,130.00	9,581.00	451.00	9,130.00
	Naranja	70.00		70.00	70.00		70.00
	Pasto	4.00	4.00		4.00	4.00	
	Mango	200.00		200.00	200.00		200.00
	Limón	49.00		49.00	49.00		49.00
	Plátano	8.00		8.00	8.00		8.00
Xico	Maíz	250.00		250.00	250.00		250.00
	Fríjol	5.00		5.00	5.00		5.00
	Papa	25.00		25.00	25.00		25.00
	Caña de Azúcar	30.00		30.00	30.00		30.00
	Café	3,311.00		3,311.00	3,311.00		3,311.00
	Naranja	30.00		30.00	30.00		30.00
	Plátano	200.00		200.00	200.00		200.00
	Maíz	240.00		240.00	240.00		240.00
Teocelo	Caña de Azúcar	93.00		93.00	93.00		93.00
	Café	2,794.00		2,794.00	2,794.00		2,794.00
	Naranja	30.00		30.00	30.00		30.00
	Mango	230.00		230.00	230.00		230.00
	Plátano	230.00		230.00	230.00		230.00
Cosautlán de Carvajal	Maíz	200.00		200.00	194.75		194.75
	Fríjol	5.00		5.00	5.00		5.00
	Caña de Azúcar	78.00		78.00	78.00		78.00
	Café	4,211.00		4,211.00	4,211.00		4,211.00
Ixhuacán de los Reyes	Maíz	151.25		151.25	151.25		151.25
	Papa	25.00		25.00	6.25		6.25
	Café	658.00		658.00	658.00		658.00
Xalapa	Maíz	160.00		160.00	160.00		160.00
	Caña de Azúcar	512.00	98.50	414.00	512.00	98.50	414.00
	Café	1,998.00	8.00	1,998.00	1,998.00	8.00	1,998.00
	Pasto	3.00	3.00		3.00	3.00	
	Plátano	4.00		4.00	4.00		4.00
Tlalnahuayocan	Maíz*	719.00		719.00	719.00		719.00
Banderilla	Maíz	25.00		25.00	25.00		25.00
	Caña de Azúcar	30.00		30.00	30.00		30.00
	Café	42.00		42.00	42.00		42.00
Total		136,916	9,523.75	127,398.75	133,231.75	9,523.75	123,716.3

Fuente: INEGI, 2002.

Ganadería

Otra actividad importante en la región es la ganadería, la cual se ha ido incrementando por los cambios de uso de suelo, la superficie dedicada a esta actividad se presenta en la

Tabla 13:

**TABLA 13
SUPERFICIE DEDICADA A LA GANADERÍA (ha)**

Municipio	TOTAL	PASTOS Y PRADERAS	
		CULTIVADAS	NATURALES
La Antigua	5,026	2,554	2,474
Veracruz	19,434	13,355	6,079
Manlio Fabio Altamirano	7,389	6,272	1,117
Comapa	15,427	9,976	5,451
Soledad de Doblado	19,161	15,152	4,009
Totutla	3,059	1,083	1,976
Tenampa	798	465	333
Ayahualulco	2,584	1,422	1,162
Perote	20,855	1,330	19,525
Paso de Ovejas	19,627	14,722	4,905
Puente Nacional	16,633	14,685	1,948
Emiliano Zapata	19,377	11,110	8,267
Apazapan	2,385	437	1,948
Jalcomulco	1,614	973	641
Tlaltetela	6,947	3,750	3,197
Coatepec	3,365	1,830	1,535
Xico	6,833	4,203	2,630
Teocelo	1,822	972	850
Cosautlán de Carvajal	699	198	501
Ixhuacán de los Reyes	4,647	2,580	2,067
Xalapa	4,501	1,133	3,368
Tlalnahuayocan	512	365	147
Banderilla	689	689	--
Total	183,384	109,256	74,130
Estatad (Veracruz-Llave)	3,643,672	2,675,659	968,013

Fuente: INEGI, 2002.

**TABLA 14
PLANTAS DE TRATAMIENTO PUBLICO-URBANO EN LA CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA**

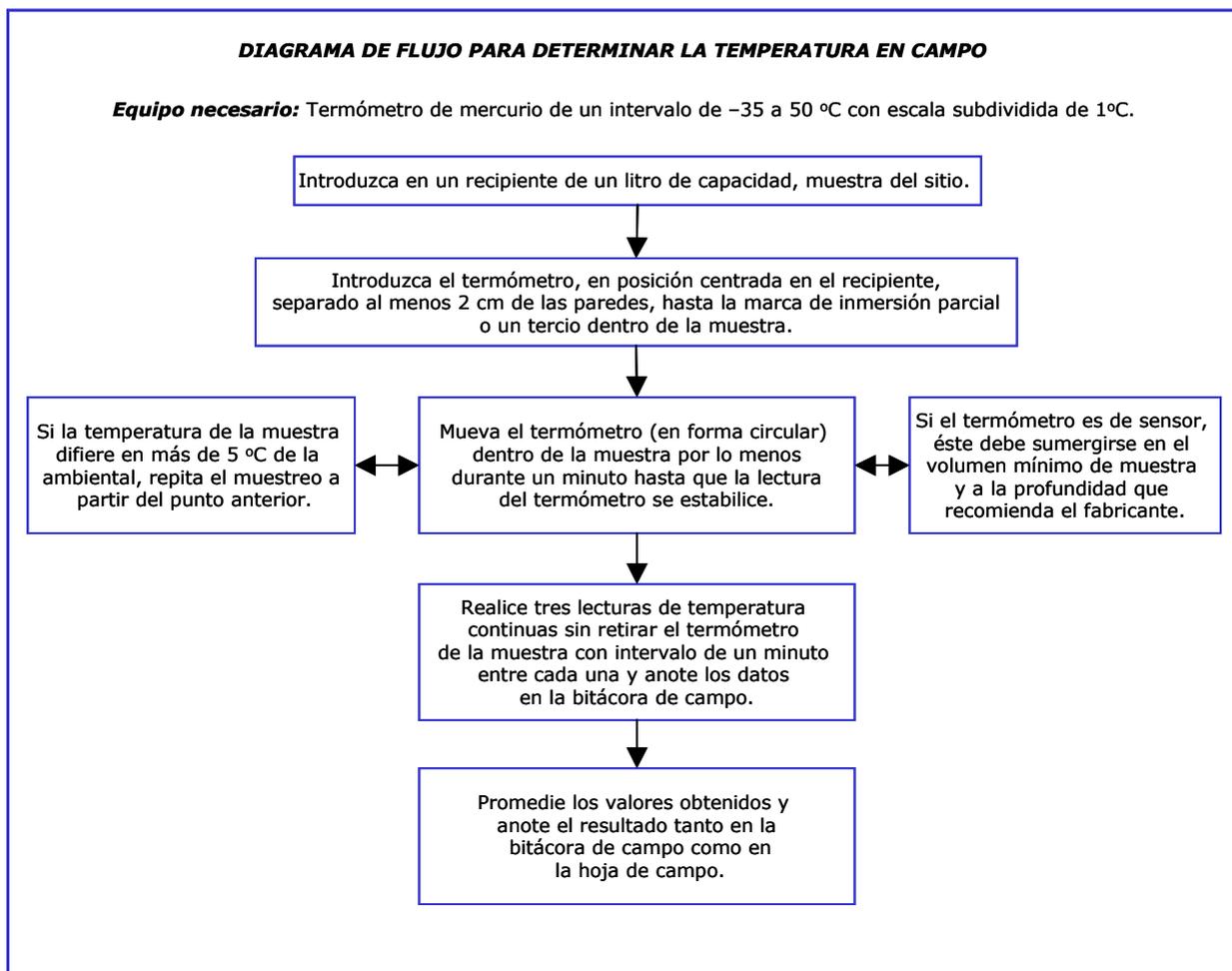
No.	NOMBRE DEL USUARIO	CUENCA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	No. DE PLANTAS	PLANTAS EN OPERACION	Q. DISEÑO (l/s)	Q. OPER. (l/s) CUMPLE (NOM O CPD)		(% EFIC)	CUERPO RECEPTOR	DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO	TIPO DE TRATAMIENTO	VOLUMEN DE DESCARGA (m ³ /año)	VOLUMEN DE DESCARGA (l/s)
								SI	NO						
TRATAMIENTO PRIMARIO Y PRETRATAMIENTO															
1	Fracc. San Pedro Arboledas	La Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	20	8.0		26	Arroyo	Sedimentación y Filtración	Primario	252,280	8.00
2	U.H. Las Margaritas	La Antigua	Xalapa	Xalapa	1	1	1	1.00	94	Arroyo	Sedimentación y Filtración	Pre-tratamiento	31,536	1.00	
3	U.H. Buenavista	La Antigua	Xalapa	Xalapa	1	1	3	3.00	50	Arroyo	Tanque Imhoff	Primario	94,608	3.00	
SUBTOTAL PRIMARIO Y PRETRATAMIENTO					3	3	24.0	8.0	4.00					378,424	12.00
TRATAMIENTO SECUNDARIO															
1	Planta Municipal	La Antigua	Paso de Ovejas	Paso de Ovejas	1	1	20	4.00	50	Infiltración Sup. y Río Paso de Ovejas	Laguna de Oxidación	Secundario	126,144	4.00	
2	U.H. Río Medio	La Antigua	Veracruz	Veracruz	1	1	120	41.42	60	Río Medio	Rejillas, sedimentador primario, lagunas de aereación, desinfección	Secundario	1,306,368	41.42	
3	U.H. Hortalizas	La Antigua	Veracruz	Veracruz	1	1	16	10.0	87	Río Medio	Rejillas y canales, filtro rociador, sedimentador secundario, desinfección	Secundario	315,360	10.00	
4	CRAS, Planta Playa Norte	La Antigua	Veracruz	Veracruz	1	1	1000	1000	85	Aguas Costeras	Filtros Percoladores	Secundario	31,536,000	1000.00	
5	Arq. Aguayo y Asociados, S.A. de C.V. (U.H. Arboledas de Xalapa)	La Antigua	Xalapa	Xalapa	1	1	2.5	2.19	91	Resumidero	Reactor anaerobio	Secundario	69,120	2.19	
SUBTOTAL SECUNDARIO					5	5	1158.5	10.0	1047.6					33,352,992	1057.62
TRATAMIENTO SECUNDARIO Y TERCIARIO															
1	Inmobiliaria Valle dorado, S.A. De C.V.	La Antigua	Veracruz	Ex Hacienda Santa fe	1	1	17.34	14.5			Río Medio	Pretratamiento, tanque de aereación, clarificador, digestor anaerobio, desinfección	Secundario y Terciario	455,695	14.45
SUBTOTAL SECUNDARIO Y TERCIARIO					1	1	17.34	14.5						455,695	14
TOTAL DE LOS TRATAMIENTOS					9	9	1200	32.45	1052					34,187,111	1,084

Fuente: CNA, 2001.

**TABLA 15
PLANTAS DE TRATAMIENTO INDUSTRIALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA**

NOMBRE DEL USUARIO	CUENCA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	No. DE PLANTA	PLANTAS EN OPERACIÓN	Q. DISEÑO (l/s)	Q. OPER. (l/s) CUMPLE (NOM O CPD)		(% EFIC)	CUERPO RECEPTOR	DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO	VOLUMEN DE DESCARGA (m³/año)	VOL. DE DESCARGA (l/s)
							SI	NO					
TRATAMIENTO PRIMARIO													
Ingenio de Mahuixtlán, S.A.	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	225.0	47.6		15	Río Pintores	Sistema de enfriamiento, Neutralización y Trampa G y A.	1,500,000	115.0
Cafés Finos de Coatepec S.A. (D1)	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	23.9		6.67	30	Río Suchilapa	Sedimentación	210,240	6.7
Laboratorio Streger S.A.	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	0.1		0.01	50	Río Pintores	Fosa Séptica	360	0.01
Proinvel S.A. de C.V.	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	0.1		0.02	60	Pozo de absorción	Fosa Séptica	547	0.02
B.C. Maquiladora de Café San Cristóbal	La Antigua	Teocelo	Teocelo	1	1	6.4		3.70	50	Can. Aguas Negras R. Texolo	Filtración con grava	50,000	3.7
PEMEX Agencia de Ventas	Antigua	Xalapa	Xalapa	1	1	0.1		0.07	80	Canal Afl. Laguna San Julián	Fosa Bioenzimática	2,190	0.1
Geo Alsthom Geo RailMex S.A. de C.V.	Antigua	Xalapa	Xalapa	1	1	0.5		0.47	60	Pozo de Absorción	Fosa Séptica y Trampa de G y A.	14,711	0.5
Beneficiadores de Café Aresca	Antigua	Xico	Xico	1	1	4.0		3.03	30	Pozo de Absorción	Sedimentación y Filtración	95,400	3.0
PEMEX Refinación, Terminal de Almacenamiento y distribución Veracruz	Antigua	Veracruz	Veracruz	1	1	0.67		0.67		Riego	Separación de aceite-agua, filtración y aereación		0.7
SUBTOTAL				9	9	260.77	47.565	14.626				1,874,168	130
TRATAMIENTO SECUNDARIO													
Compañía NESTLE S.A.	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	14.0		19.85	60	Río Pixquiác	Lodos Activados	625,975	19.8
Ingenio El Modelo S.A.	Antigua	La Antigua	Villa Cardel	1	1	750.0		383.67	50	Dren No. 6	Lodos Activados, Trampa G Y A	12,099,456	778.0
Corrugados Tehuacán, S.A. de C.V.	Antigua	San Andrés Tlaltehuacán	Rancho Yerbabuena	1	1	5.0	3.4		99	Río Sordo	Desarenador, rejillas, tanque de flotación sistema DAF, reactor biológico (Lodos activados)	108,672.79	3.4
SUBTOTAL				3	3	769	3.446	403.52				12,834,104	801.3
TRATAMIENTO SECUNDARIO Y TERCIARIO													
Panamco Golfo, S.A. de C.V. (Bebidas Azteca del Golfo S.A.)	Antigua	Coatepec	Coatepec	1	1	11.0	8.6		100	Río Pixquiác	Cribado y neutralización, bioreactor de aereación extendida y Cloración	272,160	8.6
SUBTOTAL				1	1	11	8.6	0.0				272,160	8.6
TOTAL				13	13	1040.8	59.641	418.15				14,980,432	940

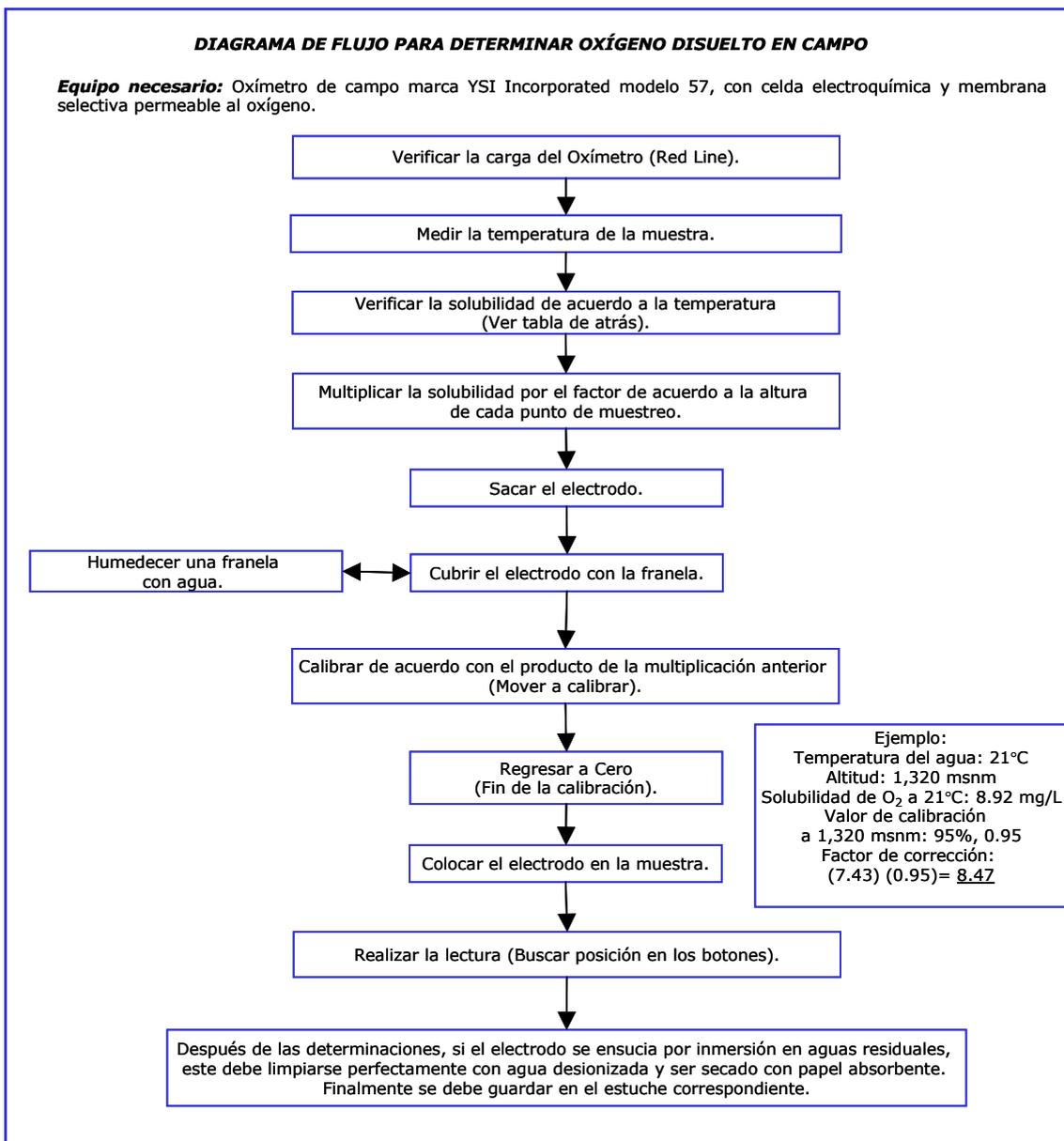
Fuente: CNA, 2001.



Interferencias (error de paralaje): El error de paralaje puede eliminarse si se tiene cuidado que la escala graduada del termómetro puede observarse por reflexión sobre la columna de mercurio dentro del capilar. Para ello el observador ajusta el nivel de su ojo sobre una línea de lectura, de forma que la graduación más cercana del menisco se superponga exactamente a su propia imagen reflejada por el mercurio.

Cálculos: Calcule el promedio de las tres lecturas después registre el valor en la bitácora y en la hoja de campo. Los resultados obtenidos se expresan en grados Celsius (°C), por redondeo del valor promedio obtenido.

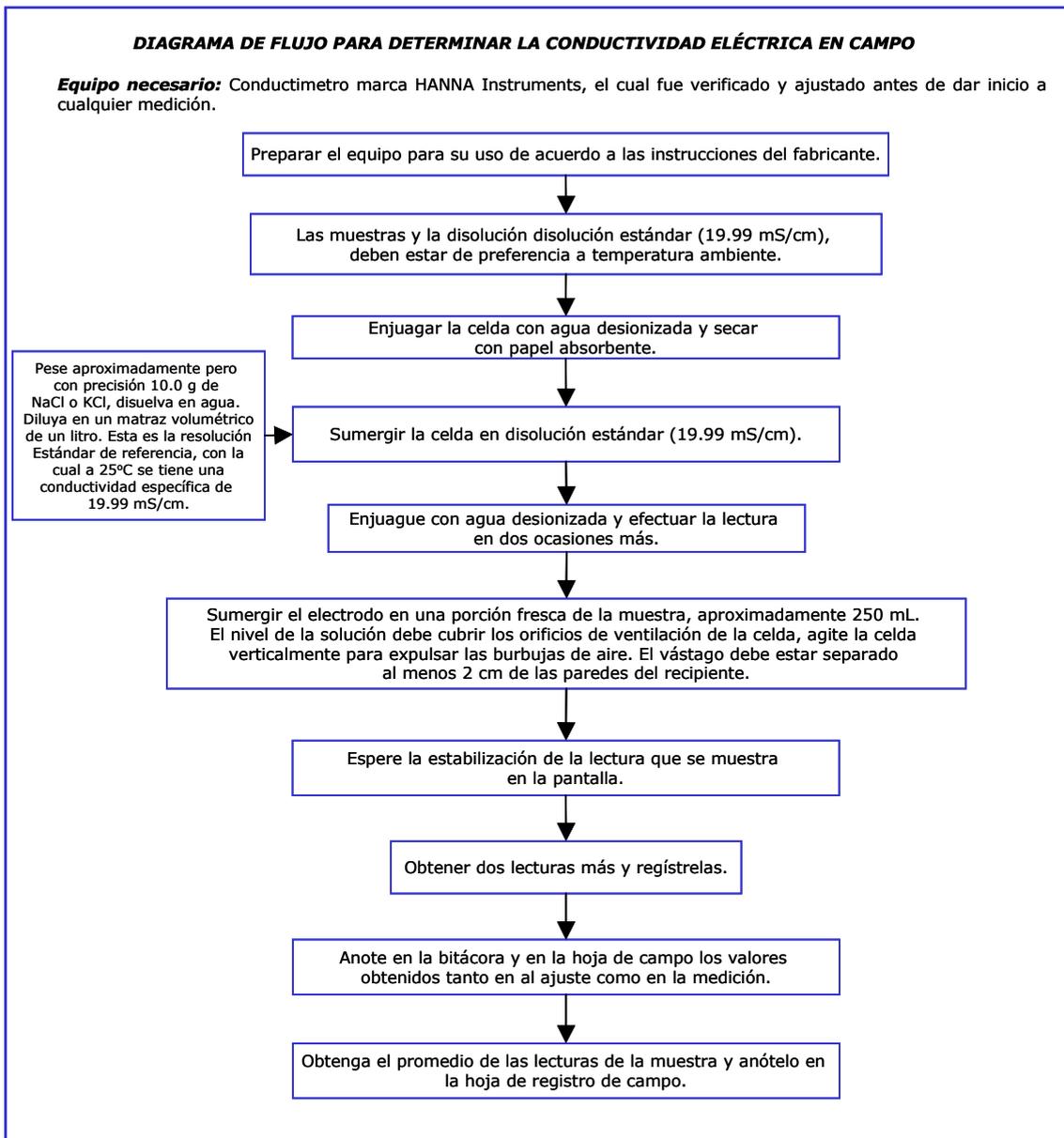
Fuente: CNA, 1993; SCFI, 2000.



Interferencias: a) La entrada de aire por disolución o absorción dentro de las muestras puede causar medidas erróneas del instrumento.
 b) Las pruebas basadas en difusión están sujetas a errores negativos por la formación de capas como los óxidos de hierro, los cuales impiden la difusión del oxígeno.
 c) La hidracina, aminas, ácido sulfúrico e hidrógeno, que pasen a través de las membranas causan errores negativos.

Cálculos: Método electrónico no aplica.

Fuente: CNA, 1993; SE, 2001b.

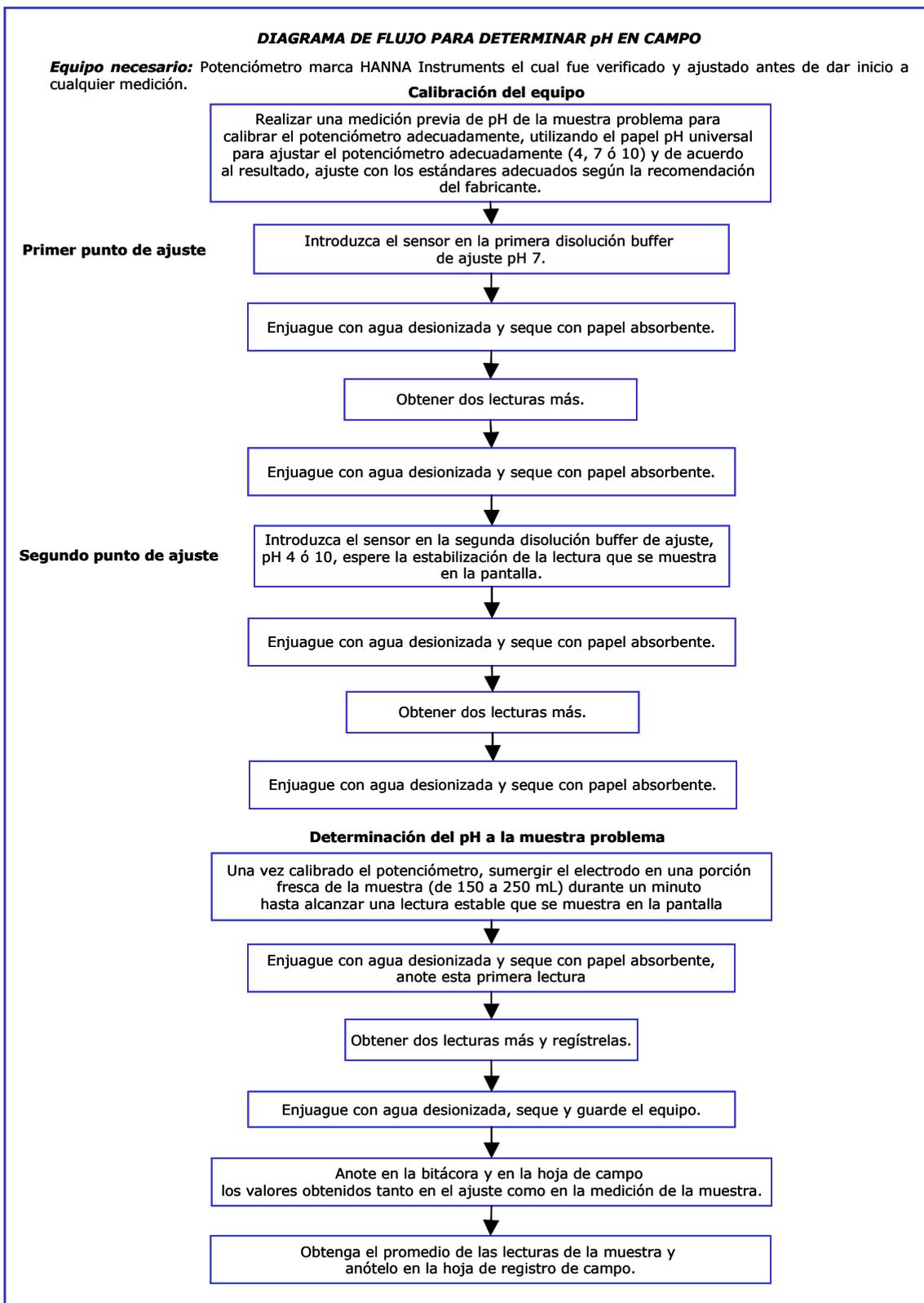


Interferencias: a) Cuando el agua contenga grandes cantidades de material en suspensiones preferible dejarla sedimentar antes de medir la conductividad con el objeto de disminuir la posible saturación del electrodo.
 b) En lo posible, evite que las grasas y aceites cubran el electrodo, porque afectan la precisión de la lectura.
 c) Elimine las burbujas de aire presentes en la celda de medición agitándola de manera vertical.
 d) La exposición de muestra a la atmósfera puede causar cambios en la conductividad, debido a la pérdida o ganancia de gases disueltos (CO₂ y NH₄). En caso de aguas de bajas concentraciones de materiales disueltos ionizados, el CO₂ normalmente presente en el aire puede cambiar drásticamente la conductividad del agua pura.

Cálculos: Si se cuenta con un Conductímetro con compensador de la temperatura no es necesario realizar cálculos.

Calcule el promedio de las tres lecturas después, registre el valor en la bitácora y en la hoja de campo. Los resultados obtenidos se expresan en microsiemens por centímetro (µS/cm) indicando la precisión de la medición

Fuente: CNA, 1993; SE, 2001c.



Interferencias: a) Los potenciómetros con electrodos combinados no presentan interferencias debidas al color, turbidez, material coloidal, sustancias oxidantes o reductoras, proporcionando determinaciones confiables de pH.

b) Una causa frecuente de error en la determinación de pH se debe a inestabilidad o a falta de reproducibilidad en el potencial de unión líquida del electrodo de referencia. Para mantener un potencial de unión líquida pequeño y reproducible, debe asegurarse un libre flujo del electrolito de relleno de los electrodos de referencia hacia la solución en la que se sumerge. Por lo anterior, los electrodos deben sumergirse a una profundidad tal que el nivel del líquido de relleno siempre este arriba del nivel de la solución en la que se sumergen.

c) Si se utiliza un electrodo de referencia de calomel saturado de KCl cuando se efectúan determinaciones de pH en soluciones cuya temperatura varía apreciablemente de una a otra, es preciso controlar la saturación permanente de la solución interna del electrodo de la solución utilizada. Debe dejarse estabilizar el electrodo a la nueva temperatura de la solución durante 5 a 10 minutos antes de efectuar una calibración o lectura de pH.

d) Si se presentan dificultades para realizar el ajuste, si se observan lecturas inestables o si el tiempo de respuesta del electrodo es exagerado, ello puede ser indicación de la contaminación del bulbo de vidrio o la obstrucción de la unión líquida del electrodo de referencia por grasas o aceites. (ver sección cuidado del equipo en el manual correspondiente).

e) Se pueden tener problemas de inestabilidad en las lecturas de pH de las soluciones acuosas con alto contenido de sólidos en suspensión.

f) Cuando la muestra de agua tenga una concentración alta de iones sodio (pH arriba de 10) se debe tener cuidado, ya que los electrodos ordinarios de vidrio pueden producir lecturas erróneas, por lo cual el aparato debe estar provisto de un diagrama de "corrección de sodio", o bien, se puede utilizar electrodos especiales.

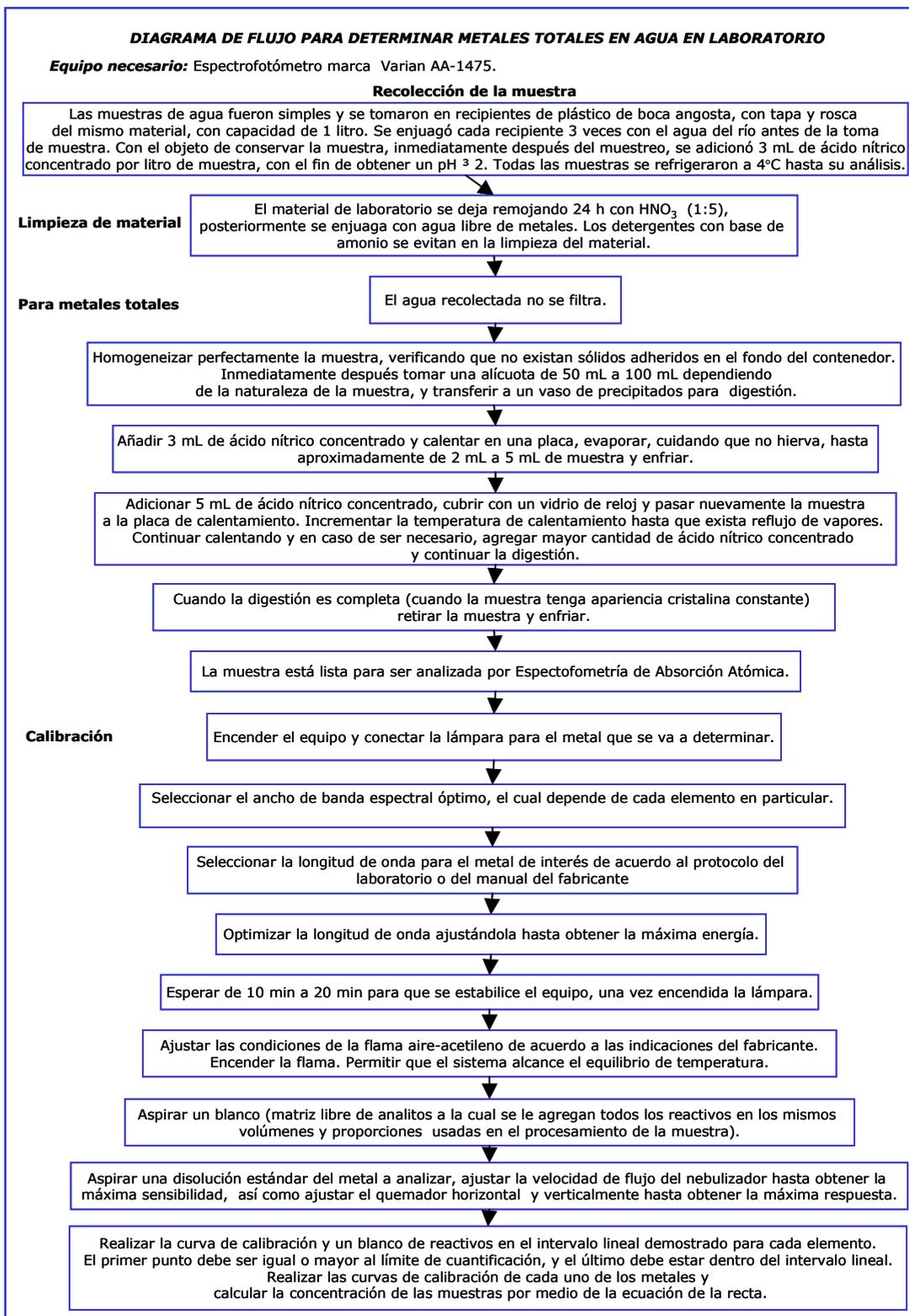
g) Las grasas y aceites pueden interferir con la respuesta de los electrodos, por lo que se recomienda lavarlos con agua jabonosa y posteriormente con solución de ácido clorhídrico (1+9).

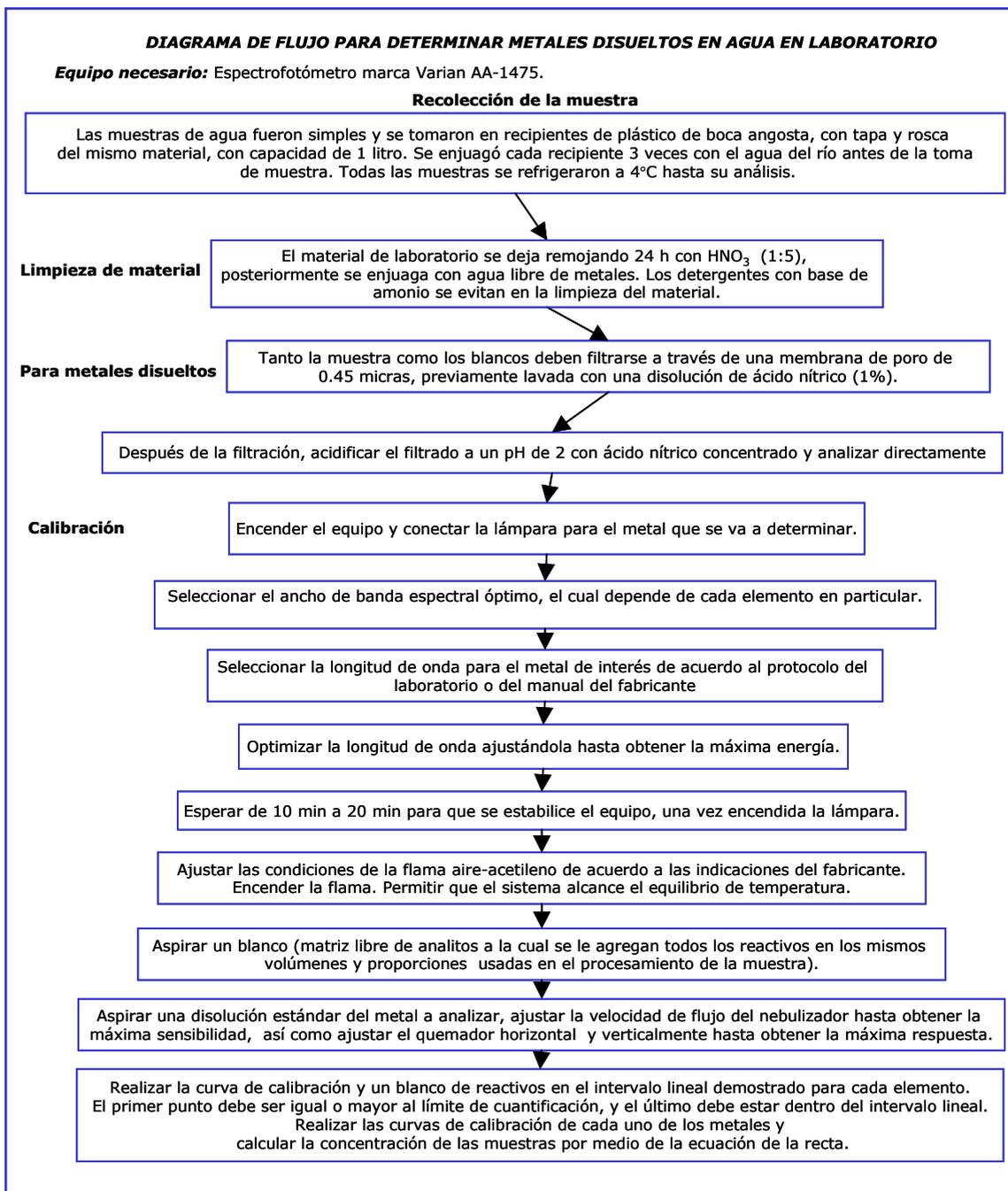
Cálculos: Registre las lecturas de pH con una cifra decimal así como la temperatura de la muestra

Informe el método de calibración del dispositivo de determinación de pH, anotando el pH (patrón 1) pH (patrón 2) y temperatura.

Informe el valor del pH de la solución problema, por redondeo con una cifra decimal, dicho valor de pH debe situarse entre los valores de los patrones 1 y 2 utilizados para la calibración del dispositivo de determinación de pH

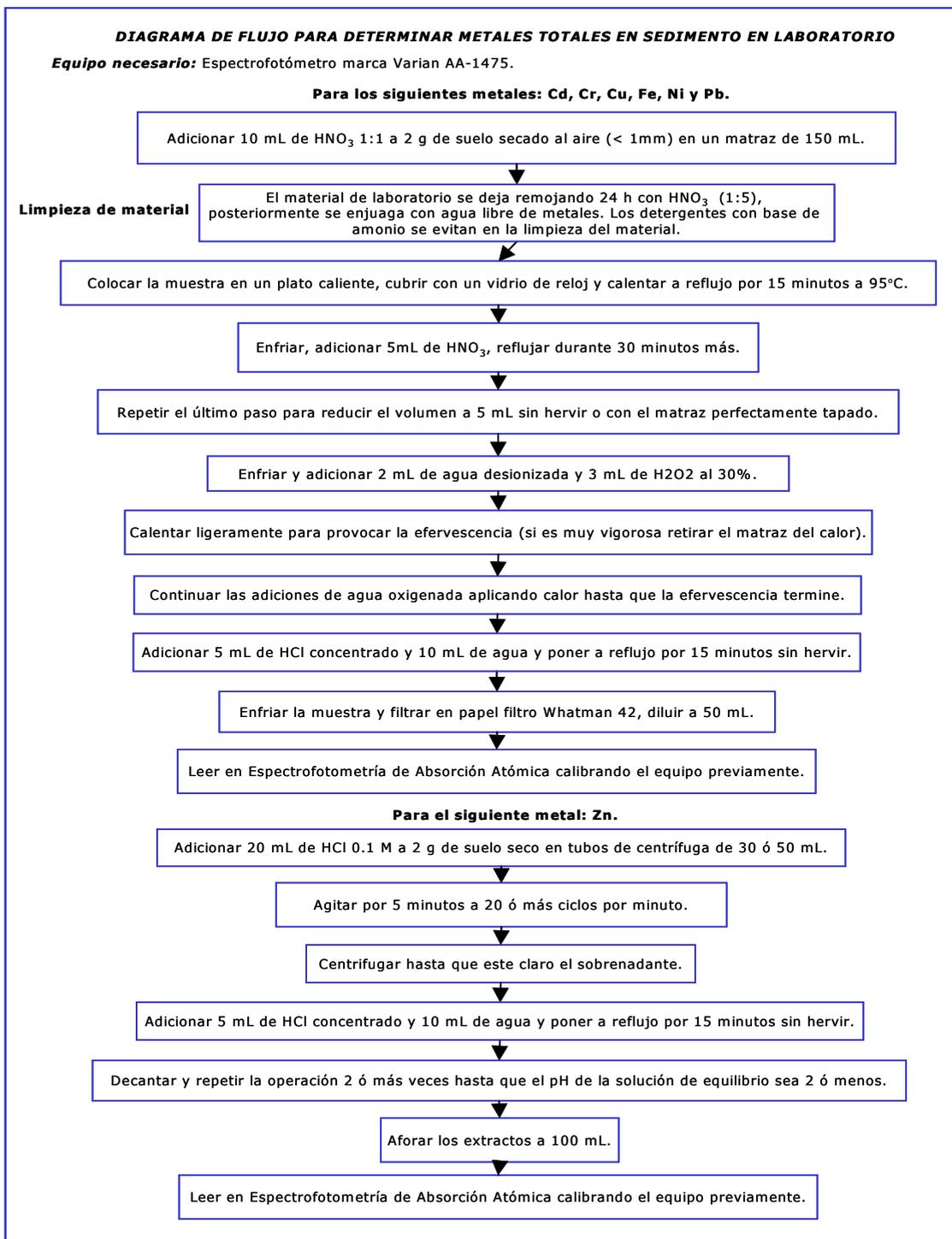
Fuente: CNA, 1993; SE, 2001d.





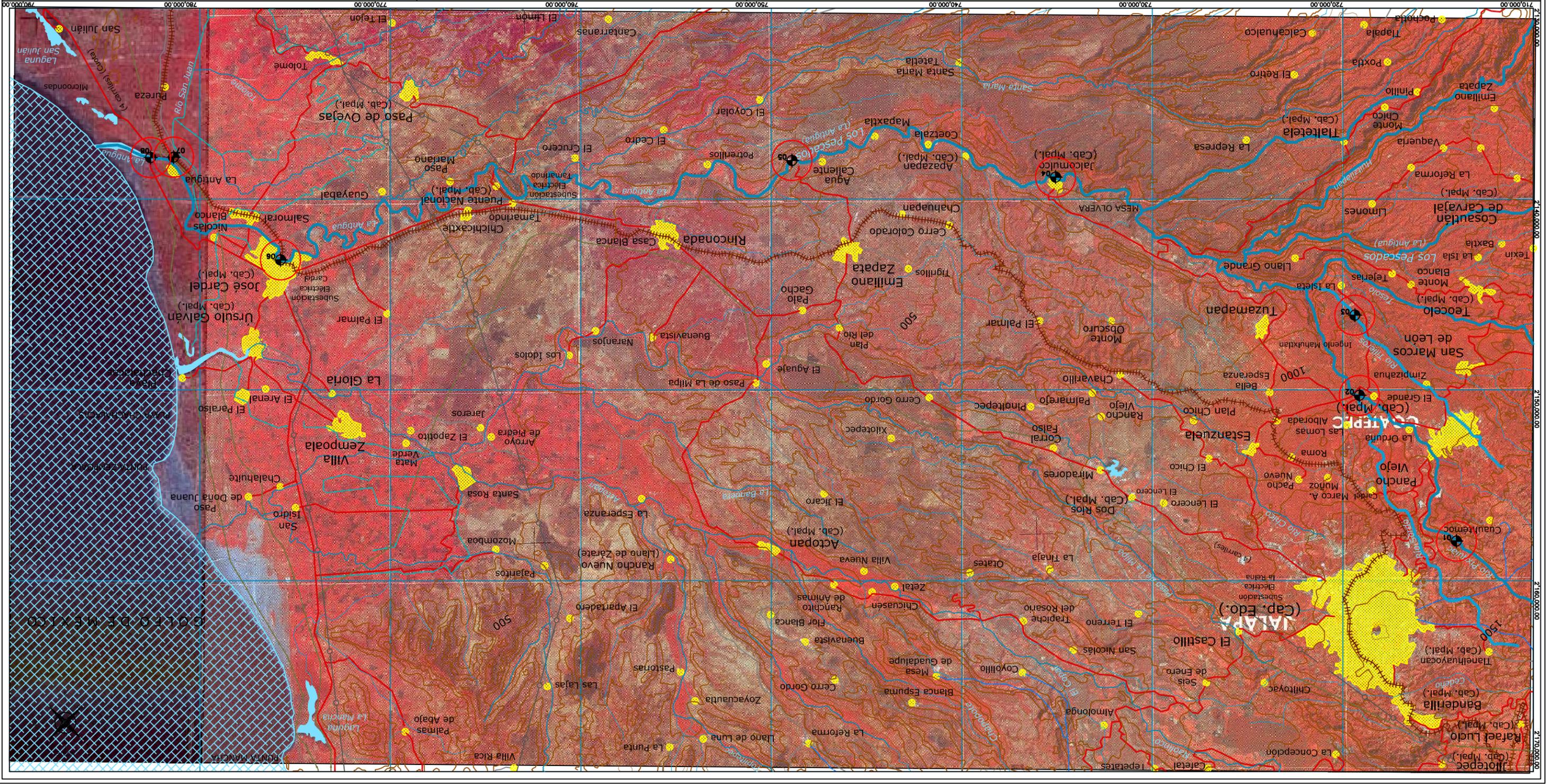
Interferencias: Para la determinación de metales totales y disueltos en agua por EAA, existen múltiples interferencias, las cuales se reducen siguiendo las recomendaciones de la norma en la materia y para las interferencias específicas de cada elemento se siguieron las recomendaciones del manual del fabricante del equipo.

Fuente: SE, 2001a.



Interferencias: La eliminación de algunas interferencias al leer en AA. Se puede hacer usando la mezcla de óxido nitroso-acetileno ó bien con aire-acetileno no luminoso, pero con pérdida de sensibilidad y para las interferencias específicas de cada elemento se siguieron las recomendaciones del manual del fabricante del equipo.

Fuente: SE, 2001a, APHA, 1992, Thompson, 1978; Bradford *et al.*, 1975; Miller y Mc Fee, 1983; Emmerich *et al.*, 1982; Sposito *et al.*, 1982; Soltanpour, 1991.



TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RIO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
ESPACIOMAPA

ESTACIONES DE MUESTREO

- "01" La Pitaya
- "02" Confluencia
- "03" Pte. de Ferrocarril Salmoral
- "04" Jalcomulco
- "05" Bañadero El Carrizal
- "06" Pte. de Ferrocarril Cordel
- "07" Pte. de Ferrocarril Salmoral
- "08" Autopista

Estaciones de muestreo Geopositadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CRONIS DE LOCALIZACIÓN:

Fuente: INEGI, 1995, 2002, Espaciomapa, Carta Topográfica, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Rediz: B161, Horacio Osorio Pacheco H., Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

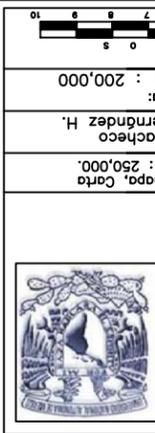
Fecha de Realización: Febrero, 2007

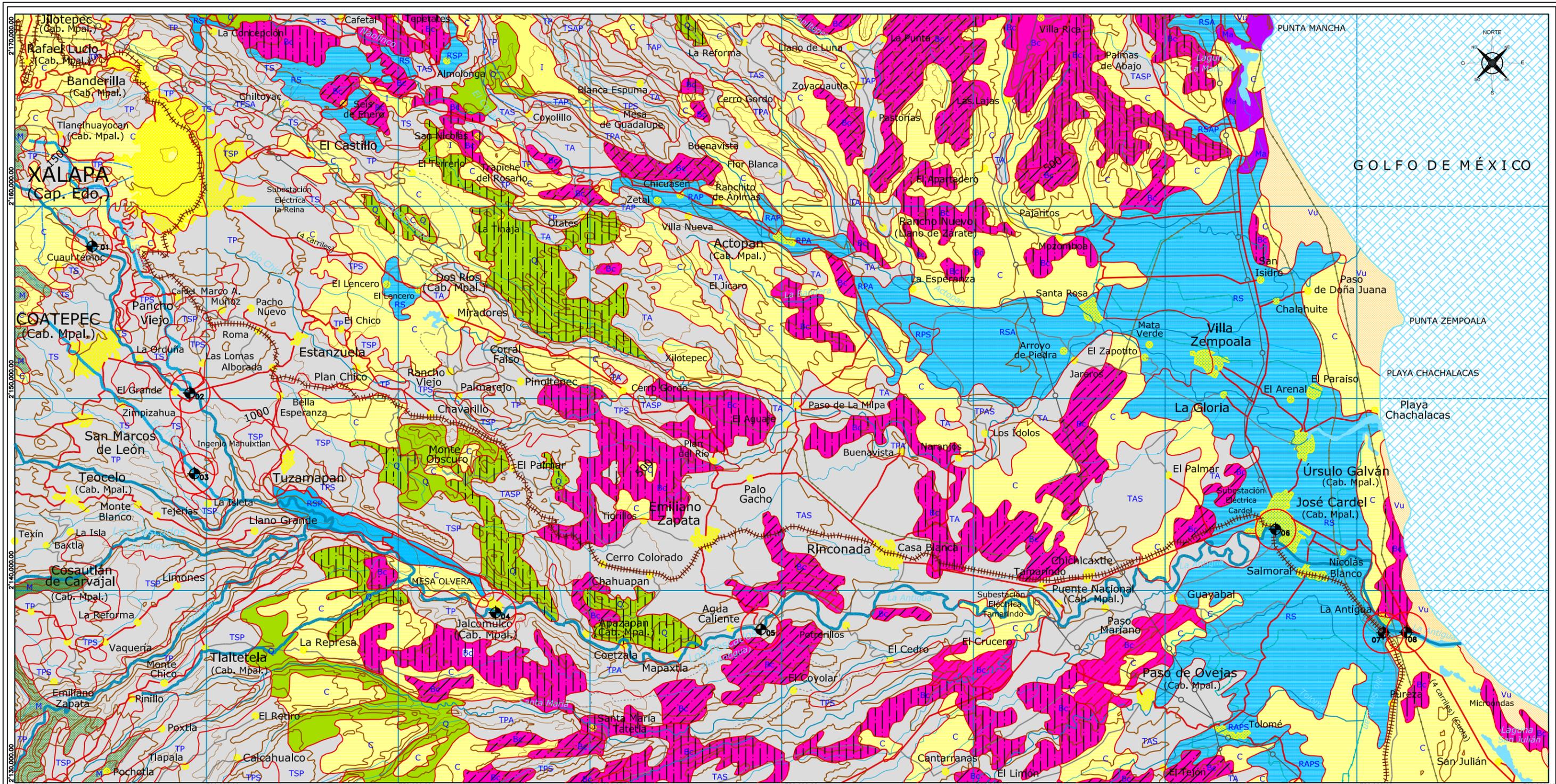
Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:

SIMBOLOGÍA BÁSICA:

	Zona Urbana
	Lugares Poblados
	Línea Eléctrica
	Vías Terrestres
	Carretera de mas de dos Carriles
	Carretera de mas de dos Carriles Transitable en todo tiempo
	Brecha Vereda
	Ferrocarril
	Representación del Relieve
	Curvas Maestras cada 500 m
	Curvas Ordinarias cada 100 m
	Rasgos Hidrográficos
	Conducto Subterráneo
	Canal de Riego
	Cuerpo de Agua
	Escorrentimiento Perenne
	Escorrentimiento Intermitente
	Acueducto Subterráneo





SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Zona Urbana	Lugares Poblados	Línea Eléctrica
Carretera de más de dos carriles	Terracería transitable en todo tiempo	Brecha-Vereda
Ferrocarril	Representación del Relieve	
	Curvas Maestras cada 500 m	Curvas Ordinarias cada 100 m

Rasgos Hidrográficos

Conducto Subterráneo	Canal de Riego	Cuerpo de Agua
Escurrimiento Perenne	Escurrimiento Intermitente	Acueducto Subterráneo
Estaciones de Muestreo		

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Bosque Mesófilo de Montaña	Pastizal Cultivado
Bosque de Encino	Pastizal Inducido
Selva Baja Caducifolia	Vegetación Secundaria Arbórea
Vegetación de Dunas Costeras	Vegetación Secundaria Arbustiva
Manglar	
Actividad Agrícola:	
Agricultura de Riego	
Agricultura de Temporal	
Cultivos Anuales	
Cultivos Semipermanentes	
Cultivos Permanentes	

TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

ESTACIONES DE MUESTREO

01 "La Pitaya"	05 "Balneario El Carrizal"
02 "Confluencia"	06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
03 "Pte. La Zopiloterá"	07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
04 "Jalcomulco"	08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

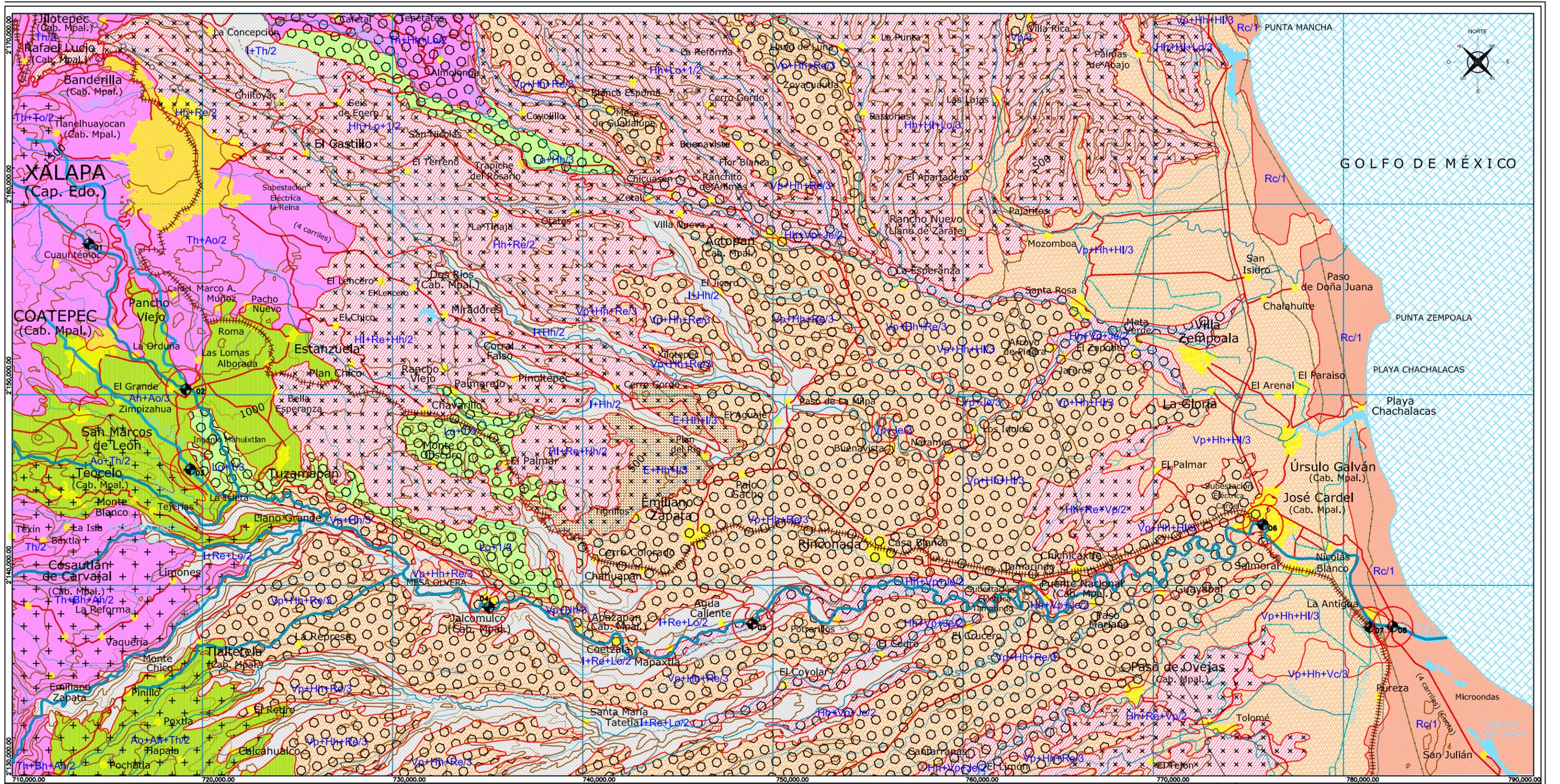
Fuente: INEGI, 2002. Carta Agrícola y Vegetación, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: Biol. Horacio Osorio Pacheco
 Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:
 0 0.5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 K I L O M E T R O S



SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales

- Zona Urbana
- Lugares Poblados
- Línea Eléctrica

Vías Terrestres

- Carretera de más de dos Carriles
- Terracería Transitante en todo tiempo
- Brecha Vereda
- Ferrocarril

Representación del Relieve

- Curvas Maestras cada 500 m
- Curvas Ordinarias cada 100 m

Rasgos Hidrográficos

- Conducto Subterráneo
- Canal de Riego
- Cuerpo de Agua
- Escurrimiento Perenne
- Escurrimiento Intermitente
- Acueducto Subterráneo

Estaciones de Muestreo

- 01

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA:

Unidades de Suelo

- RENZINA
- LITOSOL
- LUVISOL
- ANDOSOL
- ACRISOL
- FEOZEM
- VERTISOL
- REGOSOL

Fases Físicas

- LITICA PROFUNDA
- PEDREGOSA
- LITICA

Clase Textural

- 1 Gruesa
- 2 Media
- 3 Fina

Unidades de Suelo (Detalle)

- Lo Ortico
- Th Humico
- To Ortico
- Ah Humico
- Ao Ortico
- Hh Háplico
- Hl Lúvico
- Vp Pelico
- Vc Cromico
- Rc Calcarico
- Re Eutríco

TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
EDAFOLÓGICO

ESTACIONES DE MUESTREO

- 01 "La Pitaya"
- 02 "Confluencia"
- 03 "Pte. La Zopilitera"
- 04 "Jalcomulco"
- 05 "Balneario El Carrizal"
- 06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
- 07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
- 08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

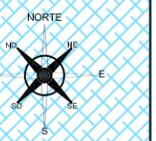
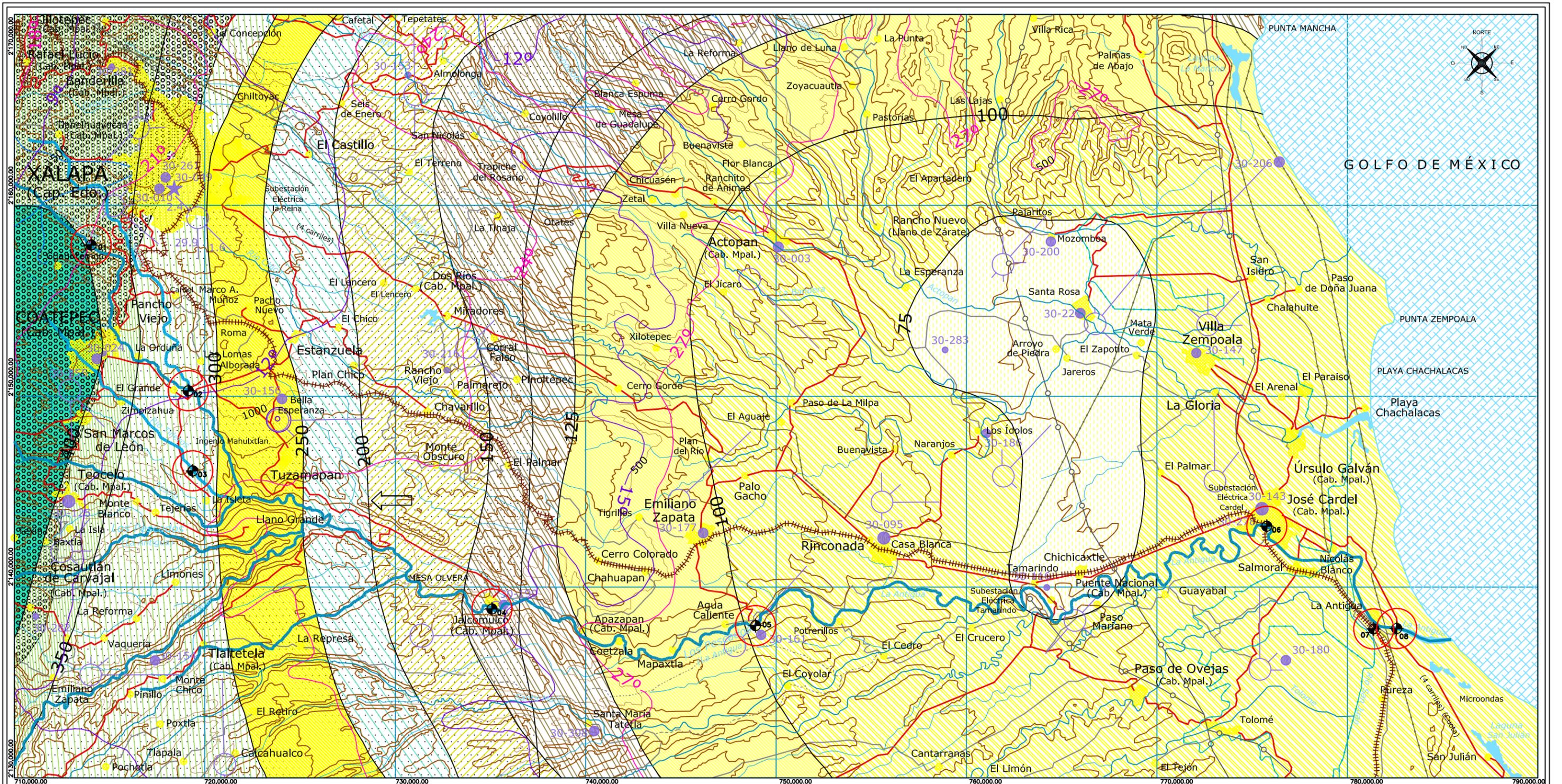
Fuente: INEGI, 2002. Carta Edafológica, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: BÍO. Horacio Osorio Pacheco
 Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:



SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales	Rasgos Hidrográficos
Zona Urbana	Conducto Subterráneo
Lugares Poblados	Canal de Riego
Línea Eléctrica	Cuerpo de Agua
Vías Terrestres	Escurrimiento Perenne
Carretera de más de dos Carriles	Escurrimiento Intermitente
Terracería Transitable en todo tiempo	Acueducto Subterráneo
Brecha Vereda	Estaciones de Muestreo
Ferrocarril	
Representación del Relieve	
Curvas Maestras cada 500 m	
Curvas Ordinarias cada 100 m	

DE 50 A 75
DE 75 A 100
DE 100 A 125
DE 125 A 150
DE 150 A 200
DE 200 A 250
DE 250 A 300
DE 300 A 350
DE 350 A 400
200 Isoyetas medias Nov-Abr

Presipitación total en mm Noviembre–Abril
DE 50 A 75
DE 75 A 100
DE 100 A 125
DE 125 A 150
DE 150 A 200
DE 200 A 250
DE 250 A 300
DE 300 A 350
DE 350 A 400
200 Isoyetas medias Nov-Abr

Numero de días con lluvia apreciable Noviembre–Abril (Lluvia mayor de 0.1 mm)
DE 0 a 29 días con lluvia
De 30 a 59 días con lluvia
De 60 a 89 días con lluvia
Temperaturas máximas y mínimas promedio
Isoterma media máxima
Isotermas medias mínimas
Estacion Meteorológica
Observatorio Meteorológico
Clave de Estación u Observatorio
Rosa de Vientos Dominantes
Dirección del viento regional dominante

TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
EFFECTOS CLIMÁTICOS REGIONALES NOVIEMBRE-ABRIL

ESTACIONES DE MUESTREO

●01 "La Pitaya"	●05 "Balneario El Carrizal"
●02 "Confluencia"	●06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
●03 "Pte. La Zopilotera"	●07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
●04 "Jalcomulco"	●08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3–4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

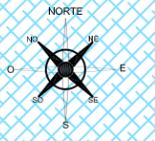
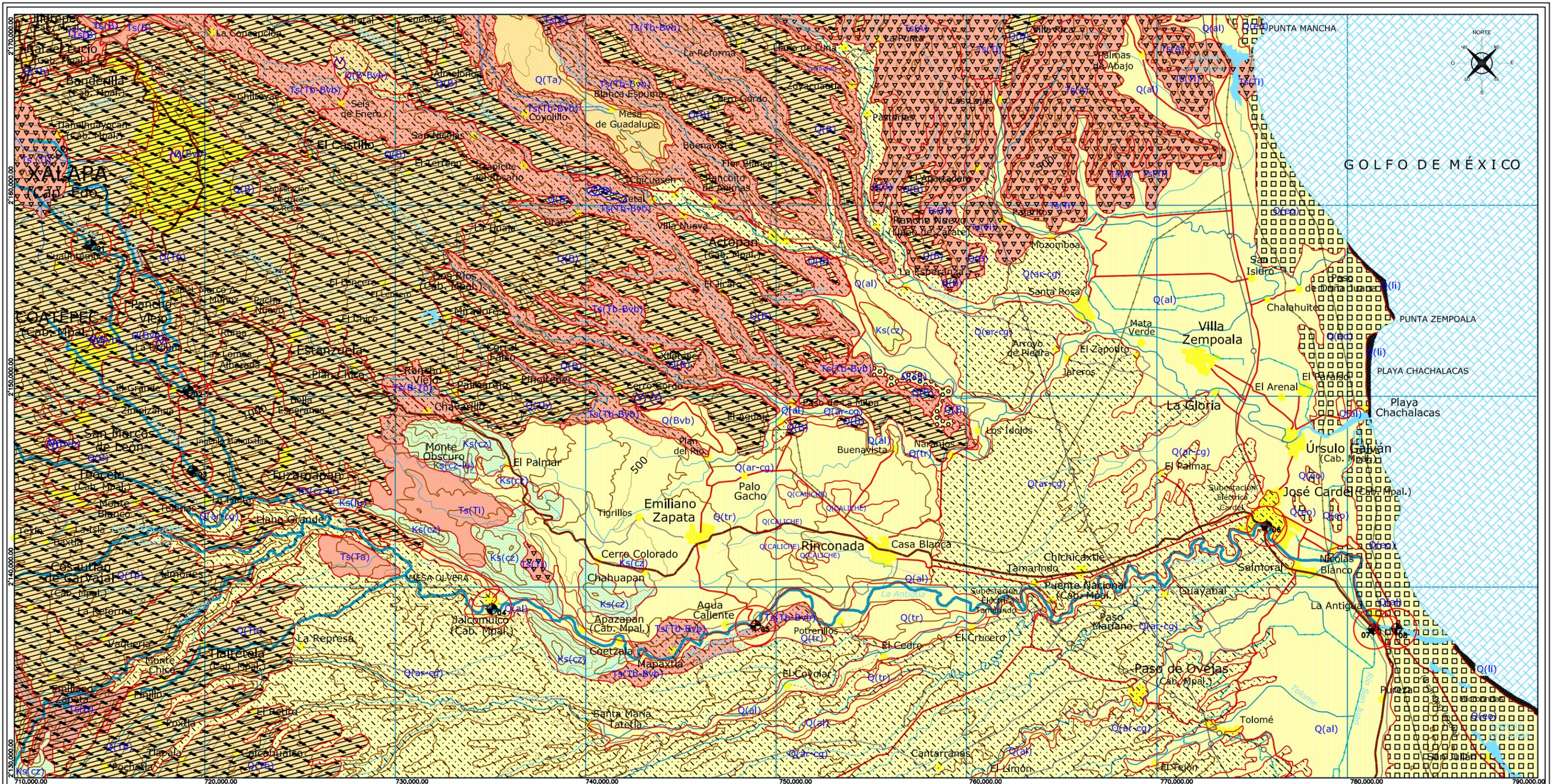
Fuente: INEGI, 2002. Carta Efectos Climáticos Regionales Noviembre–Abril, Clave E14–3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: Biol. Horacio Osorio Pacheco
 Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:
 0 0.5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales

- Zona Urbana
- Lugares Poblados
- Línea Eléctrica

Vías Terrestres

- Carretera de más de dos Carriles
- Terracería Transitable en todo tiempo
- Brecha Vereda
- Ferrocarril

Representación del Relieve

- Curvas Maestras cada 500 m
- Curvas Ordinarias cada 100 m

Rasgos Hidrográficos

- Conducto Subterráneo
- Canal de Riego
- Cuerpo de Agua
- Escurrimiento Perenne
- Escurrimiento Intermitente
- Acueducto Subterráneo

Origen Geológico

- Ts** Terciario Superior
- Q** Cuaternario
- Ks** Cretácico Superior
- Q** SUELO

Rocas Igneas Extrusivas

- (Ti)** Toba Intermedia
- (Ay)** Andesita
- (Lb)** Toba Básica
- (Bvb)** Brecha Volcánica Básica
- (B)** Basalto
- (Ta)** Toba Ácida

Rocas Sedimentarias

- (ar)** Arenisca
- (cg)** Conglomerado
- (cz)** Caliza
- (lu)** Lutita
- (tr)** Travertino

Asociaciones

- (E)** Eólico
- (L)** Litoral
- (Al)** Aluvial

Suelos

- (Al)** Aluvial

Estructuras

- Dirección de flujo de derrames volcánicos
- Aparato Volcánico
- Falla Normal
- Fractura

TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
GEOLOGICO

ESTACIONES DE MUESTREO

- 01 "La Pitaya"
- 02 "Confluencia"
- 03 "Pte. La Zopilota"
- 04 "Jalcomulco"
- 05 "Balneario El Carrizal"
- 06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
- 07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
- 08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

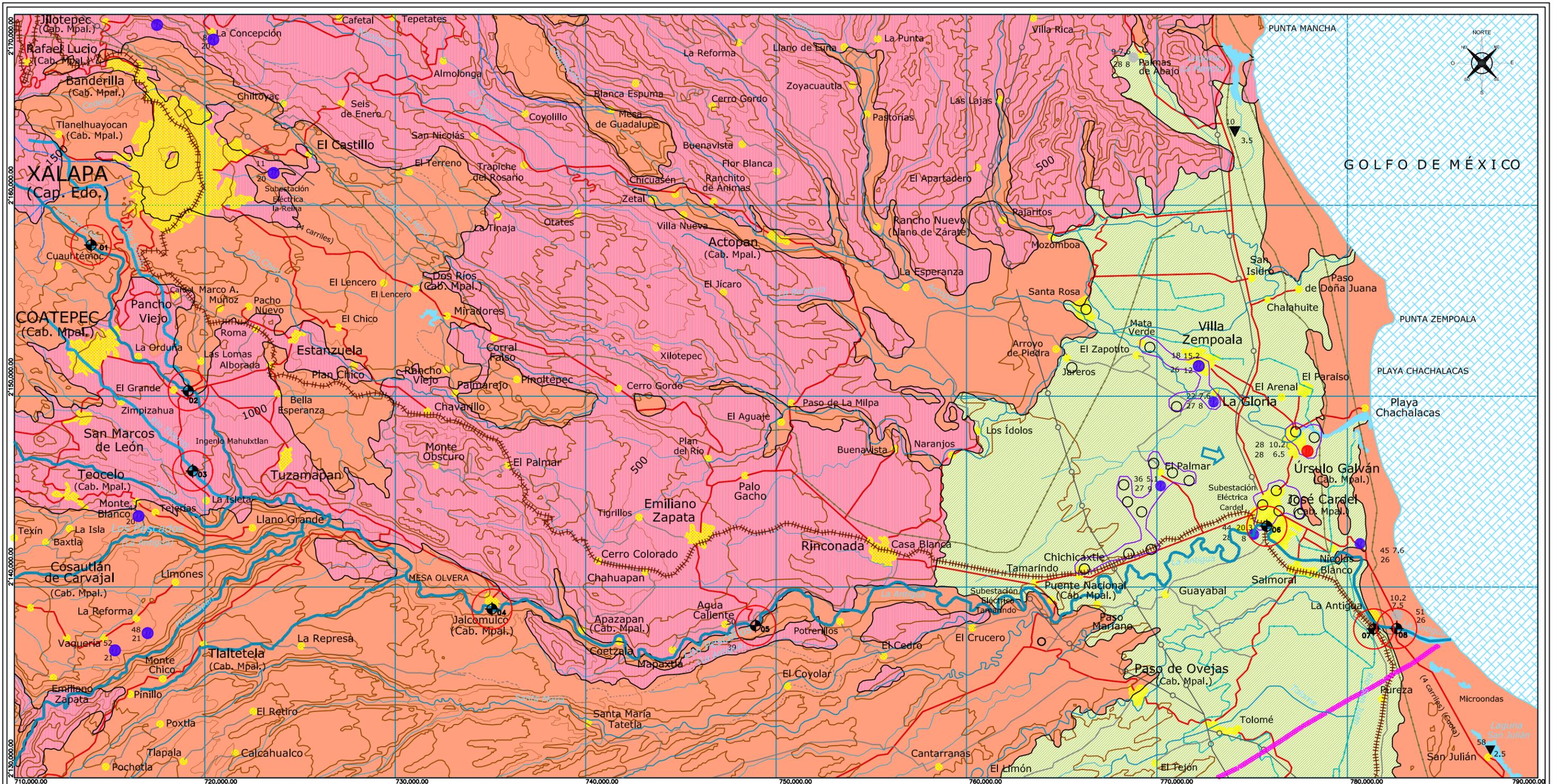
Fuente: INEGI, 2002. Carta Geológica, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: Biól. Horacio Osorio Pacheco
 Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:



SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales

- Zona Urbana
- Lugares Poblados
- Línea Eléctrica

Vías Terrestres

- Carretera de más de dos Carriles
- Terracería Transitable en todo tiempo
- Brecha Vereda
- Ferrocarril

Representación del Relieve

- Curvas Maestras cada 500 m
- Curvas Ordinarias cada 100 m

Rasgos Hidrográficos

- Conducto Subterráneo
- Canal de Riego
- Cuerpo de Agua
- Escurrimiento Perenne
- Escurrimiento Intermitente
- Acueducto Subterráneo

Unidades Geohidrológicas

- Material consolidado con posibilidades altas
- Material no consolidado con posibilidades bajas
- Material consolidado con posibilidades bajas
- Límite de Unidad Geohidrológica
- Área de Veda
- Área de Concentración de Pozos
- Dirección del Flujo de Aguas Subterráneas
- Pozo en Acuífero Libre ubicado
- Noria Muestreada
- Manantial ubicado

Calidad del Agua

- Agua Dulce
- Agua Tolerable
- Agua Salada
- Numeración de Referencia
- Nivel Estático en Metros

TÍTULO DE TESIS:

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

ESTACIONES DE MUESTREO

- 01 "La Pitaya"
- 02 "Confluencia"
- 03 "Pte. La Zopilota"
- 04 "Jalcomulco"
- 05 "Balneario El Carrizal"
- 06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
- 07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
- 08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

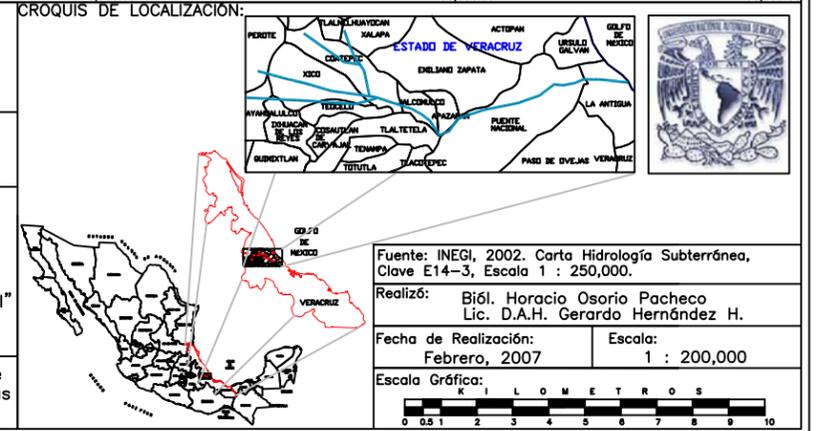
Fuente: INEGI, 2002. Carta Hidrología Subterránea, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

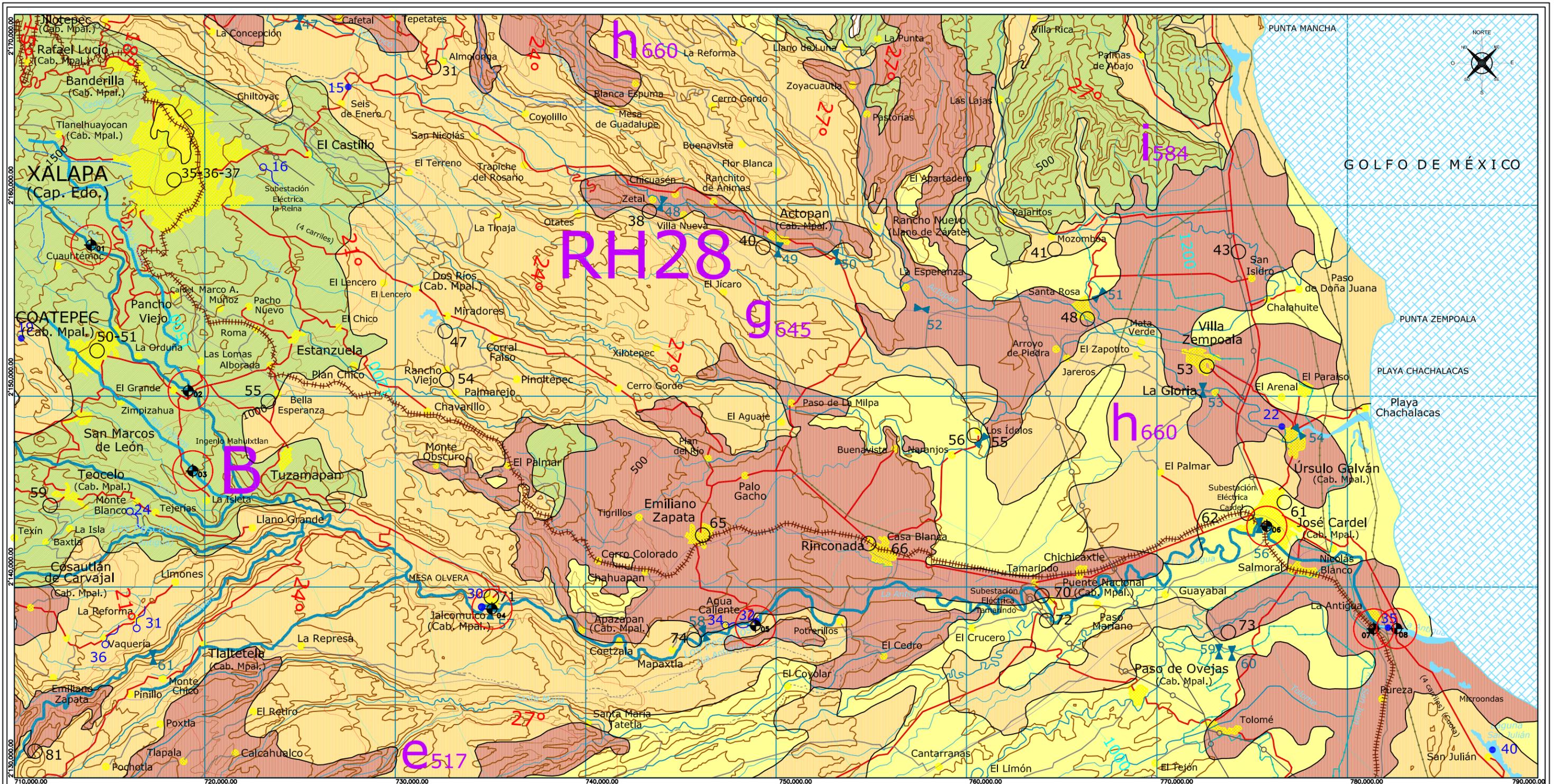
Realizó: Biól. Horacio Osorio Pacheco
Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:





SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales	Rasgos Hidrográficos
Zona Urbana	Conducto Subterráneo
Lugares Poblados	Canal de Riego
Línea Eléctrica	Cuerpo de Agua
Vías Terrestres	Escorrentamiento Perenne
Carretera de más de dos Carriles	Escorrentamiento Intermitente
Terracería Transitable en todo tiempo	Acueducto Subterráneo
Brecha Vereda	Estaciones de Muestreo
Ferrocarril	
Representación del Relieve	
Curvas Maestras cada 500 m	
Curvas Ordinarias cada 100 m	

Unidades de Escurrimiento Superficial de la Precipitación Media Anual	RH28 Región Hidrológica
Coeficiente de Escurrimiento de 0 a 5%	B Cuenca
Coeficiente de Escurrimiento de 5 a 10%	g645 Subcuenca
Coeficiente de Escurrimiento de 10 a 20%	Límite de Subcuenca
Coeficiente de Escurrimiento mayor de 30%	Límite de Unidad de Escurrimiento
Datos Hidrológicos	
Isoterma Media Anual (en grados centígrados)	
Isoyeta Media Anual (en milímetros)	
Estación Hidrométrica	
Estación Climatológica	
Aprovechamiento Superficial Muestreado	

TÍTULO DE TESIS:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

ESTACIONES DE MUESTREO

01 "La Pitaya"	05 "Balneario El Carrizal"
02 "Confluencia"	06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
03 "Pte. La Zopilota"	07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
04 "Jalcomulco"	08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

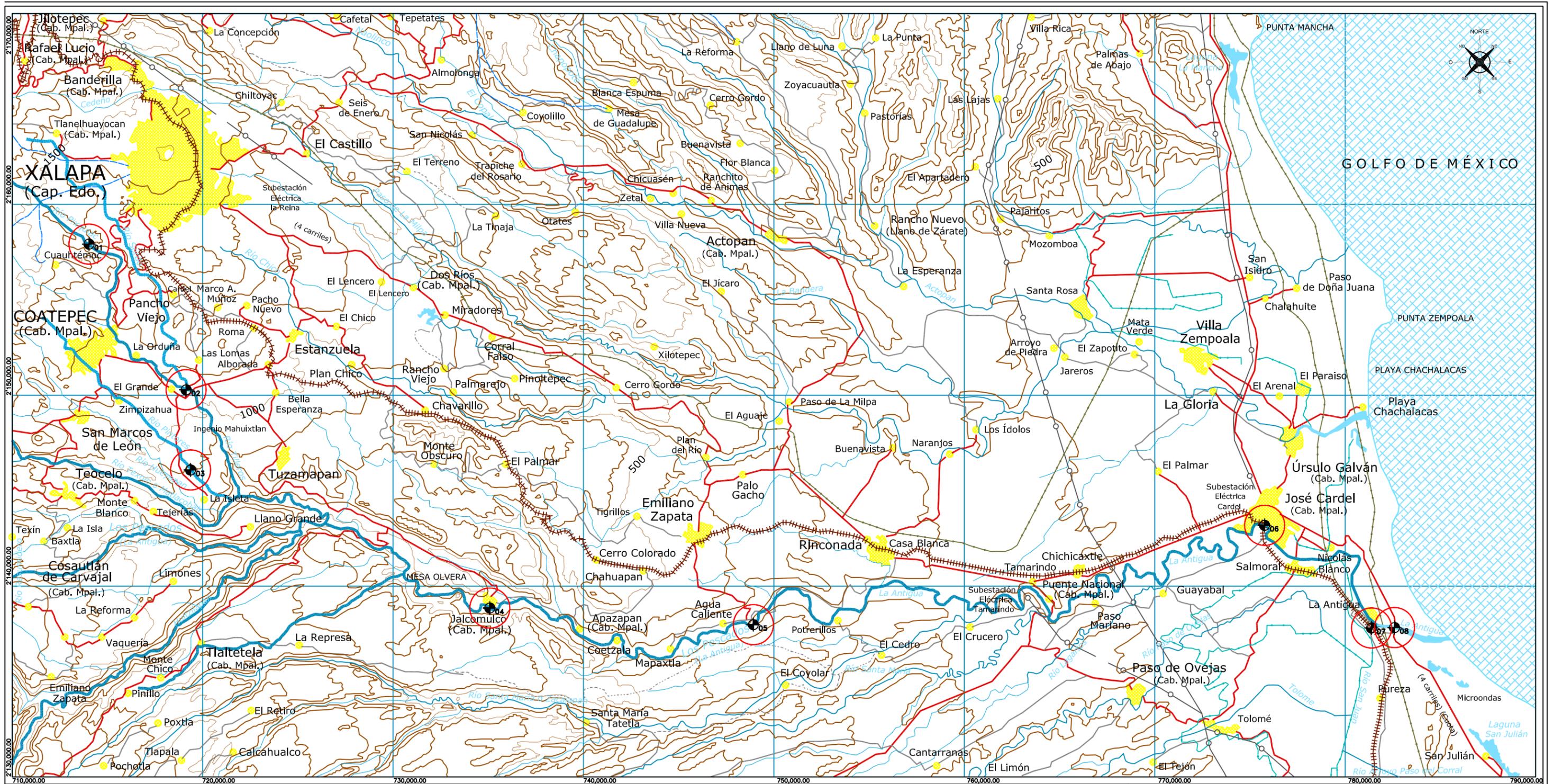
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:

Fuente: INEGI, 2002. Carta Hidrológica Superficial, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: Biól. Horacio Osorio Pacheco
 Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007
Escala: 1 : 200,000

Escala Gráfica:
 0 0.5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



SIMBOLOGÍA BÁSICA:

Rasgos Convencionales

- Zona Urbana
- Lugares Poblados
- Línea Eléctrica

Vías Terrestres

- Carretera de mas de dos Carriles
- Terracería Transitable en todo tiempo
- Brecha Vereda
- Ferrocarril

Representación del Relieve

- Curvas Maestras cada 500 m
- Curvas Ordinarias cada 100 m

Rasgos Hidrográficos

- Conducto Subterráneo
- Canal de Riego
- Cuerpo de Agua
- Escorrentamiento Perenne
- Escorrentamiento Intermitente
- Acueducto Subterráneo

- Estaciones de Muestreo

TÍTULO DE TESIS:

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LA ANTIGUA, VERACRUZ.

NOMBRE DEL MAPA:

TOPOGRÁFICO

ESTACIONES DE MUESTREO

- 01 "La Pitaya"
- 02 "Confluencia"
- 03 "Pte. La Zopiloterá"
- 04 "Jalcomulco"
- 05 "Balneario El Carrizal"
- 06 "Pte. de Ferrocarril Cardel"
- 07 "Pte. de Ferrocarril Salmoral"
- 08 "Autopista"

Estaciones de muestreo Geoposicionadas en campo por medio de GPS Marca GARMIN, Mod. 12XL, con una precisión en coordenadas UTM de 3-4 m, utilizando el DATUM NAD 27.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:



Fuente: INEGI, 2002. Carta Topográfica, Clave E14-3, Escala 1 : 250,000.

Realizó: Btl. Horacio Osorio Pacheco
Lic. D.A.H. Gerardo Hernández H.

Fecha de Realización: Febrero, 2007

Escala: 1 : 200,000

