

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**FASES DE OLIGOTROFIZACIÓN Y EUTROFIZACIÓN EN EL RÍO
PARAÍSO TEZONAPA, VERACRUZ**

POR

CARMELO ARRILLAGA ZOPIYAXTLE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN COAHUILA

DICIEMBRE DE 2009

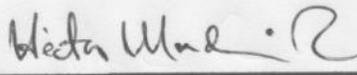
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

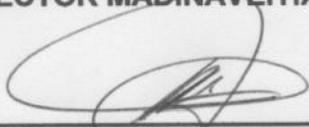
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
FASES DE OLIGOTROFIZACIÓN Y EUTROFIZACIÓN EN EL RÍO
PARAÍSO TEZONAPA, VERACRUZ**

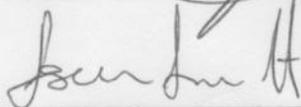
TESIS DEL C. CARMELO ARRILLAGA ZOPIYAXTLE, QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

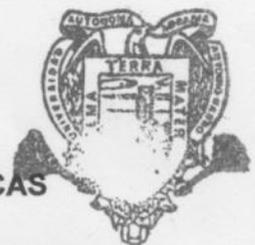
ASESOR PRINCIPAL: 
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

COASESOR: 
ING. JOEL LIMONES AVITIA

COASESOR: 
I.Q.A. ISAIÁS LÓPEZ HERNÁNDEZ

COASESOR: 
MC. EDGARDO CERVANTES ÁLVAREZ


M. C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**FASES DE OLIGOTROFIZACIÓN Y EUTROFIZACIÓN EN EL RÍO
PARAÍSO TEZONAPA, VERACRUZ**

TESIS DEL **C. CARMELO ARRILLAGA ZOPIYAXTLE**, QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR
Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

PRESIDENTE: Hector Mad. R.
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL: [Signature]
ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL: Isaías H.
I.Q.A. ISAIÁS LÓPEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE: [Signature]
MC. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ

[Signature]
M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2009

AGRADECIMIENTOS

Con gran cariño y respeto a mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna “Alma Terra Mater” por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios dentro de tu ámbito profesional y así ser uno más de tus hijos que pondrán tu nombre en lo alto.

Mi más sincero y profundo agradecimiento al **Dr. Héctor Madinaveitia Ríos**. Por haber confiado en mí, por su valioso apoyo, amistad, dedicación y asesoría a lo largo de este trabajo.

Al **Ing. Joel Limones Avitia**, por su valiosa ayuda y participación en el presente trabajo.

A la **Biol. María Isabel Blanco Cervantes**, por su valioso apoyo, amistad y participación en el presente trabajo.

Al **I.Q.A Isaías López Hernández**, por brindarme su confianza, amistad, apoyo y participación de este trabajo.

Al **M.C. Edgardo Cervantes Álvarez**, por su valioso apoyo, su confianza, amistad, apoyo y participación de este trabajo.

DEDICATORIA

A CRISTO. Por darme la vida, amor, confianza y esperanza para lograr culminar una de mis más grandes metas. Gracias por estar siempre conmigo en estos años de mi vida, y sé que estarás conmigo por siempre, como el amigo fiel que has sido en todo este tiempo. Gracias por todo. Te Amo.

A MIS PADRES: SR. FLORENCIO ARRILLAGA GARCÍA (QPD) y SRA. ESPERANZA ZOPIYAXTLE PANZO. Les agradezco infinitamente por todo su gran amor, cariño, confianza y apoyo incondicional durante toda mi vida para lograr mi más grande meta.

A TI MADRE: Por ser la madre más maravillosa y buena, la que siempre con sus consejos, apoyo y desvelos supo guiarme por el camino correcto; siempre lucharé por ser cada día mejor y así poder demostrarte lo mucho que te quiero. Durante todo este tiempo sin ti no hubiese hecho todo esto. Gracias por darme la vida y tu más grande amor incondicional. Gracias Mamá de todo corazón.

A MI ESPOSA: EUROPA RAMOS MARTÍNEZ, por apoyarme durante todo este tiempo, por darme su confianza, su cariño, y por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante. Te amo.

A MI HIJO: DIEGO ANDRÉS ARRILLAGA RAMOS, mi más grande orgullo que la vida me ha dado, por su cariño, su amor, y por lo mas bonito de escucharlo decirme papi.

A MIS HERMANOS: EVARISTO ARRILLAGA ZOPIYAXTLE y EVELIA ARRILLAGA ZOPIYAXTLE, por apoyarme durante todo este tiempo, por darme su confianza y las fuerzas necesarias para seguir adelante hasta conseguir una de mis más grandes metas. Gracias por todo esto y por todo su Cariño, Amor, Amistad y sobre todo por los valiosos consejos que me dieron para poder cumplir este sueño.

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	li
ÍNDICE GENERAL	lii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	Iv
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	4
<i>Objetivo general</i>	4
<i>Objetivo específico</i>	4
<i>Hipótesis</i>	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Fases en el desarrollo de un río.....	5
Eutrofización de cuerpos de agua en México.....	6
Eutrofización del río Paraíso.....	8
Influencia que ejerce la industria azucarera sobre el río Paraíso.....	10
Principal materia de contaminación en el río Paraíso.....	10
Problemática detectada.....	11
Efectos de la contaminación del agua.....	12
Causas de la contaminación y principales contaminantes vertidos en el río Paraíso.....	12
Identificación de los impactos ambientales ocasionados por un mal manejo del cultivo de caña de azúcar.....	15
Impacto sobre el agua.....	15
Construcción de caminos y canchas, y cosecha forestal sobre la calidad del agua superficial.....	16
Parámetros indicadores de contaminación evaluados en el río paraíso.....	16
pH.....	16
Conductividad eléctrica.....	17
Nitratos.....	17
La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de	18

oxígeno (DQO)	
Medida del contenido de materia orgánica por DBO y DQO.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Ubicación del área de estudio.....	21
Localización.....	21
Hidrografía.....	21
Clima.....	21
Flora.....	22
Fauna.....	22
Metodología.....	22
Reconocimiento del área.....	22
Muestreos.....	22
Determinación del pH.....	23
Determinación de la conductividad eléctrica.....	23
Determinación del NO ₃	24
Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno.....	24
Determinación de la demanda química de oxígeno.....	24
RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	32
BIBLIOGRAFIA.....	34
APENDICE.....	42

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Pagina
1	Evaluación de flora y fauna realizada en el cauce del río Paraíso, Municipio de Tezonapa Veracruz. Junio-Agosto de 2009.....	26
2	Valores obtenidos de los parámetros de cada uno de las muestras tomadas y sus densidades, en el cauce del río Paraíso, del municipio de Tezonapa, Veracruz. en los meses de Junio-Agosto del 2009.....	28
3	Parámetros evaluados en el río Paraíso municipio de Tezonapa, Veracruz. Junio-Agosto del 2009.....	42
Figura		Pagina
1	Comportamiento del (DQO) en un cuerpo de agua.....	20
2	Ubicación del área de muestreo.....	21

RESUMEN

El agua que corre en el río Paraíso municipio de Tezonapa Veracruz, se desconoce su calidad y grado de contaminación, por lo que el presente trabajo tuvo como propósito diagnosticar las condiciones de las fases de oligotrofización y eutrofización que prevalecen en el río. Asimismo en esta investigación se identificaron las descargas que desembocan al río y la determinación de su grado de contaminación con base en la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996). La contaminación que afecta al río Paraíso es de vital importancia ya que sus aguas, son fuente de abastecimiento para el riego de cultivos agrícolas, en los municipios de Tezonapa, Veracruz y parte de Cosolapa, Oaxaca. En la metodología empleada, se determinaron cualitativamente las fases oligótrofas y eutróficas del río. Se hicieron 15 estaciones de muestreo para la parte oligotrófica y 15 para la eutrófica, en los meses de junio-agosto 2009. Los parámetros determinados fueron pH, conductividad eléctrica (CE), Nitratos (NO_3), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). Con base en los resultados obtenidos, aunque se encontraron dentro de los valores límites máximos, se observó la tendencia de alcanzar valores elevados en DBO, DQO y pH para la parte eutrófica, en las estaciones de muestreo cercano a las industrias (específicamente en el desagüe de las tuberías). En la parte de oligotrófica el agua del río Paraíso todavía presenta una buena calidad. Los parámetros evaluados presentaron un valor inferior a lo que establece los límites máximos permisibles en los criterios ecológicos de calidad del agua. Las concentraciones de nitratos aun no presentan riesgo alguno; pero la C.E representa un índice alto de riesgo para la salud de la vida acuática (principalmente por la detección de detergentes). Consecuentemente existe un riesgo para la salud de los habitantes de zonas cercanas al margen del río. En orden de importancia, se encontró que las industrias azucareras de la región son la fuente principal de contaminación al río Paraíso. Las descargas de aguas negras sin tratamiento de la ciudad de Tezonapa, se considera como la segunda causa de contaminación más importante de este lugar. Por lo anterior, se considera urgente el tratamiento de estas aguas residuales y establecer un programa de control de descargas al río y llevarlo a la práctica en conjunto con las autoridades municipales.

Palabras claves: oligotrofización, eutrofización, NO_3 , DBO y DQO, vegetación de galería

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los ríos de las naciones industrializadas están contaminados en mayor o menor grado. La sociedad del mañana no solo debe hacer frente al desafío de reducir los aportes actuales de contaminantes, sino que también tendrá que reconstruir la ecología natural de estos ríos. Tendrá que limpiar los suelos y sedimentos de las sustancias químicas que los contaminan para hacer seguro el consumo de agua. En los países en desarrollo, el desafío está en no repetir los errores cometidos por las naciones industrializadas y en prevenir la contaminación de sus ríos y ecosistemas vírgenes.

Durante los últimos años ha aumentado el interés en evaluar las distintas fuentes de contaminación del agua, siendo la industrial una de las principales. Las descargas naturales y domésticas, así como materiales derivados del ciclo de vida de plantas y animales acuáticos, contribuyen en gran medida con aportes sustanciales de materia orgánica de origen biológico a los cauces de los ríos (Topalián *et al.* 1999)

Desde la aparición de las primeras civilizaciones, el hombre ha entendido la importancia del agua como recurso fundamental para su sobrevivencia, por lo que la gran mayoría de las actividades humanas se han desarrollado en sitios con disponibilidad de agua. Prueba de esto es la ubicación de los poblados, siempre cerca de fuentes de agua, y la determinación de las épocas de siembra y cosecha en concordia con la estación de lluvias.

El acelerado deterioro del ambiente, del cual ya todos somos conscientes empieza cuando el hombre incrementa su capacidad transformadora al desarrollar, durante la revolución industrial, la tecnología que le permite modificar y explotar los recursos naturales en cantidades y formas antes desconocidas. La mayoría de los países han pasado por esta experiencia en el momento de su industrialización. Los fenómenos de contaminación se percibieron solo localmente en las zonas cercanas a las industrias y en las grandes ciudades, primero en los países desarrollados de Europa y Estados Unidos de América.

Actualmente no hay país o región del mundo que escape de este problema como se encuentra México y sus regiones (Gómez *et al.*, 1994)

La reserva de agua disponible ha sido afectada de muy diversas maneras por las actividades humanas, una de las formas más directa de deterioro del ciclo hidrológico es la deforestación, pero no es la única ni la más importante. A esta se le suma la erosión del suelo, construcción de presas, riego de cultivos, industrias, generación de electricidad y consumo humano. Cualquiera de las actividades mencionadas anteriormente afecta el ciclo hidrológico y tiene consecuencias en corto y largo plazo, muchas de ellas imprevisibles. Un ejemplo de ello, los ríos antes de represarse y contaminar influyen no solamente en su cuenca sino también en la vida marina, por el aporte de agua dulce, sedimentos y nutrientes que arrastran, y favorecen el afloramiento de fitoplancton en las zonas costeras, así como el desarrollo de hábitats complejos y de alta productividad (Varela, 1992).

La eutrofización es un proceso natural de sucesión ecológica; el hombre ha alterado este proceso al acelerar la acumulación de nutrientes en el agua por el aporte artificial de sustancias químicas, como el fósforo y el nitrógeno, procedentes de las zonas agrícolas, ganaderas o por las descargas de agua domésticas y industriales. La eutrofización provoca un afloramiento de bacterias descomponedoras que consumen grandes cantidades de oxígeno, y modifican drásticamente las condiciones del medio, de tal manera que las poblaciones de peces e invertebrados llegan a asfixiarse por la ausencia de oxígeno o bien se favorece la proliferación de organismos de un solo nivel trófico, que logra adaptarse a las condiciones existentes, esto simplifica el ecosistema con la consecuente pérdida de biodiversidad (Gómez *et al.*, 1994). Las industrias azucareras de “Motzorongo” ubicada en la colonia del mismo nombre y “Constancia” las dos ubicadas en Tezonapa, Veracruz, vierten sus aguas residuales, cachaza o bagazo de la caña de azúcar, así como la basura que generada por una parte de los habitantes de la ciudad es desechada al río sin control por parte de autoridad alguna.

Este es el origen de la contaminación del río Paraíso, actualmente conocido como Barranca Seca, debido al elevado ambiente contaminante que presenta.

La contaminación detectada en el cauce del río, se encuentra en una fase de eutrofización, caracterizado por una baja productividad, ya que se encuentra en estado de azolvamiento, lo cual reduce el movimiento del agua y la transparencia, conduciendo esta situación a la desaparición de flora y fauna acuáticas.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Determinar las características de la fase de oligotrofización y eutrofización del río Paraíso ubicado en Tezonapa Veracruz.

Objetivos específicos

Determinar el valor de las variables pH, CE, NO₃, DBO y DQO de la parte oligotrófica y eutrófica del agua que corre por río Paraíso

Proponer opciones para que tanto las industrias como los habitantes del área dejen de desechar aguas residuales y basura orgánica e inorgánica al río.

Hipótesis

La situación de las variables evaluadas en el río Paraíso están en estado de eutrofización contaminando el ecosistema.

REVISIÓN DE LITERATURA

Fases en el desarrollo de un cuerpo de agua

La clasificación de los cuerpos de agua de utilidad ecológica es la división en **oligotrofización o eutrofización**, en función de la productividad y de la concertación de nutrientes (Smith & Smith, 2001). Los cuerpos oligotróficos poseen una baja concentración de nutrientes. Generalmente son profundos, el hipolimnio es mayor que el epilimnio y la profundidad primaria es relativamente baja, los cuerpos oligotróficos no experimentan periodos de escasez de oxígeno. Por lo contrario, los cuerpos eutróficos tienen una elevada concentración de nutrientes, generalmente son menos profundos y más cálidos que los oligotróficos y su productividad primaria es mayor. En los cuerpos eutróficos, la concentración de oxígeno experimenta fluctuaciones diurnas marcadas debido a la intensa descomposición aeróbica de nutrientes orgánicos durante la noche. Muchas especies de peces “trofeo” codiciadas por los pescadores no toleran estos periodos de tan baja concertación de oxígeno y son desplazados por otras especies mas resistentes (Atlas y Bartha, 2002). También es de origen antropogénico, en las ultimas décadas a avanzado considerablemente por el crecimiento de los centros urbanos y el consiguiente aumento en la producción de residuos sólidos y líquidos (Dolbeth, *et al.* 2003; Westem, 2001), las cuales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en cuerpos de agua, ocasionado una degradación del ambiente que muchas veces, es irreversible (Carpenter & Cottingham, 1997; Myrbo & Ito, 2003). Mencionan que es un fenómeno que aparece lentamente y afecta a la totalidad del agua. Al aumentar los nutrientes presentes en el agua, las algas que forman el plancton se sobrealimentan y empiezan a aumentar a gran velocidad. En un primer momento, el aumento de algas puede parecer beneficioso, teniendo en cuenta que los vegetales constituyen el primer eslabón de la cadena alimentaría, pero en realidad no es así (Westem, 2001).

Las fases que se producen en un proceso de eutrofización de los ríos podemos resumirlas en:

1. La proliferación de las algas en superficie disminuye la transparencia del agua y como sólo los vegetales situados en la superficie pueden realizar la fotosíntesis, mueren los situados en las zonas más profundas.
2. Al aumentar los vegetales, consumen oxígeno, provocando la disminución de éste en el agua, desapareciendo los peces que necesitan aguas bien oxigenadas, como las truchas y otros salmónidos.
3. El proceso de eutrofización se acelera cuando la materia vegetal producida en grandes cantidades va muriendo y cayendo al fondo. Su descomposición por los microorganismos consume también gran cantidad de oxígeno; la desaparición del oxígeno en el fondo provoca la aparición de bacterias que no necesitan oxígeno para respirar (anaerobias), pero que producen gases malolientes (sulfuro de hidrógeno, amoníaco).
4. En la última fase se produce la muerte de todos los animales. El cuerpo de agua muere.

Eutrofización de cuerpos de agua en México

La descarga de aguas residuales domésticas e industriales propicia, en los cuerpos receptores, el aumento de materia orgánica, nutrientes, compuestos tóxicos y microorganismos indeseables. En México, más de 70 % de los cuerpos acuáticos superficiales (lagunas, arroyos, ríos, embalses, etc.) muestran diversos tipos y grados de contaminación ya que por lo general reciben aguas residuales no tratadas (CNA, 2004, INEGI, 1999).

De manera particular, la eutrofización de cuerpos de agua es un fenómeno que debe ser prevenido, tanto por los efectos ambientales adverso que conlleva, como desde el punto de vista del aprovechamiento del recurso para abastecimiento de agua y para su uso en las diferentes actividades humanas. Se sabe que la eutrofización es provocada por el aumento de nutrientes en el agua, específicamente por compuestos de nitrógeno (N), como los nitratos (NO_3) y de fósforo (P).

La eutrofización tiene como principal consecuencia el alto incremento en la productividad primaria (presencia de organismos fotosintéticos), lo que a su vez ocasiona el envejecimiento prematuro y la eventual extinción del embalse (Adler, *et al.* 1996, Wood y McAtamney, 1996; Brix, 1997).

En este sentido, si bien el fósforo (P) es un elemento promotor, también puede ser visto como el nutriente limitante, en consecuencia, su eliminación en las corrientes de agua repercutiría en la prevención de la eutrofización de los cuerpos acuáticos receptores (Cortes, 1987, Lin *et al.* 2002). Cabe señalar que por lo general, los principales derivados de P son el fosfato (PO_4^{3-}), el fosfato monoácido (HPO_4^{3-}) y el ácido fosfórico (H_3PO_4), que constituyen el 80 % del total de las formas en las que se encuentra el P en las aguas residuales de tipo doméstico (Drizo, *et al.* 1997, Jing, *et al.* 2001, Lin, *et al.* 2002).

Para resolver este tipo de problemática se deben encontrar alternativas de solución viables, en función de los recursos disponibles y apegados a los criterios de calidad del agua para la protección de la vida acuática, así como a las disposiciones ambientales internacionales. Estas últimas, estipulan niveles máximos permisibles de descarga de fósforo total (PT) está entre 1 y 5 mg/ L. En el caso específico de México, la normatividad nacional vigente aplicable es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, la que indica valores máximos permitidos de PT de 5 mg/L, como promedio mensual y de 10 mg/L como promedio diario, susceptibles de ser descargados en ríos, destinados a la protección de la vida acuática y en embalses naturales y artificiales para uso público urbano (Diario Oficial de la Federación 1997).

La contaminación de las aguas superficiales en el país es un problema que ha sido objeto de estudio en los últimos años (Soto *et al.* 1994, Downs, *et al.* 1999, Hene, *et al.* 2002). Las fuentes de contaminación son descargas de drenaje doméstico, industrial y actividad agropecuaria (Gold *et al.* 1997, Downs, *et al.* 1999).

En algunas zonas del país, el agua superficial y subterránea está contaminada con agentes orgánicos (Gelover *et al.* 2000), inorgánicos (Carrillo, *et al.* 1992, Carrillo y Cajuste, 1992, Méndez *et al.* 2000) y biológicos (CNA, 1999, Hene, *et al.* 2002, Jiménez, 2005).

Sin embargo, en la mayor parte de México se carece de un banco de datos sobre las fuentes de contaminación de aguas, tampoco se posee un registro de la carga de contaminantes que las comunidades vierten a los cauces y cuerpos naturales de agua, sólo se tienen algunos reportes aislados (Hansen y Van Afferden, 2004). Por lo tanto, no se tienen evaluaciones cuantitativas de riesgo de exposición de los habitantes a los contaminantes físicos, químicos y biológicos que llevan las aguas residuales crudas; menos aún de las consecuencias en la morbilidad poblacional.

Eutrofización del río Paraíso. El agua residual de las comunidades del municipio de Tezonapa se descarga sin tratamiento en el río Paraíso o barranca seca. Los sitios en los que se realizan las descargas a dicho río se localizan relativamente cerca de las colonias, barrios y poblados que las producen, por lo que se considera que el riesgo de exposición a los residuos es elevado y puede traducirse en efectos en la salud humana.

Al igual que ocurre en otras áreas de México, Downs, *et al.* (1999) y Jiménez (2005) mencionan que parte del agua residual vertida a los ríos se utiliza en el riego de cultivos básicos en la parte baja de las cuencas, porque es una fuente barata para zonas con régimen pluvial errático y por la escasez creciente de agua para riego (Cuadri, 1981, Haas, *et al.* 1999).

Aunado a lo anterior, desde hace unos 30 años se observa una sobreexplotación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que se manifiesta en los abatimiento de los manto freático (Barke, *et al.* 2000, Postel, 2000).

El crecimiento urbano y semiurbano, y las actividades productivas de la región de Tezonapa han ocasionado aumento en la demanda de agua potable e incremento del volumen de agua residual. En el año 2000, 88 % de la población contaba con el servicio de drenaje y desde entonces las aguas servidas se descargan, sin tratamiento, al cauce del río. Además la disminución de la infiltración natural por el incremento de la frontera agrícola y el crecimiento poblacional en los últimos 60 años ha contribuido a este problema (Ayuntamiento municipal 2003). Por lo que el manejo adecuado de las aguas residuales es imprescindible para la zona (CNA, 2004).

La legislación vigente, a través de la NOM-001-SEMARNAT (1996), establece que las comunidades con poblaciones de más de 50,000 habitantes deben cumplir con la norma a partir de enero del año 2000; las comunidades con poblaciones entre 20,000 y 50,000 habitantes deben cumplir con la norma a partir de enero de 2005, y las comunidades con menos de 20,000 habitantes deben cumplirla a más tardar en enero de 2010. Tezonapa cuenta con una población superior a los 30,000 habitantes, pero no cumple con lo establecido en esta norma; el resto de las comunidades del municipio no rebasa dicha población, por lo que es relevante planear la forma de resolver el problema en corto tiempo (D. O. F., 1997).

La urbanización y los desechos provenientes del desarrollo industrial de la región del río han degradado la calidad del agua y como resultado la biota ha sufrido estrés ambiental. Por esto, deben conocerse las características físicas y químicas del agua para darle un uso óptimo.

López y Paula (2001) encontraron que el río Paraíso tiene problemas biológicos de estrés que incluyen la tendencia a la reducción de especies de peces endémicos, el aumento de la dominancia de especies exóticas y la reducción de la estabilidad poblacional, debido a numerosos factores, entre ellos las contaminaciones municipal, agrícola e industrial, especialmente de la industria azucarera.

Influencia que ejerce la industria azucarera sobre el río Paraíso

La industria azucarera mexicana cuenta actualmente con 60 ingenios distribuidos en 14 estados. Uno de sus principales problemas ambientales de esta industria se debe a su utilización del agua, que supera el millón de metros cúbicos al día. Esto hace que esta industria, además de consumir grandes cantidades de agua, que es un recurso limitado en el país, contamine las cuencas, que es donde generalmente arroja sus efluentes (Durán *et al.* 1991a).

De las aguas residuales generadas en los ingenios azucareros alcoholeros, las que más contaminan son las vinazas, que proviene de la destilación del alcohol y que se producen en una proporción de 10 a 15 litros por cada litro de alcohol destilado. Las vinazas son la cola de la destilación del alcohol etílico proveniente del bagazo o cachaza (Durán *et al.* 1991 b).

Principal materia de contaminación en el río Paraíso

Se considera que la generación nacional de vinazas es de aproximadamente 1.5 millones de metros cúbicos al año (Durán *et al.* 1991b). El tratamiento de estos residuos ha sido motivo de estudio de varias investigaciones, las cuales han llegado a reducir eficientemente la materia orgánica disuelta hasta en un 90 %, medida como (DQO), vía tratamientos combinados anaerobios y aerobios y anaerobio-aerobio (Durán, 1988, Durán *et al.* 1994).

La vinaza es un líquido con partículas en suspensión, de color marrón, olor característico a mieles finales y sabor a malta. Debido a algunas de sus características como pH bajo, materias en suspensión, elevada DQO, se considera un residuo líquido muy agresivo que provoca serios problemas ambientales en los recursos hídricos en los que se descarga.

Constituye una importante fuente de contaminación, debido a la elevada concentración de materia orgánica expresada como demanda bioquímica de oxígeno (25000-45000 mg DBO/L) que presentan y también a su alto grado de acidez, con valores de pH inferiores a 5. Aunque estos residuales no se caracterizan como tóxicos, su disposición implica un serio problema ambiental (Sheehan y Greenfield, 1980).

Se estima que en Cuba se generan aproximadamente 14000 m³ de vinazas al día (Cano y González, 1989, Sánchez., 2001). De los cuales, el 10 % restante es material no biodegradable, por lo que es necesaria la aplicación de un tratamiento terciario o la aplicación al suelo. Las vinazas crudas en disolución 1 : 10 se han utilizado como agua de riego; sin embargo la escasez de agua y su alto costo, así como la prohibición de utilizarlos para el transporte de las vinazas al campo de cultivo hacen necesaria la búsqueda de opciones para el manejo de estos desechos. Ante esta problemática, una opción es el tratamiento de estas aguas residuales *in situ* y su posterior aplicación al suelo, (CNA, 2004; INEGI, 1999).

Problemática detectada

La contaminación del agua, incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos de consumo directo y/o indirecto, que sin embargo son utilizadas (González y García, 1995).

La contaminación orgánica se origina fundamentalmente por el vertimiento de aguas residuales urbanas y el uso de fertilizantes. Esto afecta a los ríos, y produce procesos acelerados de eutrofización del agua. Su efecto directo sobre la salud humana se manifiesta en el incremento de enfermedades gastrointestinales, ya que el agua contaminada del río se utiliza por comunidades humanas río abajo y además la eutrofización favorece el desarrollo de organismos patógenos (Purata y García, 1999).

Efectos de la contaminación del agua

Los lagos y ríos son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas (Rivera *et al.* 2007). El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor del agua, y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras (Leff y Carabias, 1993).

La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales, (Arenillas y Sáenz, 1995)

Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales (Barke *et al.* 2000, Postel, 2000).

Causas de la contaminación y principales contaminantes vertidos en el río Paraíso

- Los residuos industriales de la fabricación de azúcar, son principalmente cachaza y ceniza, estos desechos han ido a parar usualmente a las corrientes de agua de ríos y quebradas contaminándolos química, física y biológicamente.

- Este río es contaminado por los desechos tóxicos que a él son arrojados.
- El río de barranca seca presenta dos periodos anuales bien definidos, uno seco durante los meses de diciembre a abril, en los caudales promedian 6.41 m³/s y otro húmedo de mayo a noviembre con caudales que promedian 19.63 m³/s. La zafra azucarera coincide con el periodo seco y con el bajo caudal, presentándose así la concentración máxima de contaminantes y sedimentos en el cauce del río de barranca seca.
- Por la plantación de la caña de azúcar y cultivos temporeros, son tratados como fertilizante y pesticidas las cuales tienen poder contaminante.
- Uno de responsables de la contaminación de este río son las industrias que están a su alrededor ya que estas arrojan muchas sustancias que son las causas principales de su contaminación.

Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua). Agentes infecciosos (Ayuntamiento Municipal, 2003).

- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos. Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales. Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (Álvarez y Jara, 1995; Taylor, 1993).

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo.

Si se supera este límite, la proliferación de bacterias, algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua (eutrofización) y ahogará a insectos y peces, lo que destruye todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas (Bautista y Duran, 1998).

La contaminación del agua por sustancias químicas que no suelen estar presentes en el sistema puede tener terribles consecuencias, ya que los ríos son muy vulnerables al envenenamiento por los productos tóxicos que generan la industria, tales como metales pesados (plomo, cinc, cadmio...), ácidos, disolventes y PVCs (policloruros de vinilo) y materia orgánica (Drizo *et al.* 1997, Legorreta, 2005).

Estas sustancias químicas no solo destruyen la vida en el momento en el que se produce la contaminación, sino que también se acumulan lentamente en los sedimentos y suelos de la llanura de inundación. Las mutaciones y esterilidad que provocan en los animales al comer la vegetación que crece sobre estos terrenos contaminados en la que se concentran los contaminantes, pueden conducir a la destrucción irreversible de comunidades naturales enteras y a la permanente degradación de los paisajes (Taylor, 1993).

El ser humano no está exento de los peligros que se derivan del consumo del agua o de los alimentos que proceden de estos ríos y suelos contaminados. Los problemas para la salud pública que pueden presentarse son reales, aunque no están suficientemente estudiados. (Arenillas y Sáenz, 1995).

Constituye una obligación de todos los ingenios azucareros y cañicultores participar en la realización de programas de manejo ambiental relacionados con mantener nuestras áreas de recursos naturales renovables tratando de coordinar sus acciones para que de ésta forma se impongan reglamentos claros para la obtención de los beneficios deseados (Cordón *et al.* 1995).

Identificación de los impactos ambientales ocasionados por un mal manejo del cultivo de caña de azúcar

La intensidad de los impactos ambientales que pueda ocasionar el cultivo de la caña de azúcar depende del manejo del suelo durante sus ciclos de siembra y cosecha, entre los impactos que produce son:

Impacto sobre el agua. Los drenajes de las plantaciones de caña de azúcar están conectados con los ríos que cubren la cuenca baja del río de Barranca Seca y desembocan finalmente en el río Tonto, lo que indica que existe un continuo recambio de aguas en las plantaciones procediendo a la depuración de las mismas (Ayuntamiento Municipal, 2003).

Los detergentes son contaminantes del suelo y del agua, al ser acarreados por el drenaje provocan espuma y capas de diferente densidad y constitución química que cambian las características de las aguas y de los suelos, matando micro fauna y micro flora o favoreciendo su reproducción en exceso, lo que provoca una disminución del contenido de oxígeno y la putrefacción masiva de que deteriora al suelo (Cordón *et al.* 1995, Leff y Carabias, 1993).

Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta). Sustancias químicas orgánicas, petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida. Sedimentos o materia suspendida, partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación (Cortes, 1987, Purata y García, 1999).

Construcción de caminos y canchas, y cosecha forestal sobre la calidad del agua superficial

Investigaciones desarrolladas en 2006 y 2007 en la zona sur del país muestran que las actividades de construcción de caminos, canchas y de cosecha forestal alteran la calidad de las aguas superficiales, principalmente donde esas actividades se desarrollan cercanas a cursos de agua.

Los movimientos de suelo, los derrames de los caminos y canchas y las huellas del arrastre de los árboles, favorecen el aporte de sólidos en suspensión a los cursos de agua (Asamblea Legislativa del Distrito Federal 2006, CNA, 1994).

Parámetros indicadores de contaminación evaluados en el río paraíso

pH

La expresión usual para medir la concentración del ión Hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno:

$$\text{pH} = -\text{Log}_{10} [\text{H}^+]$$

La concentración del ión hidrógeno en el agua está íntimamente relacionada con la extensión de la reacción de disociación de las moléculas del agua. El agua se disocia en los iones hidroxilo e hidrógeno. Los microorganismos presentes en el agua no soportan variaciones en el pH. La mayoría de ellos habitan en agua con un pH neutro (Crites, R. y Tchobanoglous, G., 2000). El pH ideal para una buena calidad de agua tratada utilizada para el riego de áreas verdes es de 6-9 (Álvarez *et al.*, 2002).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del agua es la medida de la capacidad de una solución para reducir la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad.

Por lo tanto, el valor de la CE es usado como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales (SDT). Actualmente, el parámetro más importante para determinar la posibilidad de uso de un agua para riego se establece mediante la medición de su conductividad eléctrica. El agua de baja salinidad se puede usar para riego con baja probabilidad de que el suelo se vuelva salino. (Crites, R. y Tchobanoglous, G., 2000).

Nitratos

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivos; en aguas frescas y sistemas marinos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies. Es considerado como un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización, de ahí la importancia de disponer de las técnicas analíticas y de muestreo adecuadas para la determinación de la concentración de las diferentes especies que pueden estar disueltas en el agua, adsorbidas sobre partículas o asociadas con organismos acuáticos (Sánchez, 2001).

La OMS incluye a los nitratos entre los componentes que pueden ser nocivos para la salud: en determinadas circunstancias los NO_3 ; pueden ser peligrosos para los niños cuando su concentración es mayor de 45 mg/l. En el estómago, estos pasan a la sangre y son responsables de la metahemoglobinemia infantil y posibles desarrollos de cáncer. Asimismo, las

enfermedades gastrointestinales causadas por bacterias patógenas, constituyen un problema de salud público, en especial en niños menores de un año. (Perdomo y Casanova, 2001).

El Ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos a estos medios.

Las pequeñas cantidades de nitrógeno que contienen las rocas ígneas pueden proporcionar algún nitrato a las aguas naturales en el proceso de meteorización Holtan *et al.* 1988).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO)

En los cuerpos de agua contaminados también se puede encontrar materia orgánica biodegradable. La materia orgánica biodegradable se mide en términos de DBO y de DQO.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos por los cual expresa la concentración de masa de oxígeno consumido por la descomposición química de la materia orgánica e inorgánica. (NOM-001-ECOL-1996) El vertido de agua residual con elevada DQO en el entorno acuático puede llevar al agotamiento de los recurso naturales de oxigeno y al desarrollo de condiciones sépticas. Además de la materia orgánica biodegradable, también existe materia orgánica refractaria. Este tipo de materia orgánica puede interferir en los métodos convencionales de tratamiento, por otra parte el vertido de agua que la contenga con elevada concentración puede

contaminar el agua natural de productos tóxicos o, según algunos estudios, incluso cancerígenos (pesticidas, fungicidas, herbicidas, fenoles, etc.) (Jiménez, 2001).

Medida del contenido de materia orgánica por DBO y DQO. En la actualidad, el método comúnmente utilizado para estimar las cantidades de materia orgánica en aguas contaminadas incluye la demanda de oxígeno a los cinco días (DBO_5). La DBO_5 es el método usado con mayor frecuencia para determinar la concertación de materia orgánica en el agua residual. (Crites, R. y Tchobanoglous, G., 2000).

La DBO_5 corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia, se expresa en $mg L^{-1}$. El cálculo de la demanda bioquímica de oxígeno se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO_5 (Barrenechea, 2000).

El oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) señalan buena o mala calidad de cuerpo de agua, o sea, una carga orgánica que implicara un aumento repentino de la DBO_5 y una disminución repentina del OD, esto significa que habrá una proliferación de microorganismos que promoverán la degradación del contaminante, con un elevado consumo de oxígeno, así como se ilustra en la figura 1.

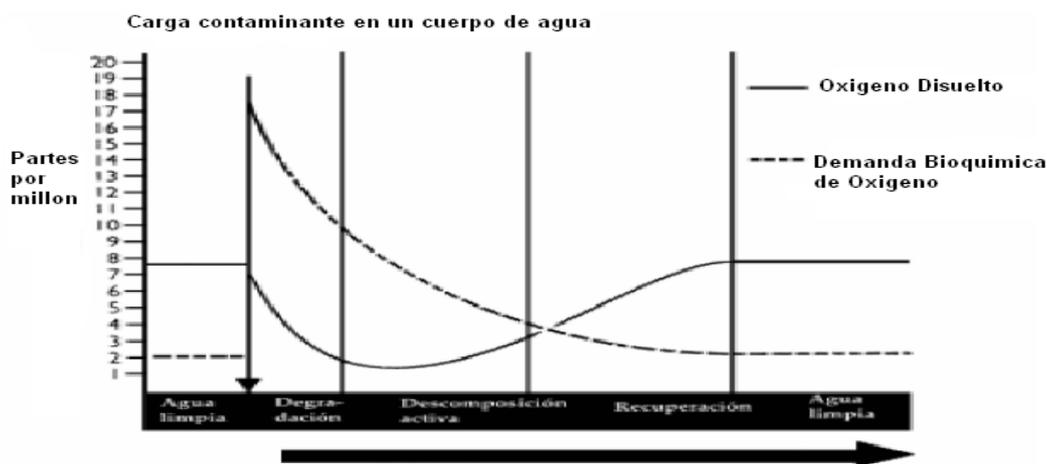


Figura 1. Comportamiento del (DQO) en un cuerpo de agua.

Por otro lado, la demanda química de oxígeno (DQO) equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de organismos vivos (Barrenechea, 2000).

La DQO es un índice de contaminación del agua que representa, el contenido de compuestos orgánicos muy compleja y difícil de degradar y la materia orgánica no biodegradable. Por esta razón, este parámetro siempre va a ser mayor que la DBO_5 (Crites, R. y Tchobanoglous, G., 2000).

Contienen principalmente material orgánico disuelto que, medido como demanda química de oxígeno (DQO), alcanza valores de hasta 150 g/L que comparados con el valor permitido en las descargas domésticas (150 mg/L) es extraordinariamente alto (Durán, 1988, Durán *et al.* 1991a).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

Localización

Tezonapa Ver. Se encuentra ubicado en la zona centro del estado en las coordenadas $18^{\circ} 36'$ latitud norte y $96^{\circ} 41'$ longitud oeste a una altura de 220 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Omealca, al este y sur con el estado de Puebla, Su distancia aproximada al sur de la capital del Estado, por carretera es de 219 Km.



Figura 2. Ubicación del área de muestreo (Google Earth)

Hidrografía

Se encuentra regado por los Ríos el Paraíso, San Jerónimo y Santiago que son tributarios del Tonto, que a su vez es afluente del río Papaloapan.

Clima

Su clima es templado-húmedo-regular, con una temperatura media anual de 20°C , su precipitación pluvial media anual es de 2,723 mm.

Flora

Su vegetación es de tipo bosque alto perennifolio y bosque tropical caducifolio y cuenta con especies como: cedro, palo mulato y guarumbo nanceé, cornizuelo, nopal, Ceiba, mulato, agave, higuera, coyol, Guaje Palma real, Tronadora. De esta vegetación el 25 a 50 % de las especies que la constituyen pierden sus hojas en la época seca del año, existe asimismo en esta región la selva baja caducifolia, lianas, (lianas son bejucos grandes con madera). En los árboles maderables, ellos son parásitos, no necesitan usar sus recursos para hacer troncos duros). Las epifitas (del griego *epi* sobre y *phyton* planta son aquellas especies que viven sobre otras plantas).

Fauna

El municipio cuenta con una gran variedad de animales silvestres, entre los que se encuentran: temazate, tepezcuintle, conejo, tejón, mapache, ardilla, zorro, tlacuache, aves, peces y una gran variedad de insectos.

Metodología

Reconocimiento del área. Se hicieron recorridos, de un modo cualitativo se determinaron las áreas del río que están en fase de oligotrofización (no contaminada) y de eutrofización (contaminada) y se obtuvo la extensión la cual fue de aproximadamente 13 km, 6.5 km del área oligótrofa y 6.5 de la eutrófica. Se sacó un plano vía satelital (GPS, Google Earth).

Los mismos recorridos sirvieron para en base a observación directa determinar la principal flora (plantas vasculares) y fauna (vertebrados) que está alrededor del río.

Muestras. Los muestreos se hicieron en la parte del río contaminado y no contaminado del agua. Empleando recipientes adecuados, se obtuvieron 30 muestras y los parámetros medidos fueron: transparencia (se efectuó a través de observación directa), demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, conductividad eléctrica, vegetación y fauna.

La cantidad de muestras fueron 30 pero para esto 15 para el área contaminada y 15 para la no contaminada.

Con el propósito de cumplir con el segundo objetivo específico se hicieron propuestas que se exponen en recomendaciones, que conlleven al rescate, recuperación y mantenimiento del río Paraíso.

Determinación del pH. El pH en fase acuosa se define como el .logaritmo negativo de la actividad del Ion hidronio. La determinación del pH se realiza con electrodos. El valor de pH es un parámetro regulado por los límites máximo permisibles (LMP) en descargas de aguas residuales, también es un parámetro de calidad de agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para humano. Esta determinación se basó en la norma NMX-AA-008-SCFI-2000.

Para llevar a cabo la determinación de pH, se sumergieron los electrodos en una porción de la muestra problema durante 1 minuto para acondicionar el electrodo de vidrio; de ser posible, agitar suavemente el electrodo. Retirar los electrodos de la solución, secarlos con papel absorbente, sin enjuagarlo y sin tallar. Registrar las lecturas de pH con dos cifras decimales de la muestra.

Determinación de la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica es una expresión de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Para medir la conductividad se utiliza un dispositivo conocido como conductímetro. Esta determinación se debe de realizar conforme a lo establece la norma NMX-AA-093-SCFI-2000.

Enjuagar la celda de conductividad con porciones de la solución de prueba, seleccionar el rango de medición del instrumento, unas veces que se estabiliza la lectura obtenida, anotar el valor de la conductividad. Reportar los resultados como conductancia específica o conductividad, mS/m a 25°C (NMX-AA-008-SCFI-2000).

Determinación del NO_3 . Existentes en el agua, son habitualmente, consecuencia de una nitrificación del nitrógeno (N) orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. A ello, se suma la descarga al suelo de desechos nitrogenados de las industrias y la infiltración de las aguas servidas por fugas de áreas con alcantarillado. Por otra parte, la gran mayoría de las lagunas y ríos presentan una descarga de más de 10 a 20 mm/día, resultado en otra fuente de contaminación de nitratos para las aguas superficiales. (Ramos *et al*, 2002).

Su presencia es importante porque es un elemento imprescindible en la síntesis de materia orgánica en el agua y es muy utilizado por el fitoplancton (plancton vegetal). Así, la escasez de fósforo en zonas de actividad fotosintética limitaría la productividad primaria, sobre todo en el verano, incidiendo directamente en toda la vida marina (Sánchez, 2001).

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno. Inicialmente se tomó aproximadamente 1 litro de muestra de agua residual obtenida del sitio de muestreo. Las muestras para nuestra determinación se obtuvieron del río paraíso de la parte de oligotrófica y eutrófica.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) es la estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno, de acuerdo a lo que establece la norma NMX-AA-028-SCFI-2001.

Determinación de la demanda química de oxígeno. La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en $\text{mg O}_2/\text{litro}$.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables debido al valor tan bajo que se obtendría y, en este caso, se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

El procedimiento se basó en la oxidación de la materia utilizando dicromato de potásico como oxidante en presencia de ácido sulfúrico e iones de plata como catalizador. La disolución acuosa se calienta bajo reflujo durante 2 h a 148 °C. Luego se evalúa la cantidad del dicromato sin reaccionar titulando con una disolución de hierro (II). La demanda química de oxígeno se calcula a partir de la diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato encontrado tras la oxidación (Ramos *et al.*, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Flora y fauna

En la distribución y abundancia tanto de plantas como de animales no se observó alguna preferencia hacia la parte de eutrofización (contaminada). Sin embargo, es necesario mencionar que la vegetación típica que se encuentra a orillas de los ríos es una vegetación de galería, en la que sobresalen el sauce (*Salix alba*), el álamo (*Populus sp.*) y el ahuehuete (*Taxodium mucronatum Ten*). (Rzedowski, 1978). Por las observaciones realizadas aparentemente tanto en la parte no contaminado como contaminada no existen estas especies, a excepción del sauce. Lo que indica que en ambas parte existe perturbación. En forma concreta esto indica que todavía existen algunas plantas vasculares y vertebrados que pueden ser rescatado si se efectúa, un trabajo de recuperación del río, para esto se debe realizar un previo tratamiento a las descargas de agua residuales y desechos urbanos. En Cuadro 1, se presentan las principales especies de flora vascular y fauna de vertebrados.

CUADRO 1. EVALUACIÓN DE FLORA Y FAUNA REALIZADO EN EL CAUCE DEL RIO PARAÍSO, MUNICIPIO DE TEZONAPA VERACRUZ. JUNIO-AGOSTO DE 2009.

Plantas vasculares	Vertebrados
Palma Camedor (<i>Chamaedorea elegans</i>)	Topo (<i>Guppy Poecilia Reticulata</i>)
Mulato (<i>Bursera simaruba</i> L. Sarg)	Juile (bagre o pez gato)
Vainilla (<i>Vanilla planifolia</i>)	Tortugas(<i>Carettochelys insculpta</i>)
Sauce (<i>Salix alba</i>)	Pato maicero(<i>Anas georgica</i>)
Frijolillo (Cojoba <i>arborea</i> (L.))	Tuzas(<i>Geomys arenanus Arenarius</i>)
Higueras (<i>Ficus carica</i> L)	Lagartijas(<i>Bacall blairi</i>)
Hule(<i>Hevea brasiliens</i>)	Iguana(<i>Iguana iguana</i>)
Limoncillo (<i>Cymbopogon nardus</i> = <i>Andropogon nardos</i>)	Martín pescador(<i>Alcedo tais</i>)
Diefembaquia(<i>Dieffenbachia Maculata</i>)	Gavilán chico(<i>Accipiter striatus</i>)
Zochicuahuitl (<i>Mordía megalantha</i>)	Sapo(<i>Bufo peripatotes</i>)
Cedro(<i>cedrela odorata</i> L)	Rana(<i>Dendrobates arboreus</i>)
Roble(<i>Tabebuia oligolepis Urban</i>)	Mapache(<i>procyon lotor</i>)
Ceiba (Ceiba pentandra (L.) Gaertn)	<i>Charal (clupeiformes)</i>

El pH de la parte oligótrofa registró poca variación solo de 7.1 a 7.2, esto indica que el pH es prácticamente neutro y no existe contaminación considerable que dañe todavía a la flora y fauna, mientras que para la parte eutrófica la media fue de 7.7, un mínimo de 7.06 y un máximo de 8.1, esto indica que el agua está alcalina, por lo que posiblemente exista una elevada concentración de iones OH^- o de compuestos que tienen hidróxido en su estructura y que posiblemente estén contaminando a esta parte del río. De un modo directo se observó que hay acumulación de detergentes. El valor neutro del pH registrado en la parte oligótrofa, es considerado según Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000) y Metcalf & Eddy (1996b), como ideal para el buen funcionamiento y estado de salud del río. El valor de pH registrado se encuentra dentro del rango recomendado por Álvarez *et al.* (2002), Quien menciona que el pH ideal para una buena calidad de agua tratada es utilizada para el riego de áreas verdes y para riego agrícola tanto en México como en otras partes del mundo es de 6.5 a 8.5 (Asano, 1998) como se notan en el Cuadro 2.

El parámetro más importante para determinar la posibilidad del uso de agua para riego se establece mediante la medición de la CE debido a que el agua de baja salinidad se puede usar para riego con baja probabilidad de que el suelo se vuelva salino (Crites, R. y Tchobanoglous, G., 2000). La conductividad eléctrica (CE) en la parte de oligotrofización se mantuvo en una media de 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un mínimo de 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un máximo de 424 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mientras que para la eutrofización se mantuvo una media de 403 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mínimo de 374 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un máximo de 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto informa que hubo una gran diferencia a favor de la parte eutrófica, y aunque está aún lejos del valor máximo permisible, es posible que si se continúa con contaminando esta parte del río se incrementará excesivamente la concentración de sales y consecuentemente irá en detrimento de la buena salud del río. Cabe mencionar que al menos con la concentración de sales que tiene la parte eutrófica, el agua serviría para ser tratada y empleada para el riego de áreas verdes y cultivos de la Ciudad Tezonapa, y aparentemente no se observarían daños físicos en la vegetación.

Cuadro 2 VALORES OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS DE CADA UNO DE LAS MUESTRAS TOMADAS Y SUS DENSIDADES, EN EL CAUCE DEL RÍO PARAÍSO, DEL MUNICIPIO DE TEZONAPA VERACRUZ. EN LOS MESE DE JUNIO-AGOSTO DEL 2009

PARÁMETROS	VALOR MAXIMO		VALOR MINIMO		MEDIA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR		LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
	*Oligo	**Eutro	*Oligo	**Eutro	*Oligo	**Eutro	*Oligo	**Eutro	Unidades
pH	7.2	8.11	7.1	7.06	7.15	7.78	0.031	0.42	6,5 – 8,5 (NMX-AA-008-SCFI-2000)
C.E(μS/cm)	424	435	202	374	280	403	86.6	27.8	1500 (NMX-AA-093-SCFI-2000)
NO₃(mg/l)	0.024	0.044	0.004	0.006	0.013	0.016	0.008	0.014	10 (NMX-AA-079-SCFI-2001)
DBO(mg O₂/l)	2.4	8.7	1.9	8.37	2.2	8.6	0.16	0.092	50 (NOM-028-SCFI-2000)
DQO(mg O₂/l)	8.1	28	7.9	27.05	7.9	27.8	0.05	0.25	200 (NMX-AA-030-SCFI-2001)

*oligotrofización

**eutrofización

La concentración de nitrato (NO₃) en la parte oligótrofa presentó una media de 0.013 mg/l, con una mínima de 0.004 mg/l, una máxima de 0.024 mg/l, la calidad del agua es todavía excelente, esto indica la presencia de condiciones aeróbica en un cuerpo de agua. Para la parte eutrófica tuvo una media de 0.016 mg/l, con una mínima de 0.006 mg/l, con una máxima de 0.044 mg/l, todavía se puede considerar como bueno pero ya está en estado con tendencia a provocar problemas de contaminación.

Álvarez *et al.* (2002) menciona, que el gobierno federal pretende cubrir esta demanda a nivel nacional en un 60 % para el año 2012, teniendo como objetivo alcanzar un manejo integral y sustentable del agua.

La demanda química de oxígeno (DQO) en la parte del río en oligotrofización, presentó una media de 7.9 mg/l, con una mínima de 7.8 mg/l, una máxima de 8.07mg/l, La presencia de oxígeno denota condiciones aeróbicas en el cuerpo de agua y la ausencia de olores desagradables, y en la parte del río que está en eutrofización la media fue de 27.8 mg/l, con una mínima de 27.05 mg/l y una máxima de 28.07 mg/l. Al exceso de materia orgánica esta ocasionando la presencia de olores desagradables y el color en el cuerpo de agua. La elevada DQO ocasiona el agotamiento de oxígeno y el desarrollo de microorganismos (Jiménez, 2001), este investigador menciona que el dato que establece la concentración ideal de la DQO, no sea mayor 150 mg/l que establecen las normas de calidad.

La demanda bioquímica oxígeno (DBO) para la parte de oligotrofización presentó una media de 2.1 ml/l, un mínimo de 1.9 ml/l, un máximo de 2.4 ml/l. A su vez esto indica todavía una buena salud en el cuerpo de agua. Para la parte de baja del río existe una eutrofización con una media de 8.6 ml/l, un mínimo de 8.3 ml/l, y un máximo de 8.7 ml/l, en cuanto a la calidad del agua es ya mala, ya que indica que hay demasiada materia orgánica presente y bacterias que están realizando su función aeróbica (Metcalf & Eddy 1996b). Estos investigadores mencionan que la concentración ideal para la supervivencia de los microorganismos es de 5 ml/l, lo cual beneficia su desarrollo poblacional, debido a la DBO que existe en el agua. La media obtenida durante su análisis fue de 8.6 ml/l. Esto donde indica que entre mayor sea la DBO mayor supervivencia de organismos habrá, pero a la vez es perjudicado por la alta concentración de la DQO presente en el agua que hace lenta su degradación por los organismos hay presentes. (CNA 2004).

El río presenta un color transparente en la parte de oligotrofización todavía y se puede observar algunos vertebrados así como la trasmisión de la luz al agua, sin embargo al recorrer el cauce hacia la parte baja, el río entra a la fase de eutrofización donde ya hacen aparición las industrias y la ciudad, se sienten olores desagradable debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

El olor que presenta se debe a la presencia de materia en descomposición dada por los microorganismos que están presentes, empieza a cambiar de color y al principio se nota un color gris oscuro a unos cuantos metros, para finalmente adquirir un color negro, provocado por las diferentes fuentes (CE-CCA-001/89).

CONCLUSIONES

La vegetación que se encuentra a orillas del río es indicadora de áreas perturbadas, al no presentarse vegetación de galería.

El río Paraíso de Tezonapa. Veracruz, tanto en su parte oligótrofa como eutrófica, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles al realizar los parámetros de pH, NO₃, C.E, DBO Y DQO, según las normas oficiales mexicanas mencionadas.

En la fase de eutrofización del río, los resultados obtenidos indican que las concentraciones del agua muestran un incremento de pH, DBO Y DQO, que aunque no rebasan los límites máximos permisibles, están contaminando el ecosistema. Este incremento se debe a la acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos arrojados al río sin control alguno por las autoridades y la sociedad civil.

El río en su parte de oligotrofización existe un pH prácticamente neutro, el cual todavía se puede considerar en estado bueno, sin que se observen efectos nocivos a la flora y fauna presente. Mientras tanto en la parte de eutrofización se hacen evidentes daños derivados del pH básico. Presentándose detergentes acumulados que posiblemente están afectando el estado de salud del ecosistema.

RECOMENDACIONES

Como medidas que se deben de llevar a cabo para reducir el estado de eutrofización del río Paraíso se propone lo siguiente:

- Fomentar la plantación y siembra de vegetación de galería, tanto en la parte de oligotrofización como en la de eutrofización.
- Reducción del uso de productos químicos.
- Los envases de agroquímicos vacíos no se deben depositar en el lecho del río.
- Que se exija el cumplimiento estricto del reglamento general de plaguicidas y productos afines de uso agrícola.
- El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la DBO, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar dentro de la planta donde se está generando las aguas residuales, pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.
- Desalojar los asentamientos humanos que se han desarrollado en sus orillas, para lo que propone su reubicación en lugares más adecuados y sanos, disminuyendo así el alto nivel de desechos sólidos en el río.
- Proceder a reforestar la zona dañada, fomentando los viveros con la germinación de plantas nativas
- Establecer un comité de vigilancia que se encargará de dar continuidad a las actividades que se ejecuten del cuidado del río.
- Realizar una limpieza a la orilla del río.

- Implementar un reglamento en donde las personas aledañas al río se encarguen de vigilar que las personas no tiren basura.
- Solicitar apoyo y trabajar en coordinación con las autoridades municipales para el cuidado de la flora y fauna.
- Crear una planta tratadora de agua dentro de las industrias para ser reutilizada.
- Diseñar un biodigestor para la producción de energía alternativa.

BIBLIOGRAFIA

- Adler, P. S., T. Summerfelt D. y Glenn M. 1996. Evaluation of a wetland system designed to meet stringer phosphorus discharge requirements. *Wat. Environ. Res.* 68, 836840.
- Atlas, M. R y R. Bartha. 2002. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 4° edición. Addison-Wesley. Impreso en España. 667p.
- Álvarez, B. S; M. Contreras R. y H. Poggi V. 2002. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales por Aplicación al Suelo*. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav. *Avance y perspectiva*, vol. 21. pp. 333-340.
- Álvarez, M. C; Jara T. 1995. *La calidad de las aguas continentales México. Estado actual e investigación*. Logroño: Ediciones Geoforma. Obra técnica sobre el estado actual del agua en México.
- Arenillas, P. M., C. Sáenz R. 1995. *Los Ríos*. En "Guía Física de España". Volumen 3. Madrid: Alianza Editorial.
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal, III Legislatura en: 2006. *Revista Tecnología Ambiental, información especializada en ecología y medio ambiente, edición especial*. México. p. 39
- Asano, T. 1998. *Wastewater Reclamation and Reuse: Water Quality anagement Library, Volume X (Water Quality Management Library, No 10) (Hardcover)*. Publisher: CRC; 1 Edición (June 15, 1998) 1528 p.
- Ayuntamiento Municipal 2003. *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tezonapa 2003-2006*. Tezonapa, México.
- Barke, R., A. Scout C., De Fraiture C. y U. Amarasinghe. 2000. *Global water shortages and challenges facing México*. *Inter. J. Waters Resour. Develop.* 16, 525-542.

- Barrenechea, M. A. 2000. Manual sobre aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Vol. I. pp. 3-55.
- Bautista, Z. F., M. Durán B., 1998. Facultad de Ciencias, UNAM. Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Apdo Postal 28 Cordemex 971 10. Mérida Yucatán.
- Brix, H. 1997. Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetlands plants the root zone method. Wat. Sci. Tech. 19, 107118.
- Cano, A. y S. González J. 1989. Evaluación preliminar de las características físicas y químicas de los residuales líquidos de destilería. Bol. Técnico No. 34, Inst. Invest. Ind. Alim., La Habana.
- Carpenter, S. & Cottingham, K. 1997. Resilience and restoration of lakes. Conservation ecology. 1, Art. 2.
- Carrillo, G. R. y J. Cajuste L., 1992. Behavior of trace metals in soils of Hidalgo, México. J. Environ. Sci. Health. A30, 143-155.
- Carrillo, G. R., J. Cajuste L. y L. Hernández H., 1997. Acumulación de metales pesados en un suelo regado con aguas residuales. Terra 10, 166-173.
- Cordón, A. R., M. J. García G., y J. M. Barranco R., 1995. *Conoce la importancia del agua, conoce tu río*. Murcia: Cordón Aranda,
- Cortes, V. J., 1987. Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Coyoacán, México D. F., Apdo. Postal 70-305, México.
- CNA. 1999. Compendio básico del agua en México. CNA, SEMARNAP. D. F., México, 66 p.

- CNA (Comisión Nacional del Agua) 2004. Estadísticas básicas del agua 2004. Un producto del sistema unificado de información básica del agua (SUIBA). México, D.F.
- Cuadri, M. J. 1981. Agricultural land irrigation with wastewater in the Mezquital Valley. En: *Municipal wastewater in agriculture* (F.M. D'Itri, M.J. Aguirre y N.M. Athie Academic Press, Nueva York, pp. 217-248.
- Crites, R. y Tchobanoglous, G. 2000. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. 1ª Edición Editorial McGraw-Hill. Bogota, Colombia. Pp. 2-3, 21-25, 34, 44, 50-52.
- Diario Oficial de la Federación 1997. 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. Enero 6, D. F., México, 73.
- Dolbeth, M., M. Pardal. A, A. Lilleblo L., Azeiteiro U., J. Marques., 2003. Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine biology*. 10-1007: 1133-1135.
- Downs, T. J., E. Cifuentes G. y M. Suffet I. 1999. Risk screening for exposure to groundwater pollution in a wastewater irrigation district of the Mexico City region. *Environ. Health Perspect.* 107, 553-561.
- Drizo, A., Frost C., Smith K. y Grace J. 1997. Phosphorus removal by horizontal reed beds using shale as a substrate. *Wat. Environ. Res.* 68, 951-954.
- Durán, B. C. 1988. Tratamiento biológico de aguas residuales. Deptac, Cuernavaca, México.

- Durán, B. C., A. H. Zámano P., y L. E. Zedillo P. L., 1991a. Tratamiento biológico de aguas residuales de la industria alcoholera. Informe Técnico VIN-O 1-9 1. Facultad de Química, UNAM.
- Durán, B. C., Noyola A., H. Poggi V., y L. E. Zedillo P. L., 1991b. Biodegradation of process industry wastewater. Case problem: sugarcane industry. En *Biological process of wastes*. (A. M. Martín, Ed.) Elsevier Appl. Sci. Londres, Inglaterra
- Durán, B. C., Noyola A, Poggi H. y Zedillo L. 1994. Paquete tecnológico para tratar vinazas de ingenios azucareros-alcoholeros: sistema anaerobio-aerobio. Rev. IMIQ 35 (S), 42-47.
- González, T. R. M. y D. García J. L., 1995. *Restauración de ríos y riberas*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar,
- Gómez, A., Kulatilake P. H., Villalba-atondo A. I., Burgos-flores D. y Sortillón-Venezuela M. R. 1994. Investigación de la calidad del agua en la cuenca hidrológica del río san pedro, sonora, México. (Primera etapa) departamento de investigaciones científicas y tecnológicas de la universidad de sonora. Informe académico final. Hermosillo, Sonora, México. 97. p.
- Gold, B. G., M Zavala C., O. Zapata P. y V. Ceja M. 1997. Hydrocarbon concentration in oysters (*Crassostrea virginica*) and recent sediments from three coastal lagoons in Tabasco, México. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 59, 430-437.
- Gelover, S., R. Vándala E., T. Leal A., Pérez S. y Martínez E. 2000. GC-MS determination of volatile compounds in drinking water supplies in Mexico. Environ. Toxicol 15, 131-139.
- Haas, C. N., B. Rose J. y P. Gerba C. 1999. *Quantitative microbial risk assessment*. New York. John Wiley & Son, 499 p

Hansen, A. M. y V. Afferden M. 2004. Modeling cadmium concentration in water of Lake Chapala, Mexico. *Aquatic Sci.* 66, 266-273.

Hene, L.J., D. W. Schneider y L. M Martínez. 2002. Rapid assessment of organic pollution in a west central Mexican river using a family level biotic index. *J. Environ. Planning Managent.* 45, 613-632.

Holtan, H. K. Nielsen. I, Stuanes A. 1988. Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. *Hidrobiología*, 170:19-34.

INEGI. (1999). Inventario Nacional de Agua.

Jiménez, B. 2005. Treatment technology and standards for agricultural wastewater reuse: a case study in Mexico. *Ir. Drainage.* 54, S23-S33.

Jiménez, C. B. E. 2001. Contaminación del agua. *In: la contaminación ambiental en México.* Autor Jiménez Cisneros, b. e. ed. limusa. pp. 33-316.

Jing, S., Lin Y., Lee D., Wang T. 2001. Nutrient removal from polluted river water by using constructed wetlands. *Biores. Tech.* 76, 131135.

Legorreta, J. 2005 Agua. La Jornada, edición especial. México. MBM Impresora. p. 250.

Leff, E., y J. Carabias. 1993. Recursos naturales, técnica y cultura. Estudios y experiencias para un desarrollo alternativo. Cuadernos del centro de investigaciones interdisciplinarias en humanidades, UNAM, Miguel Ángel Porrúa, México, volumen I y II

Lin, Y., Jing S., Lee A. y Wang A. 2002. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. *Aquaculture* 209, 169–

- López, L. E. y J. Paula M. 2001. Changes in the fish assemblages in the upper río Ameca, México. *J. Fresh. Ecol.* 16, 179-187.
- Méndez, G. L., L. Rodríguez D. y S. Palacios M. 2000. Impacto del riego con aguas contaminadas, evaluado a través de la presencia de metales en suelos. *Terra* 18, 279-288.
- Metcalf & Eddy, 1996b. *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.* Tomo 2. Editorial Mc Graw-Hill (3ª edición), México, D.F. pp. 1-20.
- Myrbo, A. & Ito E., 2003. Eutrophication and remediation in context: high-resolution study of the past 200 years in the sedimentary record of Lake McCarron's (Roseville, Minnesota). USGS-WRRI 104B. National grants competition and the center for agricultural impacts on water quality, Minnesota. 5.
- Norma oficial mexicana (NMX-AA-008-SCFI-2000). Análisis de Agua determinación del pH. pp. 1-30.
- Norma oficial mexicana (CE-CCA-001/89). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Instituto nacional de Ecología. SEMARNAT.
- Norma oficial mexicana (NMX-028-SCFI-2000). Análisis de agua. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO_5) y residuales tratadas. Pp.1-13.
- Norma oficial mexicana (NMX-AA-093-SCFI-2000). Determinación de la conductividad eléctrica. Método de prueba. Pp.1-22

Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996). Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Perdomo, C., H. Casanova; 2001. Facultad de agronomía. Universidad de la Republica. Av. garzón 780. Montevideo. Uruguay. Agrociencia. Vol. v N° 1 Pág. 10-22

Postel, S. 2000. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. Ecological plications 10, 941-948.

Purata, V. S. y I. García C. 1999. Ecología, Editorial Santillana, S.A DE C.V. MEXICO, pp.184-188

Ramos, C., A. Agut, A., L. Lidon. 2002. Nitrate leaching using two patato-corn n-fertilizer plans on sady soil, agriculture ecosistems Vol. 65, 1-13.

Rivera, V. R., O. Palacios V., J. Chávez M., M. Belmont, L. Nikolski G., M. L. Isla B., A. Guzmán Q., L. Terrazas O. y R. Carrillo G., 2007. Estudiante de Maestría en el Colegio de Postgraduados, Programa Hidrociencias 2 Profesor investigador. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Texcoco, México. C.P. 56230

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México D. F. 431 p.

Sánchez, F. J. 2001. Profesora Titular. Directora de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo, Venezuela Sánchez, L. E. 1995. Control de la contaminación dem las aguas. II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental.

- Soto, G. E., J. Paulo M., E. López L. y J. A. Serna H. 1994. Environmental deterioration of Rio Grande de Morelia, México: An endangered tropical system. *Lake Reserv. Mañaneé*. 9, 105-115.
- Sheehan, G. y Greenfield P. 1980. Utilisation, treatment and disposal of distillery wastewater. *Wat. Res.* 14, 257277
- Smith, R. L & T. Smith. M., 2001. *Ecología*. 4° Edición. Addison Wesley, Madrid.
- Taylor, B., 1993. *El Río*. Grupo Anaya, S.A.,
- Topalián, M. L; Castañe, P. M., Rovedatti M. G, y Salibián A. 1999. Principal componet análisis of disolved heavy metals in water of the reconquista river (Buenos Aires, Argentina). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63:484-490.
- Varela R, A. 1992. Prospección de peces nativos en la cuenca del río san pedro. Centro ecológico de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. 14p.
- Wood, R. B. y F. McAtamney C., 1996. Constructed wetlands for wastewater treatment: the use of laterite in the bed medium in phosphorous and heavy metal removal. *Hydrobiologia* 340, 323331.
- Westam, D. 2001. Human-mdified ecosystems and future evolution. *PNAS*. 98. 5458-5465.

VIII. APENDICE

CUADRO 2 PARÁMETROS EVALUADOS EN EL RÍO PARAISO MUNICIPIO DE TEZONAPA VERACRUZ. JUNIO-AGOSTO DEL 2009.

MUESTRAS	pH		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA		CONCENTRACIONES DE NITRATOS (NO ₃)		DBO		DQO	
	Oligo	Eutro	Oligo	Eutro	Oligo	Eutro	Oligo	Eutro	Oligo	Eutro
1	7.16	8.04	323	385	0	0.02	2.36	8.70	8.0	28.0
2	7.14	7.06	375	386	0	0.042	2.30	8.50	8.02	27.89
3	7.17	7.99	202	374	0	0.01	2.25	8.37	8.07	27.80
4	7.19	7.94	204	374	0	0.01	2.20	8.62	8.02	27.79
5	7.10	7.97	209	378	0.018	0.018	2.19	8.72	7.98	27.05
6	7.20	8.11	229	429	0.004	0.028	2.40	8.60	7.96	27.90
7	7.17	8.09	320	432	0	0.01	2.38	8.55	7.99	28.01
8	7.18	7.13	389	379	0.1	0	2.10	8.66	7.89	28.05
9	7.12	8.11	319	431	0	0.006	2.37	8.63	7.88	28.05
10	7.17	8.04	214	435	0.024	0.044	1.90	8.72	7.93	28.02
11	7.12	7.13	424	435	0.018	0	1.98	8.67	7.95	28.01
12	7.13	7.14	415	431	0	0	1.99	8.65	8.0	28.07
13	7.14	8.02	217	435	0	0	2.05	8.66	8.01	27.98
14	7.19	8.01	217	376	0	0.014	2.08	8.67	8.05	27.95
15	7.20	8.09	346	380	0	0	2.06	8.67	8.03	27.91
Norma (Limite Máximo permisibles)	NMX-AA-008-SCFI-2000		NMX-AA-093-SCFI-2000		NMX-AA-079-SCFI-2001		NOM-028-SCFI-2000		NMX-AA-030-SCFI-2001	