



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

UCDR

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Calle pino s/n Col. El Roble. C.P.39640 Acapulco, Gro. Tel. (744) 4 876624

INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA*.

Tesis

**Que para obtener el grado de
Doctorado en Ciencias Ambientales**

Presenta

Humberto Ávila Pérez

Comité Tutorial:

**Dr. José Luís Rosas Acevedo
DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. Sergio García Ibáñez
ASESOR**

**Dr. José Guadalupe Granados Ramírez
ASESOR**

**Dr. Justiniano González González
ASESOR**

**Dr. Juan Violante González
ASESOR**

Acapulco, Guerrero; junio de 2014

***Proyecto financiado por la UAGro (125/2013) en convocatoria 2013**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

UCDR

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Calle pino s/n Col. El Roble. C.P.39640 Acapulco, Gro. Tel. (744) 4 876624

**INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ,
GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA*.**

COMITÉ TUTORAL:

DR. JOSÉ LUIS ROSAS ACEVEDO

Profesor investigador de tiempo completo en la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

Doctorado en la Universidad de Colima en Biotecnología
Cuerpo Académico: UAGro-29: Ambiente y Desarrollo

DR. SERGIO GARCÍA IBÁÑEZ

Profesor investigador de tiempo completo en Unidad Académica de Ecología Marina

Doctorado en la Universidad Autónoma de Nuevo León
Cuerpo Académico: UAGro-087: Ecología acuática

DR. JOSÉ GUADALUPE GRANADOS RAMÍREZ

Profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Cuerpo Académico: UAEMOR-19: Manejo Biotecnológico de Recursos Acuáticos

DR. JUSTINIANO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Profesor investigador de tiempo completo en la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

Doctorado en la Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional: en Ciencias Ambientales

Cuerpo Académico: UAGro-29: Ambiente y Desarrollo

DR. JUAN VIOLANTE GONZÁLEZ

Profesor investigador de tiempo completo en Unidad Académica de Ecología Marina

Doctorado en Ciencias del mar, en la Universidad Autónoma de Baja California
Cuerpo Académico: UAGro-143: Recursos naturales marinos y costeros

***Proyecto financiado por la UAGro (125/2013) en convocatoria 2013**

Acapulco, Gro., a 2 de Mayo de 2014

ASUNTO: Solicitud de examen profesional

**LIC. JORGE JOAQUÍN CARRAL GILES
COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
Y CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS
ZONA SUR DE LA UAGro.
PRESENTE.**

Quien suscribe **C. HUMBERTO ÁVILA PÉREZ** egresado de la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional de Acapulco Guerrero, con número de matrícula 09192303 de la generación 2009-2013 solicito a usted la autorización para presentar el **EXAMEN PROFESIONAL**, para obtener el grado de **Doctorado en Ciencias Ambientales** de acuerdo a lo que establece el artículo 81 inciso "a" del Reglamento General de Estudios de Posgrado e Investigación Vigente de la UAGro, en la modalidad de elaborar y defender ante un jurado la tesis original, denominada **INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA**, producto de una investigación innovadora y de alta calidad, con las modalidades especificadas en la reglamentación interna del Doctorado en Ciencias Ambientales.

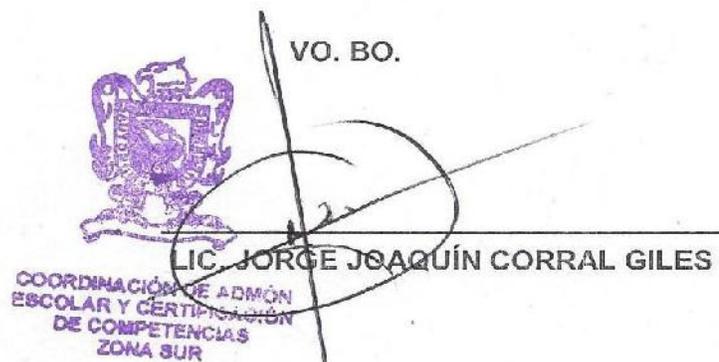
Esperando que la Coordinación a su cargo autorice la presentación del examen, le reitero mi más atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE



HUMBERTO ÁVILA PÉREZ

VO. BO.



LIC. JORGE JOAQUÍN CORRAL GILES
COORDINACIÓN DE ADMÓN
ESCOLAR Y CERTIFICACIÓN
DE COMPETENCIAS
ZONA SUR

C.c.p. Dirección de la Unidad Académica
Cc.p. Interesado
Cc.p. Archivo



UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

Acapulco, Gro., a 02 de Mayo de 2014.

LIC. JORGE JOAQUIN CORRAL GILES
COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
Y CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS
ZONA SUR DE LA UAGro.
P R E S E N T E.

Por medio del presente, le comunico que el C. HUMBERTO ÁVILA PÉREZ, ha presentado su tesis "INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA." El cual a juicio de los revisores asignados por esta dirección, ha sido aprobado para ser sustentado ante un jurado calificador para la obtención del grado de Doctorado en Ciencias Ambientales, mediante la modalidad de tesis artículo 81 inciso "a" del reglamento general de estudios de posgrado en investigación.

Esperando que la Coordinación a su cargo autorice la presentación del examen, le reitero mi más atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE



DRA. AMÉRICA LIBERTAD RODRÍGUEZ HERRERA
DIRECTORA UCDR
Unidad de Ciencias
de Desarrollo Regional



COORDINACIÓN DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y CERTIFICACIÓN
DE COMPETENCIAS
ZONA SUR

Pino s/n
Col. El Roble, C.P 39540

Tel/Fax. 744 4876624, 4876694

Correo electrónico: : unidad_cdr@uagro.mx

Acapulco de Juárez, Guerrero, México





UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Coordinación de Administración Escolar Zona Sur

OFICIO No.: 4583/02/06/2014/C. A.E.Z.S.

ASUNTO: Autorización de EXAMEN PROFESIONAL.

Acapulco, Gro., a 02 de Junio 2014.

C. DRA. AMERICA LIBERTAD RODRÍGUEZ HERRERA,
DIRECTOR DE LA UNIDAD ACADÉMICA.
UNIDAD DE CIENCIAS DE DESARROLLO REGIONAL
DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO,
PRESENTE.

Con base a lo establecido en el artículo 81 inciso a) del Reglamento General de Estudios de Posgrado e Investigación vigente, se **AUTORIZA** la aplicación del Examen Profesional, mediante la opción de Tesis **INDIVIDUAL** titulada:
" INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA".

AL(LA)C. **HUMBERTO ÁVILA PÉREZ**

para obtener el Título de: **DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES.**

habiendo cursado sus estudios en el período: **2009-2013.**

En virtud de haber cumplido con los requisitos de revisión exigidos por la ley en estos casos.

Agradeceré a Usted, informar a esta Coordinación el resultado del examen, a más tardar 15 días hábiles después de efectuarlo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.



ATENTAMENTE

LIC. JORGE JOAQUÍN CORRAL GILES
COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR Y CALIFICACIÓN DE CUMPTE REPARAS ZONA SUR

c.c.p. Unidad Académica.
c.c.p. Interesado (a).
c.c.p. Archivo.
JICG/poct.

Av. Niños Héroes No.133
Col. Progreso C.P. 30050
Tel. 01 (744) 4860919, ext. 109, 110
Correo electrónico: escolarsur@uagro.mx
Acapulco de Juárez, Guerrero México



UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional

Acapulco, Gro., 29 de abril de 2014

Dra. América Libertad Rodríguez Herrera
Directora de la Unidad de Ciencias
de Desarrollo Regional de la
Universidad Autónoma de Guerrero

Por este medio comunicamos a usted que después de haber leído, analizado y revisado el trabajo de tesis titulado: "INSECTOS ACUÁTICOS EN LA LAGUNA DE COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA", del alumno Humberto Ávila Pérez (Matrícula: 09192303), hemos aprobado para su impresión.

El trabajo está listo para ser sustentado ante un jurado calificador para la obtención del grado de Doctorado en Ciencias Ambientales.

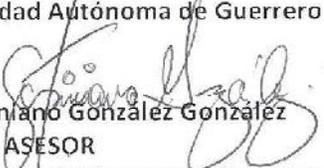
Sin otro particular, le reiteramos nuestros respetos y consideraciones

ATENTAMENTE


Dr. José Luis Rosas Acevedo
DIRECTOR DE TESIS
Universidad Autónoma de Guerrero


Dr. Sergio García Ibañez
ASESOR
Universidad Autónoma de Guerrero


Dr. José Guadalupe Granados Ramírez
ASESOR
Universidad Autónoma del Estado de Morelos


Dr. Justiniano González González
ASESOR
Universidad Autónoma de Guerrero


Dr. Juan Violante González
ASESOR
Universidad Autónoma de Guerrero

Punto de
Cra. El Roble, C.P. 39040
Teléfono: 744 4870024, 48988004
Correo electrónico: unidad@uagro.mx
Acapulco de Juárez, Guerrero, México



DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicado en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía. Gracias señor por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por cada regalo de gracia que me has dado y que inmerecidamente he recibido, quiero ser siempre tu hijo ya que es el mayor privilegio que podemos tener, más valioso que todos los títulos de la tierra.

A Jesucristo porque revoluciona mi vida con su sacrificio en la cruz, gracias por haberme sacado de las tinieblas para llevarme a lugares celestiales, ya que sin ti no existiría razón para vivir, me has dado hasta lo que ni siquiera he imaginado. El haberte conocido ha sido lo mejor que me ha pasado ya que si no hubiera sido por ti no sé dónde estaría ahora y mi vida no tendría esperanza ni sería emocionante.

Al precioso Espíritu Santo, gracias porque me has iluminado y guiado durante todo este tiempo, porque sin ti no hubiera podido salir adelante en los momentos difíciles y de prueba, no tengo palabras para agradecer lo mucho que me has dado lo único que puedo decir es te necesitaré en cada proyecto que emprenda en mi vida, por lo que nunca me apartare de ti.

A mi amada compañera de vida, mi esposa, amiga y ayuda idónea: María Magdalena Zúñiga García. "Magda", mil gracias por creer en mí, por tu apoyo en todo momento y por acompañarme en este proceso, pero sobre todo, tu amor, tu comprensión, paciencia y fortaleza que permitieron que pudiese, no sólo trabajar, sino también llegar a concluir una de tantas metas que conquistaremos juntos. Como en todo lo que escribo, estás presente en mi mente y en el alma de estas líneas. Contigo aprendo constantemente. Amo vivir y ser contigo. Amo saber que tu compañía se extenderá mucho más allá de este período. Te amo amor, vida mía, porque mejores son dos que uno (Eclesiastés 4: 9-12. Reina-Valera, 1960)

A mis hijos, Yuri, Ever y Madelin quienes han sido mi mayor motor y motivación para nunca rendirme y poder ser un ejemplo. Hijos ustedes dan sentido a mi vida y siempre están y estarán en mi corazón con su amor, quienes tuvieron que soportar largas horas sin la compañía de su papá, sin poder entender, a su corta edad, por qué prefería estar frente a la pantalla de la computadora y no acostado y/o jugando con ustedes. A pesar de ello, cada vez que podíamos, al reunirnos, aprovechamos hermosos momentos, en los que su sola sonrisa, un apúrte chamaquito, un abrazo o un te quiero papá me llenaba de ánimo y fuerzas. Recuerden (Proverbios 2: 1-6. Reina-Valera, 1960).

A mis suegros que dieron vida a mi esposa y a mis padres por darme la vida, pilares fundamentales en mi vida. Sin ustedes, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora soy. Su tenacidad y lucha insaciable los convierte en el gran ejemplo a seguir y destacar. Los amo aunque sea corto de palabras.

A los hermanos en Cristo de la iglesia Torre Fuerte y Centro Familiar Cristiano Torre Fuerte que me vio crecer porque con el ejemplo de muchas de ustedes aprendí que el cristianismo es una cuestión de vivencia más que de apariencia, con quienes hemos estado en buenos y malos momentos. Por apoyarnos en muchos momentos. Por permitirnos crecer con ustedes, Gracias, por ser más que mis amigos: ustedes son mis hermanos (Proverbios 17:17). Gracias a todos quienes componen esa hermosa comunidad, sin dudas, un oasis en medio del desierto, un espacio de espiritualidad y servicio, en el que todos somos iguales. Gracias por enseñar y mostrar a Cristo con sus vidas. A todas y todas ustedes, mil gracias...y que dios bendiga sus vidas y los prospere. Sincera, humilde y respetuosamente: Humberto

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Guerrero, por la oportunidad que me brindo para convertirme en universitario en esta etapa de mi formación académica y profesional. En particular a la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, institución educativa que me permitió ser parte, dándome todas las facilidades y oportunidades; formándome en lo que ahora soy. A la Dirección, personal académico y administrativo del Programa de Doctorado en ciencias ambientales por las atenciones que tienen para conmigo, haciéndome sentir en casa. Gracias.

A mi director de tesis Dr. José Luis Rosas Acevedo, por su sensibilidad al creer en mí, por comprender mi situación y tramitar hasta conseguir financiamiento en la UAGro. para este proyecto. Por su valioso tiempo, observaciones, dirección, apoyo y atinadas sugerencias en la construcción y mejora de esta investigación hasta su concreción, le estoy infinitamente agradecido.

Al Dr. Sergio García Ibáñez, integrante de mi comité tutorial, por las valiosas aportaciones realizadas en el análisis e interpretación hasta estructurar y mejorar este proyecto, por guiarme al éxito de esta investigación, por su gran paciencia y tiempo, sin duda alguna es un ejemplo a seguir en el área de la investigación.

Al Dr. José Guadalupe Granados Ramírez integrante de mi comité tutorial por su tiempo, acertadas sugerencias, comentarios y corrección a este documento.

Al Dr. Justiniano González González, integrante de mi comité tutorial, por las correcciones y facilidades otorgadas en disponer de personal especializado en el laboratorio de aguas de la UCDR. Agradeciendo concretamente al Ing. Enrique Jesús Flores Munguía por su disposición en análisis e interpretación de datos.

Al Dr. Juan Violante González integrante de mi comité tutorial, por sus sugerencias, tiempo, paciencia y sus atinadas correcciones realizadas a esta investigación.

A los profesores de la Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional que sin nombrarlos para no errar, me facilitaron los conocimientos, paciencia y tiempo para llegar a concretar esta meta; que con sus valiosas aportaciones han contribuido en mi formación profesional.

Mil gracias por formar parte de este gran proyecto.

Siempre los recordare con gran admiración y respeto. Bendigo sus vidas, su familia, su casa, su profesión y todo lo que emprendan..... Humberto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PÁGINA
INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE TABLAS.....	ii
Resumen... ..	1
Abstrat.....	2
I.-INTRODUCCIÓN	3
II.-ANTECEDENTES	9
2.1.- Distribución y Clasificación de los insectos.....	9
2.2.- Bioindicación	10
2.3.- Características ecológicas de los macroinvertebrados acuáticos	14
2.4.-Los macroinvertebrados como bioindicadores.....	16
2.5.- Biomonitoreos.....	20
2.5.1.- En México.....	20
2.5.2.-En Guerrero.....	22
2.5.3.-En la Laguna de Coyuca de Benítez.....	23
2.6.-Situación jurídica relativo a la calidad del agua.....	24
2.7.-Participación social en el uso y cuidado del agua	25
2.8.-Determinación de condiciones fisicoquímicas y microbiológicas	26
2.9.-Parámetros fisicoquímicos.....	28
2.10.-Parámetros microbiológicos.....	36
III.- ÁREA DE ESTUDIO	38
3.1.- Localización y descripción.....	38
3.1.1.- Estaciones de muestreo.....	40
3.1.2.- Vías de comunicación a la laguna.....	42
3.2.- Otras características.....	42
3.2.1.-Clima.....	42
3.2.2.- Suelo.....	44
3.2.3.Agricultura.....	45

3.2.4.- Vegetación.....	45
3.2.5.- Fauna.....	46
3.2.6.- Hidrología.....	47
3.2.7.- Orografía.....	48
3.2.8.- Servicios públicos.....	49
3.2.9.- Población.....	50
3.2.10.-Fuentes de contaminación.....	51
IV.-JUSTIFICACIÓN	52
V.-OBJETIVOS E HIPÓTESIS	53
5.1.- General.....	53
5.2.-Particulares.....	53
5.3.- Hipótesis.....	53
VI.-MATERIALES Y MÉTODOS	54
6.1.-Materiales.....	54
6.2.-Metodología.....	55
6.2.1.-Análisis fisicoquímico.....	55
6.2.2.-Análisis estadístico	56
6.2.3.-Análisis de algunos métodos biológicos.....	57
6.2.3.1.-Diversidad y abundancia	57
6.2.3.3.-Índice BMWP	58
6.2.3.4.-Índice EPT.....	59
VII.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
7.1.-Condiciones fisicoquímicas de las estaciones de muestreo.....	60
7.1.1.-Temperatura.....	60
7.1.2.-pH.....	61
7.1.3.-Oxígeno disuelto.....	63
7.1.4.-Conductividad eléctrica.....	65
7.1.5.-Sólidos totales disueltos.....	66
7.1.6.-Salinidad.....	67
7.2.-Diversidad, abundancia y taxones	69
7.2.1.-Diversidad de insectos	69

7.2.2.-Abundancia de insectos.....	71
7.2.3.-Taxones colectados	73
7.2.4.-Órdenes presentes.....	77
7.3.-Análisis estadísticos.....	78
7.3.1.-Análisis de Componentes Principales.....	80
7.3.1.1.- Primer ACP.....	80
7.3.1.2.- Segundo ACP.....	86
7.3.1.3.-Tercer ACP.....	90
7.4.-Indices biológicos.....	96
7.4.1.-Índice Biótico de Familia.....	96
7.4.2.-Índice BMWP.....	98
7.4.3.-Índice EPT.....	99
VIII.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
IX.-LITERATURA CITADA	105

INDICE DE FIGURAS	PAG.
Figura 1. Localización de lagunas costeras en Guerrero.....	8
Figura 2. Localización de la laguna de Coyuca.....	39
Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo.....	41
Figura 4. Clima característico del municipio de Coyuca de Benítez.....	43
Figura 5. Mapa de suelos del municipio de Coyuca de Benítez, Gro.....	44
Figura 6. Agricultura en el municipio de Coyuca de Benítez, Gro.....	45
Figura 7. Vegetación en el municipio de Coyuca de Benítez, Gro.....	46
Figura 8. Hidrología del municipio de Coyuca de Benítez, Gro.....	48
Figura 9. Orografía del Municipio de Coyuca de Benítez, Gro.....	49
Figura 10. Concentrado de temperaturas mensuales (°C), en el agua de la Laguna de Coyuca durante el periodo de abril 2011 a abril 2012.....	61
Figura 11. Concentrado mensual de pH del agua en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	62
Figura 12. Concentrado mensual de Oxígeno disuelto (mg/l) en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	63
Figura 13. a, b, c y d. Presencia de lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>) en la zona de estudio, considerado como plaga a, b y c) Inundación de canales por lirio d) obstaculización de la pesca por el lirio acuático.....	64
Figura 14. Concentrado mensual de Conductividad eléctrica (µS/cm) en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	66
Figura 15. Concentrado mensual de Sólidos Totales Disueltos en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	67
Figura 16. Concentrado mensual de Salinidad en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	68
Figura 17. Concentrado mensual de Diversidad de insectos en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	70
Figura 18. Concentrado mensual de Abundancia o densidad de insectos en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	72

Figuras 19 a y b. Comportamiento anual de distribución de insectos en la Laguna de Coyuca por mes y estación durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	75
Figura 20. Clases y órdenes de insectos colectados en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.	76
Figura 21. Gráfico de sedimentación del primer ACP.....	83
Figura 22. Gráfico de componentes rotados en tercera dimensión del primer ACP.....	85
Figura 23. Gráfico de sedimentación del segundo ACP.....	88
Figura 24. Gráfico de sedimentación del Análisis de Componentes Principales.....	93

INDICE DE TABLAS

PAG.

Tabla 1. Índices utilizados en México para evaluar el estado de la calidad de los ambientes acuáticos (Mathuriau <i>et al.</i> , 2010).....	19
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mayor importancia en zonas costeras....	27
Tabla 3. Contenido salino de cuerpos de agua. Fuente: (Lewis,1980); (UNESCO 1981 ^a , 1981 ^b , 1985).....	33
Tabla 4. Caracterización geográfica de las estaciones de muestreo.....	41
Tabla 5. Poblaciones rivereñas de mayor influencia antrópica sobre la laguna sin considerar la zona conurbada de Acapulco.....	50
Tabla 6. Rangos IBF y su respectiva evaluación de calidad del agua, basado en valores del IBF de (Hisenhoff, 1988) en (Hauer y Lamberti, 1966), adaptada por (Figueroa <i>et al.</i> , 2003).....	58
Tabla 7. Valores del índice BMWP y su respectiva evaluación de calidad de agua.....	59
TABLA 8. Porcentaje EPT y su respectiva evaluación de calidad de agua según (Carreray Fierro, 2001).....	59
Tabla 9. Comparativo promedio anual de parámetros fisicoquímicos en la laguna de Coyuca de abril 2011 a abril 2012, con límites permisibles.....	60
Tabla 10. Concentrado anual de insectos colectados por clases y por estación en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	74
Tabla 11. Órdenes de insectos colectados en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.....	77
Tabla 12. Resultados del ANOVA de una sola vía para seis parámetros fisicoquímicos.	79
Tabla 13. Resultados del ANOVA de una sola vía para dos variables biológicas.	79
Tabla 14. Estadísticos descriptivos para las ocho variables del primer ACP.....	80
Tabla 15. Matriz de correlaciones de Pearson de las variables registradas en el primer ACP.....	82

Tabla 16. Varianza explicada a partir del primer ACP de las ocho variables registradas: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia.....	83
Tabla 17. Comunalidades obtenidas a partir del primer ACP de las ocho variables registradas ordenadas de menor a mayor: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia.....	84
Tabla 18. Matriz de componentes rotados obtenidos a partir del primer ACP de las ocho variables registradas.....	85
Tabla 19. Estadísticos descriptivos para las nueve variables del segundo ACP...	86
Tabla 20. Matriz de correlaciones de Pearson de las variables registradas en el segundo ACP.....	87
Tabla 21. Varianza explicada a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, clase 1, clase 2 y clase 3.....	88
Tabla 22. Comunalidades obtenidas a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas ordenadas de menor a mayor: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, clase 2, clase 3 y clase 1.....	89
Tabla 23. Matriz de componentes rotados obtenidos a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas.....	90
Tabla 24. Estadísticos descriptivos para las catorce variables del tercer ACP.....	91
Tabla 25. Matriz de correlaciones de Pearson de las catorce variables registradas en el tercer ACP (26 valores fueron significativos).....	92
Tabla 26. Componentes obtenidos a partir del ACP.....	93
Tabla 27. Comunalidades obtenidas a partir del tercer ACP.....	94
Tabla 28. Matriz de componentes rotados a partir del tercer ACP.....	95
Tabla 29. Familias y su puntaje.....	96
Tabla 30. Puntajes por familias para calcular el IBF. en la Laguna de Coyuca.....	97

Tabla 31. Puntajes del Índice BMWP-Coyuca, a partir del BMWP-Inglés como base y el comparativo entre los BMWP de Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba y Perú. Además del FBI (Índice Biótico de Familias), para determinar cualitativamente la calidad del agua de la Laguna de Coyuca de Benítez.....98

Tabla 32. Total individuos EPT para calcular índice.....99

Tabla 33. Calidad del agua de la laguna de Coyuca, por medio del Índice BMWP-Coyuca, con base al comparativo entre los Índices BMWP Inglés base y los índices latinoamericanos de Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba, Perú; y los índices EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y FBI (Índice Biótico de Familia).....100

RESUMEN

Se determinó la distribución de insectos bioindicadores presentes en el área circundante de la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. Y se relacionaron algunos parámetros fisicoquímicos para conocer la calidad del agua. El estudio se realizó de abril 2011 a abril 2012. La colecta fue mensual se realizó con red Suber, El total organismos colectados fue de 3,907, de los cuales 1,343 fueron insectos. Se identificaron los taxones a nivel de órdenes, familias y géneros, presentes en 10 zonas de colecta: Playa azul, Carrizal, Paraíso de los Manglares, Embarcadero, La playita, El pedregoso, Base aérea, Luces del mar, Mogotes y La barra.

Estos taxones se correlacionaron con la calidad del agua. Además se identificaron problemáticas ambientales asociadas a las condiciones de calidad señaladas por los insectos bioindicadores. Se analizaron parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales y salinidad) y se relacionaron con los índices bióticos (grupos de insectos encontrados durante los muestreos). Se encontró que la laguna presenta valores bajos de oxigenación, temperaturas ligeramente elevadas, presencia localizada de sólidos disueltos, concentración salina en función del ciclo de apertura de la barra y en primavera marcada presencia de lirio acuático.

Los insectos acuáticos representaron una alternativa económica, eficiente y rápida para determinar la contaminación lagunar. La diversidad y abundancia de insectos determinó las condiciones asociadas a las alteraciones antrópicas que repercuten en la calidad del agua y salud pública.

De acuerdo a la guía para el reconocimiento de insectos acuáticos de agua dulce, en la laguna de Coyuca existe una contaminación moderada y comparados con el BMWP (Biological Monitoring Working Party) corresponde al color verde, hay una tendencia a que la contaminación aumente, debido a las actividades antrópicas, al constante crecimiento de la población, por las actividades turísticas, por la demanda de agua, alimentos, explotación pesquera y por la modificación del paisaje natural, lo que deteriora gradualmente este ecosistema, por lo que es necesario proponer alternativas para mantener la calidad del agua.

Palabras clave: Insectos acuáticos, calidad del agua, contaminación.

ABSTRACT

Distribution of bioindicators insects in the surrounding Coyuca Lagoon area of Coyuca de Benítez Guerrero was determined and as well as, some physicochemical parameters were related for water quality. The study was conducted from April 2011 to April 2012. Monthly collecting was using a Surber sieve, the total organisms collected were 3,907 and, insects 1,343. The taxa at the order and family levels were identified, they was collected at 10 places: Playa azul, Carrizal, Paraíso de los manglares, Embarcadero, La playita, El pedregoso, Base aérea, Luces del mar, Mogotes and La barra.

These taxa were correlated with water quality. Environmental issues associated with the quality conditions were identified by the insect bioindicators. Physicochemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, total solids and salinity) were analyzed and related to the biotic index (Insect groups founded during sampling). Finding that the lagoon has oxygenation low values, slightly elevated temperatures, dissolved solids present in focus points, salt concentration about cyclically opening costal bar and, in spring season marked presence of water hyacinth plants.

Aquatic insects represented an economic, efficient and fast alternative to determine the lagoon pollution. Insect diversity and abundance determined the associated conditions with anthropogenic disturbance, water quality and public health.

According to aquatic insects recognition guide of freshwater, in the Coyuca lagoon there are a moderate contamination and compared with BMWP correspond to green color, there is a tendency for the pollution is increasing due to human activities, the steady growth of the population, tourist activities, the water demand, food, fisheries exploitation and modification of the natural landscape, which gradually deteriorates this ecosystem, so it is necessary to propose alternatives to keep water quality .

Keywords: Insects aquatic, water quality, pollution .

I. INTRODUCCIÓN

México posee 1.5 millones de hectáreas de ambientes estuarinos (Ortiz, 1975); de las cuales 12,555 km² son de superficie lagunar costeras y muchas de ellas en estados precarios de explotación, otras irracionalmente explotadas pero todas en un estado latente de contaminación futura por los impactos antropogénicos al paisaje natural. (Yáñez-Arancibia, 1975a 1976b).

Existen en México 130 lagunas costeras que exhiben diferentes tamaños, regímenes hidrológicos, biota, hábitats, flujos de energía y problemas específicos (Contreras, 1993). El litoral mexicano en el Océano Pacífico, presenta una fisiografía de alto relieve, con costas escarpadas o angostas y planicies muy inclinadas, bordeadas por montañas con elevaciones hasta de 3,000 m (Flores-Verdugo *et al.*, 1992). El Pacífico mexicano se caracteriza por su estrecha plataforma continental y su gran heterogeneidad ambiental. Las lagunas costeras son depresiones por debajo de la media de marea alta, que mantienen conexiones con el mar, ya sean temporales o permanentes. Esos ecosistemas son considerados con una alta biodiversidad, sobre todo cuando las condiciones de mezcla de agua marina y dulce, no se interrumpen por periodo de tiempo prolongados.

La generación de información sobre la distribución de insectos sobre las zonas costeras de México es la base para determinar la abundancia y diversidad de la biota lagunar, pero esta misma biodiversidad dificulta obtener el conocimiento completo sobre la estructura de las comunidades, descripción y distribución de las especies, como un mecanismo alterno para conocer la calidad del agua y prevenir problemas ambientales, buscando el desarrollo social sostenible. El uso de insectos acuáticos como alternativa económica y rápida juega un papel primordial en la estrategia de desarrollo de un país, ya que generar información que integra elementos de la estructura de las comunidades y la función de estos organismos en los ecosistemas permite obtener modelos ecológicos que indiquen la estructura y funcionamiento de los ecosistemas tropicales (Tomanova *et al.*, 2006).

Los insectos acuáticos son usados en monitoreo de contaminación y constituyen un valioso método para determinar los impactos causados por los desechos domésticos e industriales de pueblos y ciudades por donde pasan aguas lenticas y loticas (Roldan, 1995).

Según Guerrero, (1996) los insectos son sedentarios, con ciclos de vida relativamente largos y pueden ser empleados para evaluar la calidad del agua en un lugar, a lo largo de un período de tiempo. El monitoreo no necesita de grandes inversiones de tiempo, son económicos y rápidos, además como suelen

permanecer en el fondo, son testigos de los cambios que están ocurriendo en el sistema fluvial. Un buen monitoreo de los insectos y otros organismos que viven en determinada cuenca pueden generar información válida para conocer el grado de contaminación presente y se genera un precedente para desarrollar programas de protección, conservación, ordenamiento territorial y manejo de las áreas de drenaje.

Tradicionalmente, los animales se dividen en invertebrados y vertebrados (Heck, Nadeau y Thomas, 1997) aunque los primeros incluyen todos los filos de animales mientras que los últimos abarcan un solo subfilo del filo chordata. En otras palabras, la gran mayoría de los animales son invertebrados y en los ambientes de agua dulce son el grupo más abundante y diverso. El término zoobentos se refiere a la fauna de invertebrados que habitan los sustratos sumergidos de los medios acuáticos. En el zoobentos se distinguen macro y microinvertebrados.

En términos generales: se distingue entre las aguas con corriente (ambientes lóticos) y aguas sin corriente (ambientes lénticos). La primera categoría incluye ríos y quebradas mientras que la segunda incluye lagos, lagunas, pantanos y el agua que se acumula en varios tipos de recipientes. Los ambientes lóticos, especialmente los ríos de aguas limpias y bien oxigenadas, son los ecosistemas de agua dulce que albergan la mayor diversidad de macroinvertebrados en comparación con los lénticos, que poseen menor diversidad. Por lo general, la zona litoral contiene el mayor número de especies de macroinvertebrados en los ambientes lénticos (De la Lanza, 1996).

Los grupos de macroinvertebrados considera insectos, moluscos crustáceos, turbelarios y anélidos principalmente que habitan en agua dulce muestran una gran variedad de adaptaciones, incluyendo importantes diferencias en sus ciclos de vida. Algunos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua. El tiempo de desarrollo es altamente variable, dependiendo de la especie y de factores ambientales, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, y puede variar desde pocas semanas hasta varios años, pudiéndose dar varias generaciones al año, las cuales se traslapan (Vásquez *et al.*, 2009). Algunos grupos de macroinvertebrados realizan migraciones a lo largo de los ríos, e incluso entre los ambientes de agua dulce y de mar. Por ejemplo, algunas especies de crustáceos decápodos necesitan del ambiente marino para el desarrollo del estadio larval y migran nuevamente hacia los ríos como juveniles.

Con respecto al modo de vida de éstos organismos, el termino neuston se refiere al ensamble de organismos asociados con la película superficial de lagos, océanos y porciones de arroyos con movimiento lento. Estos incluyen generalmente especies que viven solo debajo de la superficie del agua (hiponeuston), los individuos que están sobre pero inmersos en el agua (epineuston), y taxa que viaja sobre la superficie en estructuras hidrofóbicas

(superneuston o, más adecuadamente, una forma de epineuston). Este nombre es similar, o substituye al nombre anterior, pleuston (a veces neuston es usado en referencia a los componentes microscópicos pleuston). La densidad de los organismos neustónicos disminuye cuando se incrementa la turbulencia (Thorp y Covich, 2001).

Por otro lado el neuston (organismos que son capaces de moverse en el agua por ellos mismos) limnético consta casi exclusivamente de peces. La mayoría de estos, son los mismos que se encuentran en la zona litoral. Dentro del neuston destacan los peces, que son el último eslabón de las cadenas tróficas de ríos y lagos (Ramírez y Viña, 1998).

El bentos comprende a los organismos que viven en el fondo, ya sean móviles o sésiles (inmóviles) (Thorp y Covich, 2001). Por consiguiente, son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos o lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Roldan, 2003). Los principales ordenes representativos son: Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Eutyplociidae (Ephemeroptera). Otros, como la familia Blephaceridae (Díptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente. Pocos macroinvertebrados toleran condiciones en zonas profundas debajo del termoclima estacional, pero la micro y mesofauna puede ser abundante en aguas profundas. Este modelo probablemente refleja gradientes de la disponibilidad de oxígeno, heterogeneidad de hábitat y todos los recursos alimenticios los cuales son mayores en la zona litoral. Los estudios de regiones con o sin vegetación del litoral demuestran el gran valor de macrófitos en la reducción de los porcentajes de predación en macrofauna béntica (Thorp y Covich, 2001).

Los insectos en términos generales pueden dividirse en dos categorías: Aeropneusticos e Hidroneupsticos. Los insectos pertenecientes al primer grupo principalmente usan el oxígeno de la atmosfera, mientras que los pertenecientes al segundo extraen el oxígeno disuelto del agua (Williams y Felmate, 1992). Puesto que la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos deben tomar el oxígeno disuelto en el agua es fundamental que estos organismos presenten adaptaciones estructurales y fisiológicas que les permitan llevar a cabo este proceso. Por tanto, los problemas de contaminación que disminuyan los niveles de oxígeno en el agua, son letales para la mayoría de los organismos que allí habitan, en tanto que otros han tenido que adaptarse (Roldan, 2003).

Los insectos hidroneupsticos tienden a ser más comunes en corrientes de agua o con buena aireación, aguas lénticas donde sus distribuciones pueden estar cercanamente vinculadas a la disponibilidad de oxígeno (Williams y Felmate, 1992). En larvas y pupas de pequeños insectos hidroneupsticos, como Chironomidae, Simuliidae y Chaoboridae (además de Collembola), el intercambio gaseoso ocurre por difusión general de la pared corporal (Williams y Felmate, 1992). Los insectos más grandes y más activos han desarrollado excrecencias membranosas en la pared del cuerpo para incrementar la superficie efectiva para el intercambio gaseoso. En muchas larvas, estas agallas ahora sirven como sitios primarios de respiración.

En cambio la respiración aeropnéustica en los insectos puede dividirlos en tres subgrupos según (Williams y Femalte, 1992):

- a) Respiradores de superficie que pueden permanecer en contacto con la atmósfera.
- b) Respiradores de superficie que periódicamente contactan la atmósfera.
- c) Insectos que obtienen su oxígeno de los vapores de plantas vasculares acuáticas.

Por otra parte, se pueden agrupar por el modo en que existen en sus hábitats, como son los patinadores, que son organismos generalmente carroñeros (Guerridae); plantónicos, habitan las zonas limnéticas de aguas abierta (lagos, estanques y pantanos). Estas especies pueden flotar y nadar en aguas abiertas, pero usualmente exhiben un patrón de migración vertical como los mosquitos (Díptera: Cahoboridae) o flotan en la superficie para obtener oxígeno y comida (Culicidae-mosquitos).

Los buceadores, adaptados para nadar por “remos” con las patas traseras en hábitats lénticos o lóticos. Estas especies vienen a la superficie para obtener oxígeno, bucean y nadan cuando se alimentan (Hemíptera: Coxididae; Coleóptera: Dytiscidae escarabajos buceadores depredadores en etapa adulta); nadadores, en hábitats lóticos y lénticos. Los individuos usualmente se aferran a objetos sumergidos (Ephemeroptera: Siphonuridae, Leptophlebidae).

Por otro lado los aferradores, tienen adaptaciones de conducta (construcción de refugio fijo) y morfológicas (largas, garras tarsales curvadas, aplanamiento dorso-ventral, agallas ventrales organizadas como una ventosa) para adherirse a superficies en arroyos y barrido de las olas en las zonas de litoral de lagos (Ephemeroptera: Heptageniidae; Trichoptera: Hydropsychidae; Díptera: Blephariceridae); derribadores, habitan la superficie de hojas flotantes de hidrófitas vasculares o sedimentos finos, usualmente con modificaciones para mantenerse

en la cima del sustrato y mantener la superficie de respiración libre de limo (Ephemeroptera: Caenidae; Odonata: Libellulidae).

Además los escaladores, adaptados para vivir en hidrófitas vasculares o restos de detrito (por encima de ramas, raíces y vegetación a lo largo de arroyos, y matorrales sumergidos en lagos) con modificaciones para moverse verticalmente en superficies tipo tallo (Odonata; Aeshnidae); excavadores habitan los sedimentos finos de arroyos y lagos. Algunos excavadores construyen por separado los cuales pueden tener tubos con granos de arena extendiéndose por encima de la superficie del sustrato o los individuos pueden ingerir a su manera a través de sedimentos (Ephemeroptera: Ephemeridae moscas de mayo excavadoras; Díptera: Chironomidae, mosquitos de gusanos de sangre).

Estas relaciones tróficas, de las cuáles dependerá en gran parte, la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Merrit y Cummins, 1996), incluyen no solo los procesos involucrados directamente en la alimentación (ingestión, masticación, digestión y defecación), a través de las cuáles afectan la naturaleza de sus fuentes de alimento, sino también los diferentes mecanismos conductuales y morfológicos que han desarrollado para explotar este medio ambiente (Wallace y Webster, 1996), llegando así a mantener y modificar el funcionamiento del ecosistema en varias maneras y no solamente por el simple consumo del alimento.

Por otro lado el estado de Guerrero ocupa el 4to lugar en diversidad con 363 especies de vertebrados mesoamericanos y el 6to de endémicos estatales (Flores-Villela y Gerez, 1988), sin embargo, existen pocos registros de los macroinvertebrados, y los relacionados con la función de la bioindicación de calidad del agua; los cuales abarcan temas como: estudio ecológico preliminar de las lagunas costeras cercanas a Acapulco (Ramírez, 1952); determinación de la distribución y abundancia de plancton (Becerra, 1975); distribución y variación estacional del zooplancton en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero (Martínez, 1978); abundancia y distribución del zooplancton en la laguna de Coyuca de Benítez (Llanos, 1987); ecología de Decápodos (Román, 1991) y caracterización óptica de la laguna costera de Coyuca de Benítez (Aguirre, 2001).

La riqueza de especies en Guerrero es dada por sus 12 tipos de vegetación, dos tipos de hábitat diversos y cuatro tipos de ecosistemas acuáticos, que representan la distribución geográfica de estas especies. En el estado de Guerrero se cuenta con siete lagunas costeras: Chautengo, Tecomate, Tres Palos, Coyuca, Mitla, Nuxco y Potosí (Figura 1).

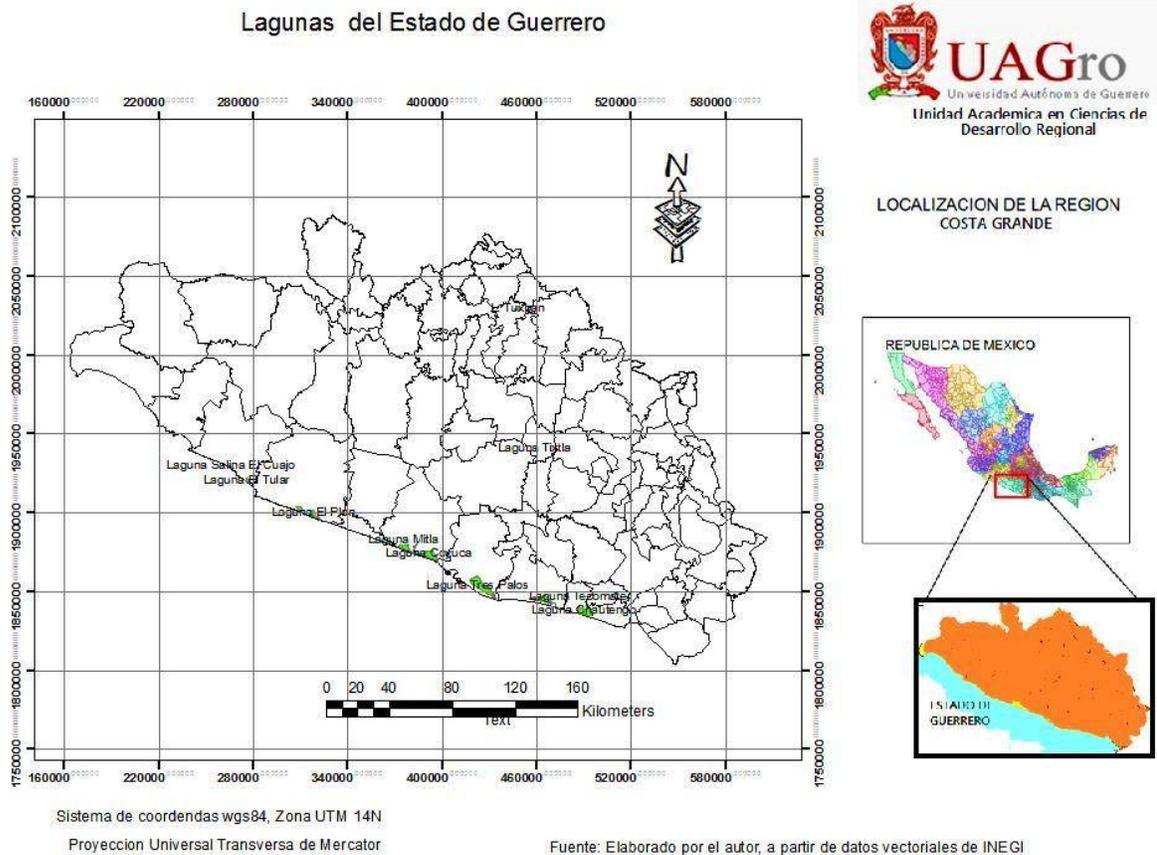


Figura 1. Localización de lagunas costeras en Guerrero

De estas, la laguna de Coyuca destaca debido a su extensión e importancia pesquera. Su cercanía con el puerto de Acapulco la favorece desde el punto de vista turístico, pero queda inmersa en la problemática que conlleva el desarrollo urbano, industrial y regional desordenado que obliga a buscar como una posibilidad inmediata de eliminación de sus residuos a la propia laguna.

Para el estado de Guerrero existen pocos estudios realizados con referencia a los insectos, por lo que el presente trabajo considera como área de estudio a la laguna de Coyuca, para conocer la distribución y abundancia de insectos y su relación con la calidad del agua para determinar el estado actual que guarda la laguna debido a la presión antrópica que afectan la calidad del ecosistema.

II. ANTECEDENTES

2.1. Distribución y clasificación de los insectos

Los insectos son uno de los grupos de organismos más diversos en los ecosistemas terrestres y ocupan una amplia variedad de hábitats desde el nivel del mar hasta el límite con las nieves perpetuas (Kremen *et al.*, 1993). Particularmente entre los insectos existen 14 órdenes (Cummins y Merritt, 1996) y poco más de 30,000 especies consideradas acuáticas (Williams y Feltmate, 1992). Las condiciones orográficas y climatológicas del país dan lugar a la existencia de áreas más reducidas donde la flora y la fauna son típicas, dándoles el nombre de Provincias Bióticas, pero aun dentro de estas provincias se registran zonas con características especiales (Tamayo, 1962). La distribución geográfica de los insectos tienen una gran importancia para el conocimiento de las especies que están presentes en una área determinada, en relación con agentes de combate biológico, evaluación de plagas potenciales, selección de cultivos y daños de enfermedades de las plantas, los animales y el hombre (Linsley, 1958). Algunos de estos grupos al adaptarse a ciertas condiciones, son susceptibles de utilizarse como bioindicadores (Rosi-Marshall, 2004).

La clase insecta comprende diversas categorías taxonómicas, pero la clasificación varía casi con cada autor pero se han adoptado internacionalmente, reglas de nomenclatura a las que se deben ajustar los procedimientos taxonómicos (Schen y McMaster, 1948; Mayr, Linsley y Usinger, 1953). La clase Insecta se divide en órdenes de acuerdo con su morfología y se clasifican en dos Sub-Clases: Apteriygota y Pterygota, subdivisión basada esencialmente en el desarrollo de las alas (Borror *et al.*, 1981).

Sub-clase apterygota

Las especies son ápteras como condición primitiva, el abdomen está provisto de apéndices rudimentarios, no tienen metamorfosis (ametábolos), presentando únicamente cambios en el tamaño del cuerpo y en el desarrollo de los órganos sexuales. Se incluyen los órdenes: Protura, Diplura, Collembola, Thysanura y Archaeognatha.

Sub-clase pterygota

A esta pertenecen la mayoría de los insectos; los adultos son alados o ápteros, por pérdida secundaria de las alas, tienen metamorfosis (metábolos), el abdomen carece de apéndices, excepto los cercos y los apéndices genitales. Se divide en dos infraclases: Paleóptera en la cual las alas son del tipo primitivo y de metamorfosis incompleta (hemimetabolía). Se incluyen los órdenes: Odonata,

Ephemeroptera y Neoptera en la cual el desarrollo alar implica el poder articularse basalmente y plegarse sobre el abdomen, presentan metamorfosis gradual (paurometabolía) o completa (holometabolía). Se incluyen los órdenes Dictyoptera, Isoptera, Zoraptera, Grylloblattodea, Dermaptera, Plecoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Embioptera, Psocoptera, Mallophaga, Anoplura, Hemiptera, Homoptera, Thysanoptera, Megaloptera, Planipennia, Coleóptero, Stresiptera, Mecoptera, Siphonaptera, Diptera, Trichoptera, Lepidoptera y Hymenoptera (Daly *et al.*, 1998).

2.2. Bioindicación

Los insectos son candidatos ideales para el desarrollo de programas de inventario y monitoreo de la biodiversidad, porque cumplen con muchos de los criterios para la selección de grupos indicadores de diversidad o de procesos ecológicos (Oliver y Beattie, 1992; Kremen *et al.*, 1993); algunos grupos han sido usados para evaluar el efecto de la fragmentación y reducción de los ambientes naturales, uso del suelo y contaminación de los cuerpos de agua y para la planificación de áreas para la conservación (Brown, 1991). Su uso en este sentido ha sido ampliamente discutido (Andersen, 1990; Brown, 1991; Oliver y Beattie, 1992; Pearson y Casola, 1992; Halffter y Favila, 1993; Majer y Delabie, 1994; Hoffman, 1995); sin embargo, no todos los grupos son igualmente efectivos en la caracterización de la biodiversidad, ni como indicadores de los cambios ocasionados por la actividad del ser humano en los ecosistemas (Kremen *et al.*, 1993).

Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en los cuerpos de agua fueron realizados en el siglo XIX por Kolenati, (1848) y Cohn, (1853); quienes encontraron relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua. Por otro lado Mez, (1898) utilizó los microorganismos para este mismo propósito. Posteriormente Kolkowitz y Marsson, (1908) y (1909) sembraron las bases del sistema saprobio para Alemania, que actualmente es adoptado en otros países europeos.

A su vez Patrick, (1949) y (1950) propuso métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes. Y Gauvin y Tarzwell, (1952) a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de las mismas. En las décadas de los años cincuenta y sesenta comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información (Shannon y Weaver, 1949); (Simpson, 1949); (Brillouin, 1951); Margalef, (1951, 1955, 1956, 1958, 1969); (Beck, 1955); (Wilhm y Dorris, 1966, 1968); (Sheldon, 1969); Wilhm, (1967, 1968, 1970). En dicha teoría se parte de la base de que mientras mayor información se tenga acerca de un hecho, suceso o

situación, mayor y más preciso será el entendimiento que se tenga de ello (Roldán, 2003).

Por otro lado Hynes, (1959) y (1963) presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología a la contaminación acuática. Al mismo tiempo Sládeček, (1962) introdujo el sistema limnosaprobio en Checoslovaquia. Además Illies y Botosaneanu, (1963) discutieron los métodos y la zonación de las aguas corrientes y propusieron los términos de ritrón y potamón para referirse a las zonas altas y bajas de los ríos, respectivamente. Este trabajo se considera un clásico de la limnología Europea.

Por su parte Woodiwiss, (1964) analizó el sistema biológico de clasificación de corrientes usado por el Trent River Board (Directiva para el Río Trent), y encontró una alta correlación entre los parámetros biológicos y químicos de la contaminación. Posteriormente De Pauw y Vanhooren, (1983) discutieron los métodos de evaluación para Bélgica.

De la misma manera Washington, (1984) hizo una revisión de los índices de diversidad, bióticos y de similitud con especial referencia a los ecosistemas acuáticos. Presento dieciocho índices de diversidad, diecinueve índices bióticos y cinco índices de similitud, y analizó su aplicabilidad a los sistemas biológicos. Para él, la mayoría de los índices aún no son por completo satisfactorios. Prat *et al.*, (1986) realizaron en España una comparación entre los índices de calidad del agua: uno que utiliza parámetros fisicoquímicos y el otro parámetro biológico y hallaron una baja correlación entre ellos.

Además Karr, (1991) introduce el concepto de índice de integridad biológica (IBI), el cual es una herramienta multiparamétrica para la evaluación de las corrientes basada en la comunidad de peces. Por otro lado Armitage y Petts, (1992) examinaron la factibilidad de usar puntajes bióticos y las predicciones basadas en el sistema computarizado conocido como RIPACS (sistema de clasificación y predicción para invertebrados de ríos) para valorar la pérdida de fauna béntica (Wright *et al.*, 1989). Además Wright, (1995) aplicó el método RIPACS en la Gran Bretaña y llegó a la conclusión que no sería válido para otras regiones de Europa, dado que en la isla no existen ríos tan grandes y caudalosos como en el continente.

Por su parte Barbour *et al.*, (1995) presentaron un total de 63 tipos de mediciones para la evaluación rápida de los ecosistemas acuáticos. De ellos: ocho corresponden a medidas de riqueza, los cuales se fundamentan en el análisis del número de taxones encontrados; quince corresponden a índices de diversidad y similitud de la comunidad donde están los más conocidos (Shannon y Weaver,

1949; Simpson, 1949; Margalef, 1951); doce se refieren a los índices bióticos, de los cuales los más utilizados son el índice de saprobiedad y el BMWP (Biological Monitoring Working Party); diez índices conocidos como mediciones funcionales, en los cuales se considera el tipo de función que desempeñan los organismos en la comunidad, como por ejemplo: colectores, filtradores, trituradores, depredadores, etc.; quince se refieren a enumeraciones que son en realidad cálculos basados en porcentajes de determinados taxones; por último, consideran tres medidas denominadas índices combinados, entre las cuales se mencionan el índice de la comunidad de macroinvertebrados, el promedio del puntaje biométrico y el puntaje de la condición biológica (Roldán, 2003).

Al mismo tiempo Resh *et al.*, (1995) desarrollaron en Maryland Estados Unidos métodos rápidos de evaluación de la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Tanto este método como el del Reino Unido valoran las condiciones del hábitat y predicen la fauna esperada en un determinado sitio. Por otro lado Trihadiningrum *et al.*, (1996) utilizaron los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en Indonesia. Y Alba-Tercedor, (1996) adoptó la utilización de los macroinvertebrados acuáticos en los programas de evaluación de la calidad del agua en España, utilizando para ello el índice BMWP, adaptado para la península ibérica. Por su parte Towsand y Scarsbrook, (1997) calificaron la perturbación de las corrientes en relación con las características de las especies de macroinvertebrados y la riqueza de dichas especies.

Mientras tanto Lorenz *et al.*, (1997) desarrollaron un sistema de bioindicadores en el Río Rin Alemania con base en conceptos teóricos que describen los ríos naturales, entre los cuales se consideran la zonación, la hidráulica, el espiral de nutrientes, la jerarquía de tributarios y el concepto de río continuo, entre otros. Al mismo tiempo Munné *et al.*, (1998) establecieron un índice de calidad en España que valora el estado de calidad de conservación del bosque de ribera. Tratando de comparar el estado actual del sistema con el estado de referencia en el que la diversidad y la funcionalidad del sistema solamente estarían influenciados por perturbaciones de origen natural. Por su parte Jacobsen, (1998) discutió el efecto de la contaminación orgánica sobre la fauna de macroinvertebrados en las planicies ecuatorianas y Wantzen, (1998) analizó los efectos de la sedimentación sobre las comunidades bénticas en Mato Grosso, Brasil. Por otro lado Stubauer y Moog, (2000) discutieron las experiencias de monitoreo de la calidad de las aguas en Austria y Moog *et al.*, (2000) analizaron la distribución de macroinvertebrados a lo largo del río Danubio, en el tramo de Austria (Roldán, 2003).

A nivel mundial es evidente el incremento en el deterioro de la calidad del agua, en los países en desarrollo el problema se agrava, y el costo de la degradación

ambiental, en particular el agua repercute en el deterioro en la calidad de vida, enfermedades de la población, encarecimiento de la producción y otros muchos efectos indirectos (Antón y Díaz Delgado, 2000). Las fuentes de financiamiento son insuficientes, así como los recursos tecnológicos para el monitoreo de la calidad del agua. Además, los datos obtenidos de las estaciones de monitoreo son puntuales y generalmente irregulares en tiempo y calidad, por lo que la información generada carece de confiabilidad al pretender generar estrategias para el adecuado manejo de los recursos acuáticos y para el control de la contaminación (Dudgeon, 1992; Mustow, 2002).

De esta manera, ha resurgido el interés sobre técnicas de evaluación rápida para el monitoreo de la calidad del agua en varios países en desarrollo (Chessman, 1995). En esos métodos emplean a las comunidades biológicas existentes en el sistema acuático y hacen énfasis en el bajo costo de la investigación, un muestreo reducido y un análisis más eficiente de los datos. Entre las comunidades más utilizadas están los macroinvertebrados, y su utilidad como indicadores para evaluar la calidad del agua se ha incrementado significativamente; su muestreo es simple y resulta menos costoso que la mayor parte de las técnicas analíticas de laboratorio. En muchos países se ha adoptado su identificación a nivel familia en estudios de monitoreo biológico que dan una aproximación para la evaluación de los grados de contaminación en ríos, sin ser necesaria la identificación a nivel especie, por la falta de especialistas para cada grupo (Payne, 1986; Chessman, 1995; Hilsenhoff, 1998; Chessman y McEvoy, 1998; Barbour *et al.*, 1999).

De los macroinvertebrados, los organismos de la clase Insecta son los mejores indicadores microclimáticos (Thomson, 1962) en esta clase se encuentran diversos órdenes que sirven de bioindicadores (McCafferty y Provocha, 1998; Rosemberg y Resh, 1993) o especies que posee requerimientos particulares con relación a uno o a un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia o ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, que indiquen que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia. Los bioindicadores de contaminación, calibran la calidad del ecosistema a través de información que es recogida en el agua, en la atmósfera o en el suelo y permiten identificar dentro de un marco de calidad, el nivel de deterioro ambiental del ecosistema.

En México, se ha incluido a los organismos acuáticos como complemento en el monitoreo rutinario de la calidad del agua que utilizaba sólo parámetros fisicoquímicos, en ellos se da particular importancia a los organismos presentes en ambientes contaminados, y toma en cuenta la presencia y la abundancia de los mismos (CNAIMTA, 1998; CNAIBUNAM, 2000; De la Lanza *et al.*, 2000).

2.3. Características ecológicas de los macroinvertebrados acuáticos

Ephemeroptera.- Son conocidos como “moscas de mayo” o mayflies (Triplehorn y Johnson, 2005), sus ninfas se encuentran en una gran variedad de hábitats acuáticos. Grupo pequeño en cuanto al número de géneros y especies alrededor de 300 géneros y 400 especies descritas a nivel mundial. Éstos viven por lo regular en agua de corrientes limpias y bien oxigenadas, solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. Su ciclo de vida es corto pudiendo vivir en forma adulta de 3 a 5 días las ninfas, son prácticamente herbívoras y se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas a su vez, las ninfas de los Ephemeropteros constituyen la base alimenticia de los peces (Roldan, 1988).

Plecóptera.- Pequeño orden de insectos acuáticos, están considerados dentro de los grupos más primitivos, de aspecto Ortopteroide, se distribuye en todos los continentes. Las ninfas de los Plecópteros viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de las piedras, troncos, ramas y hojas, se consideran excelentes bioindicadores de calidad de agua (Romero, 2001).

Trichoptera.- Con más de 1100 especies, son los insectos más diversificados en agua dulce las larvas son acuáticas y viven en refugios fijos o transportables que elaboran con seda. La importancia de este grupo radica en el hecho de que las larvas son una importante parte del alimento de muchos peces y otros animales acuáticos (Triplehorn y Johnson, 2005). Sus poblaciones son empleadas para medir el incremento de niveles de contaminación de corrientes de agua. Éstos viven en aguas correntosas, limpias y oxigenadas debajo de piedras, troncos y material vegetal. Otras viven en aguas quietas y remansos de los ríos y vertientes, se alimentan de material vegetal y algas. En general son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Jara, 2002).

Megaloptera. Este orden es de los más primitivos del grupo de insectos holometábolos. Considerado el grupo hermano de Raphidioptera, sus alas prácticamente duplican los patrones de las especies fósiles. Se caracterizan por su gran tamaño y por presentar uno de sus estadios inmaduros acuático (larva), tanto en ambientes lóticos como lénticos de áreas tropicales y templadas, mientras que los restantes (huevos, pupas y adultos) son terrestres. Los adultos se encuentran generalmente en las proximidades de los cuerpos de agua, emergen preferentemente en la época cálida (primavera-verano), viven brevemente (entre 8 días y una semana) y prácticamente no se alimentan (Contreras-Ramos, 1999).

Díptera.- El hábitat muy variado porque se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos, vertientes a todas las profundidades, depósito de aguas en brácteas de muchas plantas y orificios de troncos viejos y aún en las costas

marinas (Roldan, 1996). Existen representantes de aguas muy limpias como la familia Simuliidae, poco contaminada los Tipulidos. En cambio los Chironomidos viven en agua de mala calidad pero en general el resto familias son indicadores de la alteración del ecosistema.

Odonata.- Estos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular rodeadas de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Se les encuentra en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas, se reconocen dentro de este grupo los denominados caballitos del diablo (Roldan, 1996).

Hemiptera. Los insectos de este orden, se les conoce como “chinche de agua”. Los Hemípteros son hemimetábolos, su metamorfosis es simple y gradual, pasando por las fases de huevo, ninfa y adulto. Las hembras ovipositan sobre el sustrato, el suelo, plantas y en casos especiales, sobre el dorso de los machos, como es el caso de Belostoma sp (Roldan, 1996).

Coleoptera. Este orden es el grupo más numeroso de organismos que se conoce, incluye aproximadamente 350,000 especies en unas 170 familias, con alrededor de 30 acuáticos. Se encuentran en todo tipo de aguas continentales, con excepción de ciertos lugares como ciertas partes muy profundas de lagos o aguas muy contaminadas (Williams y Feltnate, 1994).

Neuróptera.- Viven en aguas de corrientes limpias, debajo de piedras, troncos, y vegetación sumergida, son grandes depredadores. En general se les considera indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas.

Lepidóptera.- Las especies de este orden con hábitos acuáticos constituyen el grupo menos estudiado en el Neotrópico (Romero, 2001). Viven en aguas bien oxigenadas, se les encuentra en rocas y se alimentan de algas y particularmente de diatomeas son considerados indicadores de aguas limpias.

Nematomorpha.- Viven en corrientes limpias, adheridos a la vegetación y debajo de piedras en las orillas de ríos y arroyos para completar su ciclo es necesario encontrar el huésped apropiado.

Tricladia.- La mayoría viven debajo de las piedras, troncos, ramas, hojas, y sustratos similares en aguas poco profundas tanto corrientes como estancadas. La mayoría viven en aguas bien oxigenadas, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación.

Anélida.- Viven en aguas eutróficas. En los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, constituyéndose estos en indicadores de contaminación acuática.

2.4. Los macroinvertebrados como bioindicadores

Los macroinvertebrados se agrupan en tres clases: Esta agrupación se puede detallar de la siguiente manera, según, el Instituto Mi Río–Universidad de Antioquia (1997), así:

Clase I: Indicadores de aguas claras, muy sensibles a los cambios. Se encuentran: Ephemeroptera, familias Baetidae (*Baetodes* sp, *Moribaetis* sp); Oligoneuridae (*Lachlania* sp); Trichoptera, familias: Helicopsychidae (*Helicopsyche* sp), Leptoceridae (*Neptosyche* sp), Hydrobiosidae (*Atopsyche* sp); Plecoptera, de la familia Perlidae (*Anacroneria* sp); Coleoptera, familia Ptylodactylidae (*Tetraglosa* sp); Elmidae (*Macrelmis* sp), (Tamaris-Turizo *et al.*, 2007; Ballesteros y Zúñiga del Cardozo, 2005).

Clase II: Indicadores de aguas medianamente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitats de poca contaminación. Dentro de éste algunos géneros *Hetaerina* (Odonata), *Gerris* (Hemiptera), *Smicridea* (Trichoptera), *Tropisternus* (Coleoptera), *Dixella*, *Probezzia*, *Limnophora*, *Limnicola* (Diptera), *Helisoma* y *Succinea* (Gastropoda). Se destacan las familias Chironomidae (Diptera), el Phylum Mollusca y la clase Hirudinea, como algunos caracoles (principalmente de los géneros *Physa* y *Limnaea*) y sanguijuelas (Instituto Mi Río–Universidad de Antioquia, 2001; López del Castillo *et al.*, 2006).

Clase III: Organismos indicadores estenoicos, o sea aquellos que necesitan del cumplimiento riguroso de condiciones ambientales muy precisas para sobrevivir; con capacidad de adaptación limitada y eurioicos que son organismos que resisten amplias variaciones ambientales y por ello tienen alta capacidad de adaptación. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Por ejemplo los grupos taxonómicos de la clase Annelida, con los géneros *Limnodrilus* y *Tubifex* (Mathooko *et al.*, 2005).

El uso de organismos en la evaluación de la calidad de agua ha sido ampliamente utilizado; sin embargo, de todos los grupos que han sido considerados en los monitoreos biológicos de las aguas continentales, los macroinvertebrados acuáticos han sido los más recomendados (Leiva, 2003; Alba-Tercedor, 1996;

Figuroa *et al.*, 1996; Rosenberg *et al.*, 1997). Esto se debe a que ofrecen numerosas ventajas como: (Carter *et al.*, 2007; Segnini, 2003).

- Tener una amplia distribución, son abundantes y fáciles de coleccionar.
- Ser de naturaleza sedentaria, lo que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones a largo plazo.
- La taxonomía de muchos grupos está bien estudiada.
- Tamaño relativamente grande (visibles a simple vista).
- Presentar ciclos de desarrollo suficientemente largos que les hace permanecer en el curso del agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración.
- La diversidad que presentan es tal que hay casi una infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación.
- Tras una perturbación necesitan de un tiempo mínimo de recolonización próximo al mes, y a veces más. Por lo que los efectos de una perturbación pueden detectarse varias semanas e incluso meses después de que esta se produzca.
- Presentar ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipos simples y relativamente baratos.

En el grupo de los macroinvertebrados acuáticos se encuentran de forma general aquellos organismos invertebrados mayores a 2 mm, o visibles a simple vista. La integración de la aplicación de indicadores biológicos (macroinvertebrados), junto con análisis microbiológicos y fisicoquímicos, en lo referente a la evaluación de la calidad de agua, se convierte en una alternativa altamente efectiva en la búsqueda de un mayor control y buen uso de la misma (Jaramillo, 1995).

Los efectos de la contaminación sobre los organismos bentónicos en ecosistemas acuáticos han sido ampliamente estudiados en Europa y Estados Unidos (Verdonschot y Nijboer, 2004; Pavé y Marchese, 2005). Por consiguiente se han utilizado los macroinvertebrados en estudios de impacto urbano (Roy *et al.*, 2003; Pavé y Marchese, 2005) los cuales sustentan que el estudio de las comunidades del macrobentos, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo, ya que estas comunidades y su productividad se ven afectadas por diversos factores del medio físico (Bournaud *et al.*, 1996; Hurtado *et al.*, 2005) tales como temperatura del agua, velocidad de la corriente, naturaleza del sustrato y flujo. Este último adquiere un papel dominante ya que con él se relacionan otros factores fisicoquímicos como el oxígeno, pH y turbidez (García, 1999).

Los insectos acuáticos pueden ser directamente y/o indirectamente afectados por variaciones o perturbaciones ambientales, reduciendo así su diversidad y abundancia, alterando la red trófica y las condiciones físicas del hábitat, es por eso que son considerados buenos indicadores de la calidad de hábitat (Alba-Tercedor, 1996).

La preferencia por éste grupo se debe a varias razones:

- Son relativamente sedentarios y por lo tanto representativos del área donde son colectados,
- Tienen ciclos de vida cortos,
- Son sensible a perturbaciones,
- Viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumular toxina, las cuales se incorporan a la cadena trófica a través de ellos (Segnini, 2003).

Estudios de ecología acuática consideran a los macroinvertebrados bentónicos útiles para determinar la calidad del agua, y si a estos se suman una serie de análisis fisicoquímicos se podrá con certeza diagnosticar el verdadero estado del ecosistema (Guerrero–Bolaño *et al.*, 2003).

A diferencia de los rutinarios y costosos análisis físico-químicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (Huryn y Wallace, 2000; Baptista *et al.*, 2001; Galdean *et al.*, 2001; Rogers *et al.*, 2002).

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (Leslie *et al.*, 1999; Royer *et al.*, 2001; Ogbeibu y Oribhabor, 2002).

En México, los macroinvertebrados fueron utilizados como bioindicadores de calidad de los ecosistemas acuáticos por primera vez en 1985. No fue sino hasta después del 2000 que hubo un aumento importante en el empleo de estos organismos para el monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua epicontinental (Tabla 1). Muestra los diferentes índices basados en macroinvertebrados utilizados en México y las contribuciones de los diferentes autores en el diagnóstico de los ecosistemas acuáticos y en el desarrollo de métodos biológicos basados en los macroinvertebrados.

Tabla 1. Índices utilizados en México para evaluar el estado de la calidad de los ambientes acuáticos (Mathuriau *et al.*, 2010).

Índice	Referencia	Autor
Índices de diversidad		
Índice de Shannon-Weiner (H')	Shannon y Weaver* (1949)	Rosas <i>et al</i> (1985); Huerto <i>et al</i> (2005) Hurtado <i>et al</i> (2005); Pérez Munguía (2007)
Índice de Brillouin (HB)	Brillouin * (1951)	Huerto <i>et al</i> (2005);Hurtado <i>et al</i> (2005)
Índice de Equitatividad	Pielou * (1966)	Huerto <i>et al</i> (2005); Pérez Munguía (2007)
Índice de Simpson	Simpson * (1949)	Huerto <i>et al</i> (2005); Hurtado <i>et al</i> (2005); Pérez Munguía (2007).
Índice de Comparación Secuencial	Cairns y Dickson (1971)	Saldaña Fabela <i>et al</i> (1998); Saldaña Fabela <i>et al</i> (2001).
Índices de Similitud		
Índice de Jaccard	Jaccard * (1908)	Huerto <i>et al</i> (2005); Hurtado <i>et al</i> (2005).
Índice de Similitud Taxonómica (*)	Wirwick y Clarke (1995)	Campbell y Novelo Gutiérrez (2007)
Índice Bióticos		
Índice Biótico de Beck	Beck (1955)	Rosas <i>et al</i> (1985);
Índice Biótico de Familia	Hillsenhoff (1988)	Henne <i>et al</i> (2002); Huerto <i>et al</i> (2005) Mathuriau <i>et al</i> (2010)
Índice Biótico Extendido	Woodiwiss (1960), modificado por Ghetti (1986)	López Hernández <i>et al</i> (2007)
Índice Biológico Global Normalizado	Afnor ** (1992)	Pérez Munguía <i>et al</i> (2006)
Índice Visual	http://www.lwla.org/	Campbell (2007)
Índice Multimétrico		
Índice de Integridad Biótica	Karr (1981)	Weigel <i>et al</i> (2002); Pérez Munguía y Pineda López (2005); Pérez Munguía <i>et al</i> (2006); Pérez Munguía (2007); Pérez Munguía <i>et al</i> (2007).

*En Washington (1984).

**AFNOR Association Francaise de Normalisation.

Paralelamente a la utilización de los índices biológicos, se pueden relacionar los parámetros fisicoquímicos con macroinvertebrados para definir los límites de tolerancia de estos organismos y los límites permisibles para la protección de vida acuática, dado que los macroinvertebrados se encuentran en todo tipo de ambiente de agua dulce, como ríos o lagunas, donde son importantes para el monitoreo (Cumming y Klug, 1979).

En función de lo anterior se determinó por zona de estudio a la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., la cual ha estado expuesta a presión antrópica cada vez mayor al paso del tiempo, por la cercanía al puerto de Acapulco, y se presume que esta presión favorece a su contaminación por enriquecimiento orgánico de las aguas en algunas áreas de la laguna. Además la variación en la carga orgánica para otras áreas de la misma, por causas naturales o artificiales ocasionando cambios en los factores físicos, químicos o biológico teniendo efectos sobre la fauna (macroinvertebrados) presentes (Pearson y Rosenberg, 1978).

2.5. Biomonitoreos

Con el propósito de determinar si la localidad del Jengibre en el Río Guacara, ubicada aguas arriba de asentamientos humanos en Venezuela, puede ser utilizada como un sitio de referencia para la bioevaluación de la calidad del agua, Graterol *et al.*, (2004) midieron variables fisicoquímicas, ambientales y morfométricas. Estos autores encontraron predominio de familias de Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera, propias de ambientes poco intervenidos por el hombre.

Al mismo tiempo Cadena, (2005) Estudió los macroinvertebrados acuáticos como organismos indicadores de la calidad del agua en una franja (Ingueza y la Ciudad el Ángel), en Ibarra, Ecuador, fue la evaluación biológica, a medida que el río avanza en su recorrido, el deterioro del ecosistema más evidente fue como consecuencia de los desagües de origen agropecuario y domésticos, provenientes de los asentamientos humanos asociados a la cuenca.

Por su parte Fernández y Springer, (2008) evaluaron el efecto beneficiado del café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica, encontraron en el muestreo fisicoquímico valores de calidad de agua para pH entre 5 y 8, mientras que la temperatura se mantuvo entre 21 y 26 °C. El oxígeno disuelto varió entre 5 y 9 mg/l, siendo menor conforme avanzaba la temporada de cosecha. Por el otro lado, el DBO y el DQO2 correspondieron a valores máximos de 1,570 y 3,860 mg O₂/l, respectivamente.

Para el muestreo biológico, recolectaron en total 8,675 individuos, que corresponden a 9 órdenes, 30 familias y 51 géneros de insectos acuáticos. Con respecto a la abundancia, el orden con la mayor cantidad de individuos recolectados fue Díptera, con un 79%, seguido por Ephemeroptera 13% y Trichoptera 5%. Todos los demás órdenes están representados cada uno por menos del 1% de la abundancia total. El orden Ephemeroptera mostró un comportamiento sensible a la contaminación donde todos los géneros encontrados desaparecen en el punto después del desagüe en la época pico fin de la cosecha.

2.5.1. En México

Cada día los cuerpos acuáticos costeros son objeto de una mayor contaminación, alteración y degradación de carácter ambiental. Las acciones generadas por la agricultura en tierras altas, la modificación de los drenes hidrológicos naturales, la tala inmoderada en los alrededores, los trabajos de dragado, la apertura de barras mal planeadas, el mal uso de fertilizantes de cultivo, el empleo de plaguicidas sin un control estricto, la conversión de tierras costeras en cultivos mono específicos,

la depredación directa de los organismos propios de estos sitios, el despojo de hábitat para la flora y la fauna, son algunos de los problemas más comunes asociados a los litorales (Contreras, 1993).

Las actividades antropogénicas pueden alterar el patrón natural de flujos y los mecanismos de transferencia energética de materiales desde las zonas de producción de agua (cuencas altas) hasta las áreas de almacenamiento (estuarios, humedales costeros y zonas marinas) además las presas construidas para regular los flujos, controlar inundaciones y para la generación de energía interfieren con el potencial de acarreo de sedimentos de los ríos, afectan la capacidad de formación de suelos y obstruyen sus funciones de transportación de nutrientes y minerales hacia las planicies de inundación, las costas y las zonas marinas de alta productividad, lo que resulta especialmente cierto para el caso del sistema Grijalva-Usumacinta y la cuenca del río Balsas (Toledo, 2003).

Estos cambios estructurales y funcionales de las cuencas se reflejan en el equilibrio de las masas de aguas fluviales y marinas y en la estabilidad de la zona costera. Con estas modificaciones, los procesos marinos y litorales, la acción de los vientos y las tormentas tropicales han prevalecido como factores dominantes sobre la acción compensatoria de las descargas fluviales. Barras y playas han sufrido intensos procesos erosivos y presentan estados regresivos que han terminado por afectar la configuración de la costa y la producción biológica, ya que el número de especies registradas de invertebrados marinos es de 5900 y se estima que la cantidad de especies de invertebrados marinos puede llegar a ser de 8300 (CONABIO, 1998).

Por otra parte López *et al.*, (2005) realizaron un biomonitoreo rápido para evaluar contaminación orgánica en el río Lerma encontrando que en general el río prácticamente no tiene organismos indicadores de buena calidad del agua y que los encontrados indican deterioro del medio acuático, característico en sistemas acuáticos ya alterados por diferentes contaminantes, plenamente adaptados a condiciones de anoxia y elevadas concentraciones de nutrimentos y por tanto de materia orgánica.

Además Novelo y Alonso, (2007) realizaron un estudio sobre Odonatos remarcando la importancia en México de establecer, fomentar y consolidar investigaciones sobre este grupo de insectos considerando importante la conservación y restauración de hábitats, análisis filogenéticos, estudios faunísticos a detalle y la utilización de estos macroinvertebrados como indicador biótico.

Por su parte Bueno-Soria *et al.*, (2005) estudiaron en el desierto de los leones los Tricópteros y encontraron que después de 27 años en la región disminuyó la diversidad de estos macroinvertebrados atribuyendo como principal causa la alteración del medio debido a las actividades del hombre, esto es construcción de caminos, tala del bosque sin planificación, incendios forestales o destrucción del bosque por demanda de habitación.

2.5.2. En Guerrero

La institución encargada para el monitoreo de las aguas residuales recae en la Secretaría de Salud que a través de la Subsecretaría de Regulación Control y Fomento Sanitario basados en los criterios de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Y considerando la gran variedad de actividades humanas y el aumento en los asentamientos humanos de manera acelerada y desordenada en las zonas costeras, ha originado el incremento en las descargas de residuos sólidos y líquidos los cuales a su vez, van acompañados de microorganismos patógenos. Por lo tanto, el inadecuado o nulo manejo y control de estos residuos han ocasionado alteraciones negativas al ambiente costero; de tal forma que las aguas costeras han llegado a perder la vocación recreativa, deportiva y hasta alimentaria (Vera-García, 2006). Sin embargo, algunos autores (Méndez-Montaño, 2007; Whitman y Nevers, 2008; Ufnar *et al.*, 2006; y Wright *et al.*, 2009), señalaron que animales domésticos (perros, gatos, caballos y ganado principalmente) y aves marinas (pelícanos, gaviotas, garzas, entre otras) son otra fuente muy importante de bacterias fecales a estos ambientes.

Derivado de el estudio calidad bacteriológica de las principales playas de la bahía de Acapulco, se encontró que tomando en cuenta las descargas de aguas residuales continuas e intermitentes ubicadas en toda la bahía, las altas concentraciones de bacterias totales, fecales y enterococos se presentan más relacionadas con las descargas intermitentes, como es la zona de Manzanillo, Hornos, Papagayo, Icacos, Condesa y en el caso de las estaciones de Caleta, Caletilla con las descargas de agua continua, algunos de los datos positivos de bacterias se encuentran relacionados con el factor antropogénico (Flores-Mejía, 2010), ya que algunos factores fisicoquímicos en ocasiones pueden ejecutar la presencia o ausencia de las concentraciones microbiológicas (Silva-Iñiguez, 2007); en base a que las bacterias provenientes de descargas municipales, disminuyen rápidamente su concentración en el medio marino.

Las elevadas concentraciones de bacterias que reflejan altos índices de contaminación en las aguas de recreo, provocan enfermedades de tipo intestinal como tifoidea, paratifoidea y en el caso de Acapulco no debe ser atribuido

solamente al agua usada como alimento, sino a que existen desagües de aguas negras en diversas playas (Flores-Mejía, 2010). Por lo que en las zonas costeras, la contaminación del mar tiene un impacto económico para las comunidades que dependen de los productos del mar como fuente alimenticia y de turismo, además del impacto ecológico en los ambientes marinos. El problema de la contaminación en la Bahía de Acapulco ya tiene tiempo, como lo muestran varios estudios; en uno de ellos realizado por la CNA, en enero del 2003, se encontraron concentraciones de coliformes fecales superiores a las 200 unidades por cada 100 mililitros, que es la cantidad permisible de acuerdo con SEMARNAT, que se basa en parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) y que estos valores concuerdan con los encontrados por (Flores-Mejía, 2010) para las playas de Caleta, Caletilla y Isla de la Roqueta durante julio, agosto y septiembre del 2006.

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) en el 2010 informó que 99.42% de las 173 playas monitoreadas a nivel nacional son aptas para fines recreativos, ya que se encuentran por debajo del parámetro establecido y que solo cuatro estados (Guerrero, Jalisco, Tabasco y Veracruz) han reportado en repetidas ocasiones altos niveles de contaminación bacteriológica en el agua de sus playas.

2.5.3. En la Laguna de Coyuca de Benítez

El paisaje de la laguna tiene diversos componentes tanto naturales como antropogénicos. Se trata de un ambiente muy transformado por las actividades primarias (agricultura, pesca y en menor medida ganadería) y la actividad turística de escala reducida si se compara con el principal centro turístico de la zona que es Acapulco. Se observan elementos generados por el hombre que imponen factores discordantes que contaminan por un lado al entorno natural y por otro, alteran el paisaje. Estos factores son la basura de tipo doméstico (envases y empaques de diferente tipo de productos, chatarra, materiales varios).

Además, la laguna de Coyuca obtiene de los ríos Coyuca, Las Cruces y El Conchero cantidades importantes de materia orgánicas, sales disueltas y sedimentos que contribuyen al azolvamiento paulatino de la laguna. Actualmente los canales que alimentan a la laguna presentan un importante problema de azolvamiento. En algunos tramos, el canal Carrizal tiene profundidades menores a 0.30 m, y anchos de 6 m con taponamientos de lirio acuático en todo lo ancho, debido entre otros factores a las bajas velocidades del agua al interior del canal.

Uno de los factores que generan azolvamiento en los canales y que es común denominador se refiere al cambio hidrológico que sufren debido a las extracciones que aguas arriba se realiza, por la colocación de presas, tomas agrícolas, y otros usos, que reducen, en algunos casos de forma importante, el caudal que mantenía un equilibrio en los causes; y una dinámica diferente, limitando de esa forma el movimiento de agua para generar la suspensión y/o arrastre de los sedimentos y mantener abierta una boca que permita el intercambio entre agua dulce y salada.

Aunado a esto, la laguna enfrenta modificaciones derivadas de la propia dinámica de la costa, tales como el cierre de comunicación con el mar o aberturas de bocas en sitios diversos, disminución del flujo de aportes superficiales, alargamiento o acortamiento de canales de comunicación, etc. Con lo que se modifican las condiciones hidrodinámicas del sistema y se modifican al mismo tiempo las características que permiten el establecimiento de fauna de interés comercial que forman el sustento de muchas familias a lo largo del litoral. Cambios que han provocado, desde el punto de vista ecológico, importantes modificaciones en la diversidad biológica y por lo tanto, alteración de las pesquerías que han pasado a ser de especies de alto valor comercial a especies de bajo valor comercial.

También en la laguna otro de los factores que genera el problema es la extensión de sus canales, pues al ser tan largos no permiten que las masas de agua, continentales y oceánicas ingresen fácilmente a la laguna. La cual tenía su propia boca, pero debido a fenómenos naturales y actividades humanas, fue cerrada definitivamente, convirtiendo al cuerpo de agua de salino a dulce porque su única entrada de mar se mantuvo a través de la boca-barra de Coyuca.

2.6. Situación jurídica relativo a la calidad del agua.

El Consejo Consultivo del Agua es un órgano de alcance nacional integrado por la sociedad civil que tiene como objetivos por una parte, apoyar el cambio estratégico necesario en el sector asesorando a organismos públicos y en particular a la CNA, y por la otra promover, coordinar y dirigir el esfuerzo de la misma sociedad para lograr la cultura del manejo y uso eficiente del agua en el país. Este Consejo cuenta con cinco grupos de trabajo y se han constituido 26 consejos ciudadanos del agua estatales en todo el país (CONAGUA, 2004).

Los consejos de cuenca son los órganos de coordinación entre las tres instancias de gobierno y de concertación con los usuarios del agua que la Ley de Aguas Nacionales establece para facilitar la conceptualización e implantación de las políticas y programas hidráulicos. Cuentan con comisiones de cuenca, los comités de cuenca y los comités técnicos de aguas subterráneas, como organizaciones

auxiliares de carácter permanente o temporal para el estudio, planeación y atención de los asuntos relacionados con el sector hidráulico.

El biomonitoreo biológico representa una alternativa rápida y barata a las pruebas químicas para evaluar niveles de contaminación y el impacto de las actividades humanas sobre la calidad de agua, permitiendo calcular los cambios en el entorno y establecer programas de control de calidad ambiental, desgraciadamente en nuestro país este tipo de monitoreo no está incluido en la ley, aunque existen diversas leyes y reglamentos que intervienen en el marco regulatorio de las zonas costeras, océanos y sus recursos, que permiten establecer en su conjunto una estrategia general de desarrollo sustentable, instrumentos y acciones inmediatas para preservar estos ecosistemas, siendo los más importantes: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (SEGOB, 2010); Ley de Aguas Nacionales (CONAGUA, 1992); Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (CONAGUA, 1994); la 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" (SSA, 1994); CE-CCA-001/89 "Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua" (INE, 1989); NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales (SEMARNAT, 1996^a) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEMARNAT, 2007^c); (Castillo, 2010).

Actualmente en México se cuenta con valores de referencia de calidad del agua de acuerdo a sus usos; como en el caso del Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación del Agua donde se fijan condiciones particulares de descargas de acuerdo con la clasificación de los cuerpos receptores, su volumen o gasto y las tolerancias mediante listados de aguas superficiales, aguas de estuarios y aguas costeras, que permiten clasificar los cuerpos receptores de acuerdo a diferentes usos, estableciendo rangos de parámetros fisicoquímicos, tales como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, bacterias coliformes, grasas y aceites, sólidos disueltos, turbiedad, color, olor, sabor, nutrientes (nitrógeno, fósforo) y materia flotante (Castillo, 2010). Además incluyen valores máximos permisibles de sustancias tóxicas (metales y plaguicidas) en cuerpos receptores, aclarando que estos criterios no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo al futuro avance tecnológico (SEMARNAP-ENE, 2000^a).

2.7. Participación social en el uso y cuidado del agua

En este aspecto Trujillo y Noa, (2005) mencionan que la participación social ambientalista comunitaria de una región determinada es aquella que se da en

unión y en equipo teniendo lugar en la misma comunidad; compartiendo conocimientos y acciones juntos y en el mismo terreno, donde se identifican problemas ambientales estableciendo prioridades y diseñando soluciones.

La relación entre participación, género, soberanía, equidad, solidaridad y sustentabilidad, en el caso del agua, resulta indisoluble. Considerar a las mujeres en la gestión del agua es fundamental por el rol central que tienen en su provisión y preservación (Ray, 2007).

El conocimiento y la participación ambientalista es un elemento que juega un papel importante en el desarrollo regional, que ha generado fuertes movimientos sociales que se gestan por medio de la participación (Wences, 2001; Fernandez *et al.*, 2006), donde la educación es el elemento constructivo del desarrollo social que despierta el interés en la formación de la sociedad para que sea participativa en los movimientos sociales para el cambio en términos: económico, social, político, cultural y ambiental. Lo anterior como un producto derivado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) conocida como la Cumbre de la Tierra en 1992 y de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en 2002, en Johannesburgo, Sudáfrica referente a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y la conservación de los recursos naturales.

2.8. Determinación de condiciones fisicoquímicas y microbiológicas

Al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. El cuál considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor, 1996).

El estudio ecológico de un hábitat puede considerar también las características fisicoquímicas y fisiográficas asociadas con el componente biótico, para conocer las relaciones de un ecosistema y así establecer estrategias correspondientes a un manejo adecuado. Los ecosistemas costeros, debido a sus numerosas fronteras y conformación abierta, proveen ricos aportes de nutrientes en períodos estacionales (Yáñez-Arancibia, 1980 y 1986).

En los ecosistemas acuáticos tropicales, la distribución y abundancia de los organismos está afectado principalmente por la calidad del agua, el sustrato, la velocidad del caudal y sus variaciones estacionales (Huaylinos *et al.*, 2003). Por la importancia de estos parámetros se han realizado algunos estudios en diversas regiones del mundo, como se describe a continuación.

En el estudio realizado por Becerra y Botello, (1995) determinaron la presencia de bacterias coliformes en el sistema lagunar Chantuto-Panzacoala, Chiapas y mencionan que varían desde las no detectadas a detectadas, reportando que los coliformes totales y fecales mostraron un comportamiento similar, excediendo los límites permisibles de la norma de calidad.

El Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 1997) señala en su reglamento local que los parámetros fisicoquímicos mínimos que deberán ser objeto de monitoreo y control en zona humedales serán: salinidad en superficie, fondo y suelos, temperatura, pH, oxígeno disuelto, niveles de transparencia, sedimentación, flujo laminar y nivel de aguas, erosión y cambios tanto graduales como drásticos en los procesos geomorfológicos.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es un índice ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes, siendo diseñado en 1970 y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no ([www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculo ICA.pdf.](http://www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculo%20ICA.pdf))

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son: coliformes fecales (en nmp/100 ml), potencial de hidrógeno (en unidades de pH), demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/l), nitratos (NO₃ en mg/l), fosfatos (PO₄ en mg/l), cambio de la temperatura (en °C), turbidez (en FAU), sólidos disueltos totales (en mg/l), oxígeno disuelto (OD en % saturación). ([www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculo ICA.pdf.](http://www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculo%20ICA.pdf))

En México, la SEMARNAT-INE (2000^a) y CONAGUA (2006) señalan 14 parámetros fisicoquímicos (Tabla 2.) de mayor importancia para analizar en las zonas costeras:

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mayor importancia en zonas costeras.

1. PO ₄ (ortofosfatos)	8. DBO (demanda bioquímica de oxígeno)
2. NO ₃ (nitratos)	9. PH (potencial de hidrógeno)
3. NO ₂ (nitritos)	10. T °C (temperatura)
4. Sulf. (sulfuros)	11. G y A (grasas y aceites)
5. OD (oxígeno disuelto)	12. SST (sólidos suspendidos totales)
6. SAAM (sustancias activas de azul de metileno)	13. FT (fósforo total)
7. Fen. (fenoles)	14. NT (nitrógeno total)

De acuerdo con Samboni *et al.*, (2007) la determinación de la calidad del agua se efectúa mediante dos métodos complementarios: métodos fisicoquímicos y métodos biológicos.

2.9. Parámetros fisicoquímicos

Los métodos fisicoquímicos ayudan a conocer con precisión el tipo de contaminante vertido Leiva, (2004) afirmó que las principales desventajas de determinar la calidad del agua mediante el uso de métodos fisicoquímicos radica en parte en el costo elevado, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria. Según Roldan, (1988) los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

a) Los indicadores físicos

Son los que definen las características del agua que pueden impresionar a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua, son: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales, turbiedad, color, olor, sabor.

Temperatura

Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, la maduración y la reproducción. El ciclo de temperatura influye marcadamente en plantas, animales y por extensión, determina el lugar donde se distribuyen las especies en el sistema y como varia la comunidad biótica del cuerpo de agua de estación en estación (Jill *et al.*, 2003).

Los patrones de circulación y los gradientes de temperatura a su vez influyen sobre los ciclos de nutrientes, sobre la distribución del oxígeno disuelto, por ejemplo el agua fría puede contener más oxígeno disuelto que el agua caliente (Moun y Moulton, 1991) y sobre la distribución y el comportamiento de los organismos.

La temperatura afecta un número importante de procesos que definen la calidad del agua:

- a) La velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas se incrementa considerablemente con el aumento de la temperatura.
- b) La solubilidad de gases decrece y la solubilidad mineral aumenta con la temperatura y así condiciona la medida de pH y conductividad. El agua de consumo humano se recomienda entre 12°C y 25°C.
- c) Las tasas de crecimiento y respiración de organismos acuáticos aumentan o disminuyen con la temperatura.
- d) Las descargas de agua caliente aumentan la temperatura de las aguas residuales de las corrientes donde se vierten.

Conductividad eléctrica

Este parámetro se refiere a la capacidad de conducir la corriente eléctrica por los iones presentes en una solución. El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Se determina mediante electrometría con un electrodo conductimétrico, expresándose el resultado en microsiemens. El agua pura es mala conductora de la electricidad, debido a que su capacidad de ionizarse es muy limitada. Cuantos más iones se encuentren presentes en el agua mayor será su conductividad. La conductividad del agua depende de la concentración y naturaleza de los iones disueltos en ella, así como de la temperatura. Normalmente un aumento de sales supone un aumento de conductividad.

Las aguas de pozos sobreexplotados, de terrenos salinizados o de vertidos industriales suelen presentar conductividad (Castillo, 2010). La conductividad también influye en la biota acuática y cada organismo tolera una gama de valores, que varía en función de la fuente de agua: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales municipales y de precipitación. Por lo tanto la conductividad puede ser un indicador de filtración en agua subterránea o de fugas de aguas residuales (Castillo, 2010).

Sólidos totales

Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la carga de sólidos. Pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica y provienen de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. Analíticamente se define el conjunto de sólidos totales como la materia remanente que se obtiene en forma de residuo después de someter al agua a un proceso de

evaporación entre los 103 a 105 °C. Se distinguen los sólidos sedimentales, sólidos en suspensión y sólidos disueltos, siendo los sólidos totales la suma de todos ellos. Estos sólidos, además de poder suponer la presencia de cuerpos o sustancias extrañas que pudieran en algún caso no ser recomendables, aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma (Castillo, 2010).

Turbiedad

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales (APHA *et al.*, 1999).

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, asimismo, proporciona un aspecto antiestético del cuerpo del agua, disminuye la capacidad de filtración, debido a la presencia de pequeñas partículas que afectan en la desinfección, ya que a mayor turbidez es mayor la necesidad de desinfección. Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua, siendo algunos de éstos: fitoplancton, sedimentos procedentes de la erosión, sedimentos resuspendidos del fondo, descarga de afluentes, crecimiento de las algas y escorrentía urbana. La turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UTN, y estará idealmente por debajo de 1 UTN (Clesceri *et al.*, 1992).

Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos. En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. El valor guía de la OMS y del Canadá es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida.

Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”. Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

b) Indicadores químicos

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias como son:

PH

El pH es una medida utilizada para evaluar la acidez o la alcalinidad de una solución. Ácido es toda sustancia que en solución acuosa libera protones. Las sustancias alcalinas aportan el ion hidroxilo (OH^-) al medio. Por tanto el pH es una medida de la acidez de una solución que depende de la concentración de H^+ (Basaez, 2009).

El pH óptimo de las aguas para consumo humano debe estar entre 6.5 y 8.5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6.5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. La mayoría de los organismos acuáticos se desarrollan en un pH de 6.5 a 8.5; rango que también es el requerido para el agua de consumo humano (MINAE, 2003).

La acidificación de los ríos afecta primero a las especies ácido sensitivas, pero cuando el pH cae por debajo de 5 más especies son afectadas. La alcalinidad de los ríos contrarresta la acidificación, se ha conocido con limitado éxito, las especies ácido sensitivas son observadas de vez en cuando pero sin persistir (Allan y Castillo, 2007). La biota de un cuerpo de agua puede ser influenciada directamente por cortos o sostenidos periodos de acidificación, o indirectamente por alteraciones en las proporciones de organismos ácido sensitivos y ácido tolerantes en diferentes niveles tróficos (Corbet, 1999).

En general el pH de las aguas no presenta grandes variaciones y está alrededor de la neutralidad. El problema está en las aguas residuales o en los vertidos industriales que sí pueden dar valores extremos de pH. El pH varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos acuáticos.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro crítico para caracterizar la salud de un sistema acuático. Esta es una medida del oxígeno disuelto en el agua el cual es aprovechable para los peces y otros organismos acuáticos. El contenido de OD resulta de las actividades fotosintéticas y respiratorias de la flora y fauna en el sistema, y la mezcla de oxígeno atmosférico con aguas a través del viento y la acción de la corriente del arroyo (Moun y Moulton, 1991).

El oxígeno disuelto en el agua es imprescindible para la vida de los seres acuáticos. Su ausencia o sus bajas concentraciones pueden provocar procesos anaeróbicos que generan sustancias tóxicas y no deseables. Las aguas de montaña y las aguas marinas costeras son las que presentan niveles máximos de oxígeno disuelto, alrededor de 10mg O₂/L. La temperatura y la salinidad influyen reduciendo la solubilidad del oxígeno disuelto cuando cualquiera de esos dos parámetros aumenta. La solubilidad del oxígeno disuelto es directamente proporcional a la temperatura, ésta desciende cuando la temperatura sube y cuando la concentración de cloro aumenta (Castillo, 2010).

Si elevamos la temperatura del agua a su punto de ebullición generamos una solución libre de oxígeno. Podemos generalizar que a cualquier presión atmosférica, aguas frías saturadas con oxígeno contienen una mayor cantidad de oxígeno disuelto que aguas tibias o calientes. No obstante la relación inversa entre temperatura y la concentración de oxígeno disuelto puede verse alterada en ambientes naturales por efecto de los procesos de fotosíntesis y respiración (APHA, 1999; UPRM, 2010).

Salinidad

La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua. La salinidad y la conductividad están relacionadas porque la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambas. Favorece la salinidad elevada la evaporación

intensa propia de las latitudes tropicales, sobre todo en la superficie y una menor salinidad la proximidad de la desembocadura de ríos caudalosos y las precipitaciones elevadas. La salinidad no depende de la temperatura. Las sales en el mar son principalmente de cloruro de sodio; sin embargo, otras aguas salinas, tales como las de esteros, lagunas, etc., tienen una salinidad elevada debido a una combinación de iones disueltos como sodio, cloruro, carbonato y sulfato. Las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua potable o de riego.

Una exposición prolongada o repetitiva puede provocar efectos adversos sobre la salud humana, no obstante la sintomatología va a depender de la sustancia y del tiempo a la que se esté expuesta. Las plantas y los animales muestran una gran variedad de tolerancia a los cloruros, ya que existen organismos extremadamente resistentes a elevadas concentraciones de cloruros que viven en lagos salinos o entre rocas costeras. Sin embargo la descarga de elevadas cantidades de cloruros sobre organismos de agua dulce puede provocar efectos adversos sobre los mismos (Castillo, 2010).

El contenido salino de muchos lagos, ríos o arroyos es tan pequeño, que a esas aguas se les denomina agua dulce. El contenido de sal en agua potable es, por definición menor a 0.05%. Si no, el agua es señalada como salobre, o definida como salina si contiene de 3 a 5% de sal en volumen. Por encima de 5% se le considera salmuera (Tabla 3). El océano es naturalmente salino con aproximadamente 3.5% de sal. Algunos lagos o mares son más salinos. El Mar Muerto por ejemplo, tiene un contenido superficial de alrededor del 15%.

Tabla 3. Contenido salino de cuerpos de agua. Fuente: (Lewis,1980); (UNESCO 1981^a, 1981^b, 1985).

Agua dulce	Agua salobre	Agua de mar	Salmuera
< 0.05%	0.05-3%	3-5%	>5%
< 0.05%	0.5-30 ppt	30-50ppt	>50 ppt

En oceanografía ha sido tradicional expresar la salinidad, no en porcentaje, sino en partes por mil (parts per thousand, ppt o ‰), que es aproximadamente gramos de sal por litro de solución: g/l. Antes de 1978, la salinidad o halinidad se expresaba como porcentaje basándose en la relación de conductividad eléctrica de la muestra de “agua de Copenhage” (un medio acuoso “agua de mar” artificial, hecho para servir como estándar). En 1978, los oceanógrafos redefinen la salinidad en unidades prácticas de salinidad (PSU o UPS): relación de conductividad de una muestra de agua de mar con una solución estándar de cloruro de potasio ya que las relaciones no tienen unidades (ej. 35 psu equivale a

35 g de sal/l de solución) (Lewis, 1980; UNESCO, 1981^a, 1981^b; 1985; Castillo, 2010).

Nitritos y nitratos

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas, por lo general, en el agua se encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. El nitrato es un compuesto inorgánico formado por un átomo de nitrógeno y tres átomos de oxígeno.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se le encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos.

Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas en forma de nitratos. Esto hace que el nitrógeno no esté disponible para las plantas y puede también elevar la concentración en aguas por encima de los niveles admisibles de calidad del agua potable. El nitrógeno procedente del estiércol o de los abonos puede perderse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento (LENNTECH, 2009 y <http://www.lentech.es>)

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas. Después de la absorción tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos. Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma

metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como $\text{NO}_3\text{-N}$).

Los nitritos son un estado de oxidación intermedia del nitrógeno. Aparecen como producto intermedio cuando el amonio se oxida a nitrato y también en la reducción de los nitratos. Se usan como protectores contra la corrosión del agua en muchos procesos industriales y en las aguas naturales.

La presencia de nitritos en el agua, es indicativo de contaminación de carácter fecal por sus concentraciones, se puede utilizar como indicador de contaminación bacteriológica pues son las bacterias las responsables de la reducción. Su concentración junto con la del nitrato y el nivel de coliformes fecales proporciona una idea de la contaminación de origen fecal del agua, indicando una degradación incompleta de la materia orgánica. La concentración del mismo en agua y vegetales es baja, sin embargo, la conversión microbiológica de nitrato y nitrito puede ocurrir durante el almacenamiento de vegetales frescos a temperatura ambiente, en la cual puede alcanzar niveles elevados (Castillo, 2010).

Grasas y aceites

La presencia de grasas y aceites en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia). El contenido de grasas y aceites en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como hidrocarburos del petróleo.

Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del bióxido de carbono del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices, motores de lanchas, barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética. La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano (Arce, 2008).

2.10. Parámetros microbiológicos

Este control es exclusivo para aguas de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como son bacterias coliformes, que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que producen cólera. Además de estos parámetros existen organismos bioindicadores como los macroinvertebrados que pueden informar sobre la calidad del agua. Éstos son larvas de algunos órdenes de insectos.

La evaluación de la calidad bacteriológica de aguas proporciona seguridad para el consumo. Estos análisis son indicadores de la presencia de microorganismos que en un momento dado pueden afectar la salud pública y se brindan como una herramienta para evaluar los sistemas de tratamiento y la calidad de las aguas. El estado biológico de un cuerpo de agua determina la calidad del mismo, es decir, establece el grado de contaminación, caracteriza la carga contaminante y la capacidad de autodepuración biológica.

La caracterización biológica del agua comprende la identificación de organismos indicadores, frecuencia de aparición, índice de saprobiedad, índice de diversidad de especies, índices bióticos, índice BMWP (Monitoreo Biológico Grupo de Trabajo de Antioquia), EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), Índice Biótico por Familias, entre otros.

De acuerdo a lo anterior algunos estudios en zonas lagunares como el de Torres, (1980) señalan que el agua residual que se vierte en el Río Coyuca de Benítez y que desemboca en la barra de la laguna de Coyuca, ha ocasionado desbalances ecológicos que repercuten en problemas de tipo alimenticio, económico y de navegación.

Algunos de los residuos directos o indirectos que afectan a la laguna de Coyuca son los detergentes que por la aportación de fosfatos, favorecen al crecimiento exponencial de algas y plantas acuáticas como el lirio (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), que obstaculizan los canales de navegación y dificultan la pesca de especies comerciales. Igualmente, al morir las plantas dan un aspecto verdoso

y por la descomposición por medio de bacterias se consume parte del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, poniendo en peligro los eslabones de la pirámide de la vida acuática, así como en desventaja algunas especies de peces y otras en peligro de extinguirse (Castillo, 2010).

Por su parte Delgadillo, (1986) realizó un estudio fisicoquímico durante un ciclo estacional (otoño 1983-verano 1984) para determinar el comportamiento espacial y temporal de la laguna de Coyuca de Benítez y mencionó que el sistema presentó un adecuado equilibrio entre la remineralización y la productividad primaria, alcanzándose un 110% de saturación de oxígeno por lo que se consideró que la vegetación de manglar y la ubicada en la marisma presentaron mayor importancia como fuentes de producción de materia orgánica particulada, cuya mayor abundancia se manifestó principalmente en la zona noroccidente de la laguna.

Asimismo, respecto a la calidad del agua de la Laguna de Coyuca de Benítez López, (1986) encontró que las condiciones eran ecológicamente aceptables y no denotaron la influencia de actividades antropogénicas, en el ciclo otoño 1983-verano1984.

Por otro lado Ramírez, (1988) señala que las características físicoquímicas principales que le dan a la Laguna de Coyuca de Benítez las condiciones de oligohalina y alta productividad son una temperatura media anual de 29°C, transparencia promedio de 47.63 cm y un pH promedio de 7.9.

Por su parte Román, (1991) reportó para el agua de la Laguna de Coyuca valores de salinidad con rangos de 0.1 y 0.4 % con fluctuaciones altas en los meses de agosto, septiembre y octubre, y valores de temperatura con rangos de entre 29.0°C durante febrero y 38°C para noviembre y un valor medio anual de 32°C., confirmando que esa laguna es un sistema oligohalino. Similar a lo mencionado por Arcos *et al.*, (2013) donde además este valor depende de la apertura y cierre de la barra.

La SEMARNAP-INE (2000^a) reúne información obtenida a partir del establecimiento en 1974 de una Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA) como parte del sistema de monitoreo ambiental y administración de la calidad del agua, lo anterior derivado de la necesidad de contar con suficiente volumen de agua para la población en cuanto a consumo, así como el interés en la preservación de los recursos hidráulicos nacionales, los resultados obtenidos se almacenaron en una Base de datos denominada RAISON “Análisis Regional de Sistemas Inteligentes en un microordenador”, quedando excluida la laguna de Coyuca, resultando como efecto de esa exclusión el carecer de información de monitoreo de calidad del agua por parte del Gobierno Federal.

A su vez Huaylinos *et al.*, (2003) realizaron un muestreo fisicoquímico de una zona de manglares durante un periodo estacional, reportando inestabilidad espacio-temporal a causa de las fluctuaciones fisicoquímicas. Al igual que Brugnoli y Morales, (1999) determinaron fluctuaciones de parámetros fisicoquímicos en el Sistema lagunar de Punta Morales durante un cambio climático por efecto de El Niño.

Al mismo tiempo Galindo, (2000) elaboró un reporte de calidad fisicoquímica del agua en la Laguna de Tres Palos Guerrero, determinando que las fluctuaciones de los valores se deben a la apertura y cierre de la barra de la laguna. Trabajos sobre calidad del agua en sistemas lagunares costeros del estado de Guerrero: (Delgadillo, 1986; López, 1986; Ramírez, 1988; Román-Contreras, 1991; Galindo, 2000; Robles *et al.*, 2000 y Ferrara-Guerrero *et al.*, 2007), muestran importantes datos fisicoquímicos a excepción de los datos sobre las condiciones microbiológicas que son escasos; sin embargo se han realizado en otros estados costeros, entre los que destacan el efectuado por Escobedo y Sigala, (1991) quienes trabajaron sobre hidrología y calidad del agua del Estero El Capoa, Sinaloa.

Por otro lado Hernández *et al.*, (1995) determinaron importantes fluctuaciones espaciales y temporales de la calidad bacteriológica de las lagunas de Topolobampo; se han efectuado trabajos por (Becerra y Botello, 1994 y 1995; Escobedo-Urías *et al.*, 1999, 2000 y Ferrera-Guerrero *et al.*, 2007) que reportan y coinciden que los continuos aportes fecales a través de los ríos y las actividades ribereñas, ponen en peligro de contaminación fecal a dichos ecosistemas.

III. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Localización y descripción

La Laguna de Coyuca se localiza al noroeste del Puerto de Acapulco, en la Región Hidrológica No. 19 entre los Municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez, geográficamente se ubica entre las coordenadas extremas marcadas por los paralelos 16° 55' 58" y 16° 57' 57" de latitud norte y los meridianos 99° 58' 04" y 100° 06' 57" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. La laguna de Coyuca de Benítez (Figura 2.) es un cuerpo de agua somero de volumen variable, dependiente de las épocas de secas y de estío.

La Laguna de Coyuca posee un fondo predominantemente fangoso y características topográficas y superficiales muy irregulares (Yáñez, 1977). Cuenta con una superficie de 34 km² (Yáñez, 1978), una longitud máxima de 10.6 km, un

área máxima de 2 954 ha, un área mínima de 2 900 ha, una anchura promedio de 2.78 km y una línea de costa de 26.7 km (Klimek, 1978).

Posee dos pequeñas islas: la Montosa y la Pelona (Moller, 1973). La laguna se abre al mar a través de un canal meándrico, lo cual le proporciona una dimensión especial. De acuerdo con la clasificación de (Wetzel y Likens, 1979), la laguna de Coyuca se considera un sistema acuático mesotrófico. Este cuerpo de agua presenta un régimen biestacional (por períodos de cada dos estaciones las condiciones ambientales y biológicas se mantienen con características similares) que llega a modificar la densidad del sistema acuático a través del incremento de la materia orgánica particulada (Delgadillo, 1986) y de la concentración de la clorofila durante la época de estiaje (Monreal, 1991).

La laguna tiene el aporte de los ríos Coyuca, Las Cruces y el Conchero que le proporcionan cantidades importantes de materia orgánica, sales disueltas y sedimentos que contribuyen al azolvamiento paulatino de la laguna.

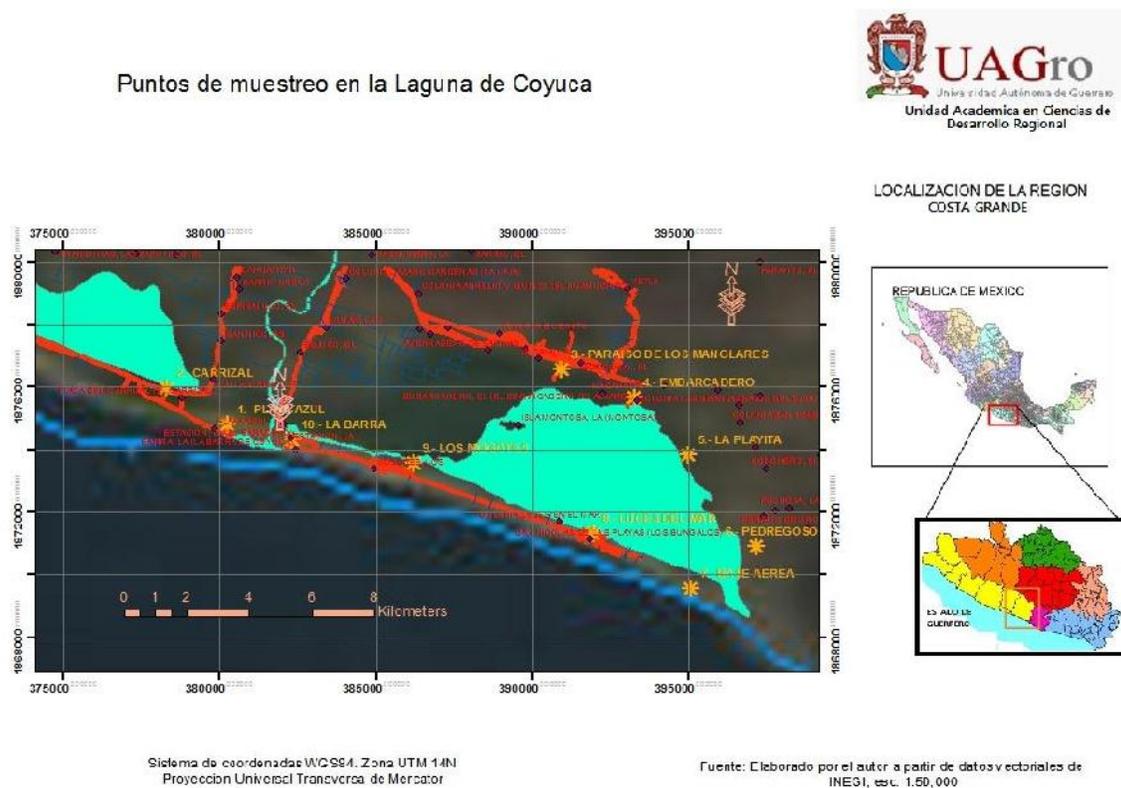


Figura 2. Localización de la laguna de Coyuca.

3.1.1. Estaciones de muestreo

La laguna fue dividida en diez estaciones de muestreo (Figura 3). Seis estaciones ubicadas en el área perimetral de la laguna y cuatro sobre el canal meándrico.

1.- Playa Azul.-Estación cercana a la localidad Playa Azul, en lateral de la corriente del canal meándrico que va hacia la laguna de Mitla, es un área que se inunda en época de lluvias por lo que es necesario utilizar una lancha para llegar. Se observa una gran cantidad de lirio acuático y abundante vegetación de mangle.

2.-Puente el Carrizal.-Estación ubicada en la entrada al pueblo de Carrizal, hay poca vegetación pero abundante lirio acuático y hay un pequeño muelle.

3.-Paraíso de los Manglares.-Estación ubicada en la entrada de la localidad Piedras Azules tomando una terracería llegamos a la zona donde observamos la construcción de dos canales y un muelle, restorán, estacionamiento y vegetación abundante de mangle y poco lirio acuático.

4.-El Embarcadero.-Cerca de la carretera federal, llega el vehículo y se observa poca vegetación, restoranes junto a la laguna y lanchas por la comercialización del pescado.

5.-La Playita.-Entrando por la localidad Bajos del Ejido rumbo al mar se avanzan 3 km aproximadamente y se recorren en 5 minutos, el área presenta corrientes de aire y mucha acumulación de material flotante, hay restoranes.

6.-El Pedregoso.-Cerca de la carretera federal, llega el vehículo, observamos manchones de mangle y un pequeño muelle y áreas rellenas por la urbanización.

7.- Base Aérea.-Cercana a la carretera Pie de la Cuesta-La Barra hay poca vegetación de mangle. y lirio acuático hay restoranes.

8.-Luces del Mar.-Zona de pesca y comercialización del producto sacado por los cooperativistas del lugar. Hay acceso en vehículo.

9.-Mogotes.-Estación con gran densidad arbolada de mangle, un pequeño muelle y llega el vehículo a la zona.

10.-La Barra.-Zona turística con lanchas utilizadas para recorridos a turistas zona de restoranes y es el desemboque del río Coyuca con el mar.



Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo.

Las estaciones de muestreo fueron ubicadas en el área perimetral de la laguna, determinándose sus coordenadas geográficas (Tabla 4).

Tabla 4. Caracterización geográfica de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN	COORDENADAS		
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1.-Playa Azul	16° 57' 10" N	100° 07' 37" W	3 msnm
2.-Carrizal	16° 57' 45" N	100° 08' 13" W	6 msnm
3.-Paraiso de los M	16° 57' 59" N	100° 01' 44" W	7 msnm
4.-Embarcadero	16° 57' 40" N	100° 00' 07" W	9 msnm
5.-La Playita	16° 56' 43" N	099° 59' 16" W	7 msnm
6.-Pedregoso	16° 55' 05" N	099° 58' 23" W	6 msnm
7.-Base Aérea	16° 54' 41" N	099° 58' 58" W	7 msnm
8.- Luces del Mar	16° 55' 47" N	100° 00' 60" W	3 msnm
9.-Los Mogotes	16° 57' 59" N	100° 04' 54" W	6 msnm
10.-La Barra.	16° 56' 58" N	100° 06' 53" W	1 msnm

3.1.2. Vías de comunicación a la laguna

A la Laguna de Coyuca se llega por la carretera federal Acapulco-Zihuatanejo los Bajos-Texca la cual bordea a la Laguna en su parte norte y comunicando a Pie de la Cuesta, El Pedregoso, San Isidro, Cerrito de Oro, Bajos del Ejido, El Embarcadero y Coyuca de Benítez. De Coyuca parte sur hay una carretera hacia la Estación que comunica con la Barra de Coyuca, comunicando las comunidades de Las Lomas y El Bejuco, en Pie de la Cuesta entra la carretera que va a la Barra de Coyuca que corre paralela a la línea de costa y que bordea la laguna comunicando los poblados de Luces en el Mar y Los Mogotes.

El transporte en la zona de influencia de la Laguna de Coyuca es muy variado, debido a las buenas vías de comunicación existentes con la Ciudad y Puerto de Acapulco, así como con el resto de la llamada Costa Grande del estado de Guerrero a través de la carretera Acapulco-Zihuatanejo, motivo por el cual hay servicio proporcionado por autobuses suburbanos de Acapulco, así como por taxis colectivos y camionetas mixtas para pasaje y carga con destino a Pie de la Cuesta, El Pedregosos y San Isidro, además de autobuses del Servicio Público Federal con destino a Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas, Michoacán. Por la línea de costa el servicio de transporte consiste de taxis colectivos y camionetas mixtas para pasaje y carga con recorridos de Pie de la Cuesta a Luces del Mar, Los Mogotes y Barra de Coyuca.

3.2. Otras características

3.2.1 Clima

Con base a los datos registrados por la estación climatológica operada por la Comisión Nacional del Agua, localizada geográficamente en la intersección de las coordenadas medias formadas por el paralelo 16° 57' 30" de latitud norte y el meridiano 100° 00' 15" de longitud al oeste de Greenwich, en el poblado del Embarcadero, planicie costera donde se encuentra parte del área de estudio. En el Municipio de Coyuca de Benítez (Figura 4) y en la cuenca de la Laguna de Coyuca el clima que prevalece es del tipo subhúmedo tropical A (wo) con lluvias en verano y sequías en invierno, con canícula o sequía estival (García, 1988; Rzedowski, 2006).

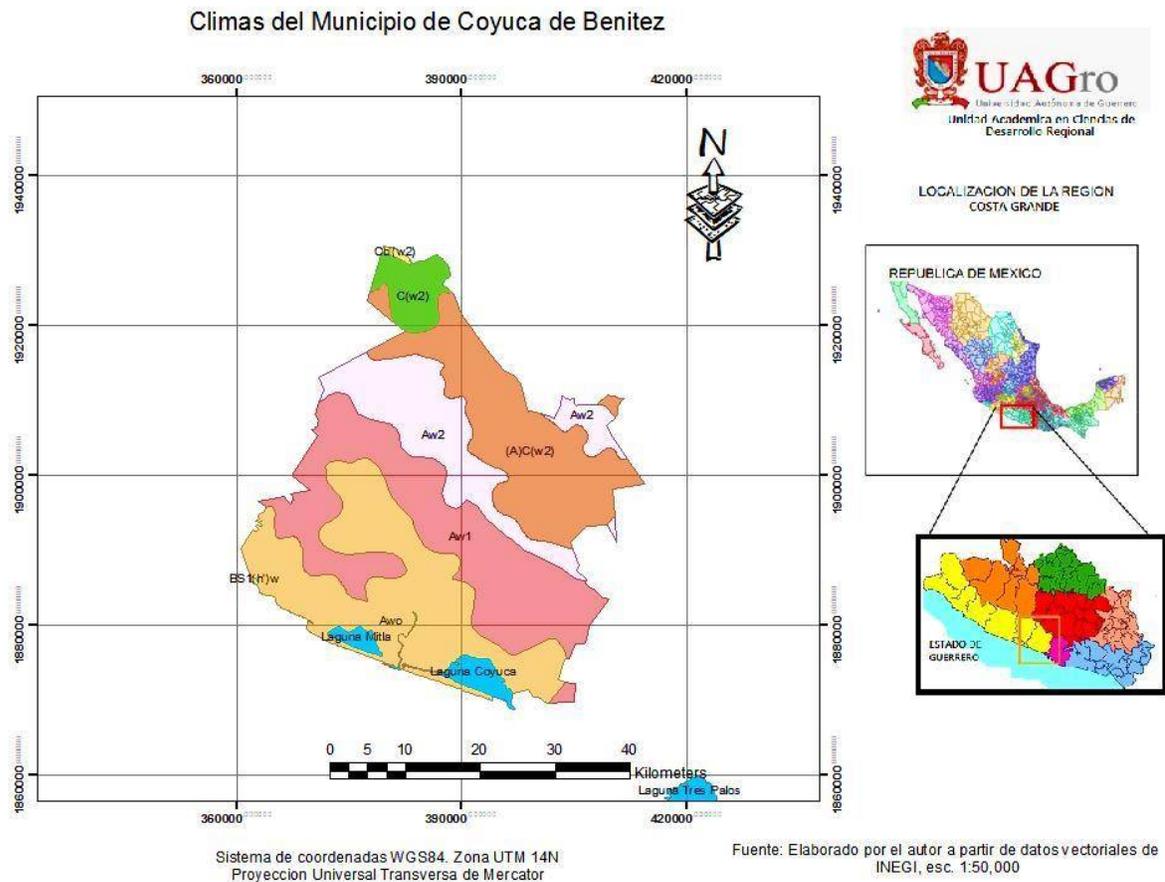


Figura 4. Clima característico del municipio de Coyuca de Benítez.

La temperatura media anual es de 26 °C, con mínimas de 24 °C y máximas de 28 °C; la precipitación media anual está entre los 900 y los 1750 mm (Gobierno del Estado de Guerrero, 2005; INEGI, 2005; Ayuntamiento de Coyuca de Benítez Guerrero, 2008; Castillo, 2010).

La época de lluvias ocurre entre junio y octubre, con un intervalo de precipitación que oscila entre 15 y 235 mm, alcanzando un máximo hacia julio. Durante el período de primavera-verano se presentan vientos dominantes del sureste, con velocidad promedio de 4.6 m/s y dominantes del norte durante el invierno (Ayala, 1966). Durante el período de agosto a octubre se pueden presentar perturbaciones ciclónicas que penetran el territorio a través de esta costa (Aguirre, 2001).

3.2.2. Suelo

Los suelos característicos que se presentan en el municipio de Coyuca se clasifican como de tipo chernozem o negro de color café y las estepas praire o pradera descalcificada (Figura 5). Los primeros son considerados aptos para el desarrollo de la agricultura, mientras que los segundos son propicios para la explotación ganadera y forestal (Ayuntamiento de Coyuca de Benítez Guerrero, 2008).

Los suelos en la región de la Laguna de Coyuca, por formar parte de la zona costera, se caracterizan por tener amplios depósitos marino-litorales de poca compactación con texturas de medias a gruesas. Esto implica que son de alta permeabilidad, de baja capacidad de compactación y de una relativa alta movilidad, tanto por agentes marinos, como fluvio deltaicos. Con relación a los suelos del interior de la laguna, se caracterizan por haber sido transportados por medios fluviales (hídricos) y por tanto los materiales han sido finamente clasificados, es decir depositados por capas según eventos de mayor o menor energía.

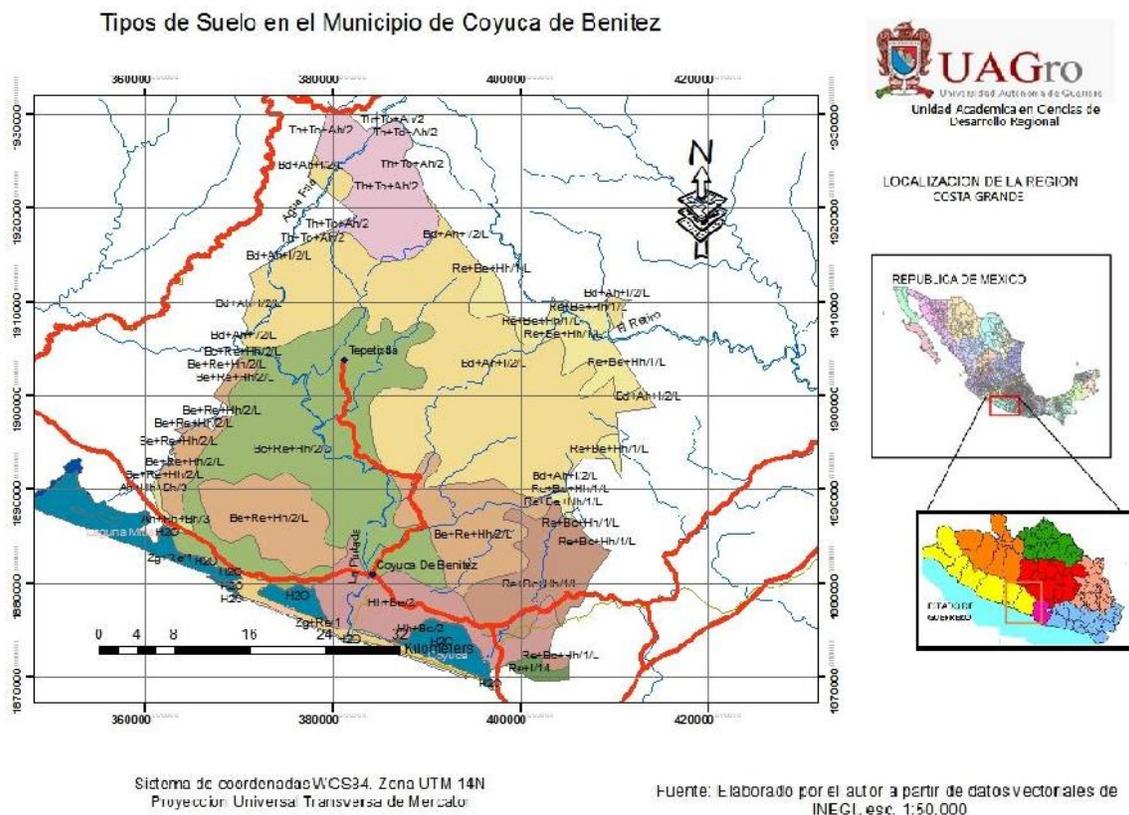


Figura 5. Mapa de suelos del municipio de Coyuca de Benítez, Gro.

3.2.3. Agricultura

La agricultura es de temporal hay huertas frutales de cocotero, mango, limón, tamarindo, papaya y plátano entre otras (Figura 6). La actividad agrícola ha ido disminuyendo especialmente en los últimos años debido a las dificultades para la diversificación de productos agrícolas y la pérdida de valor de algunos cultivos, como la palma de coco y la papaya. El arroz dejó de sembrarse hace algunos años y fue sustituido por tamarindo y mango.

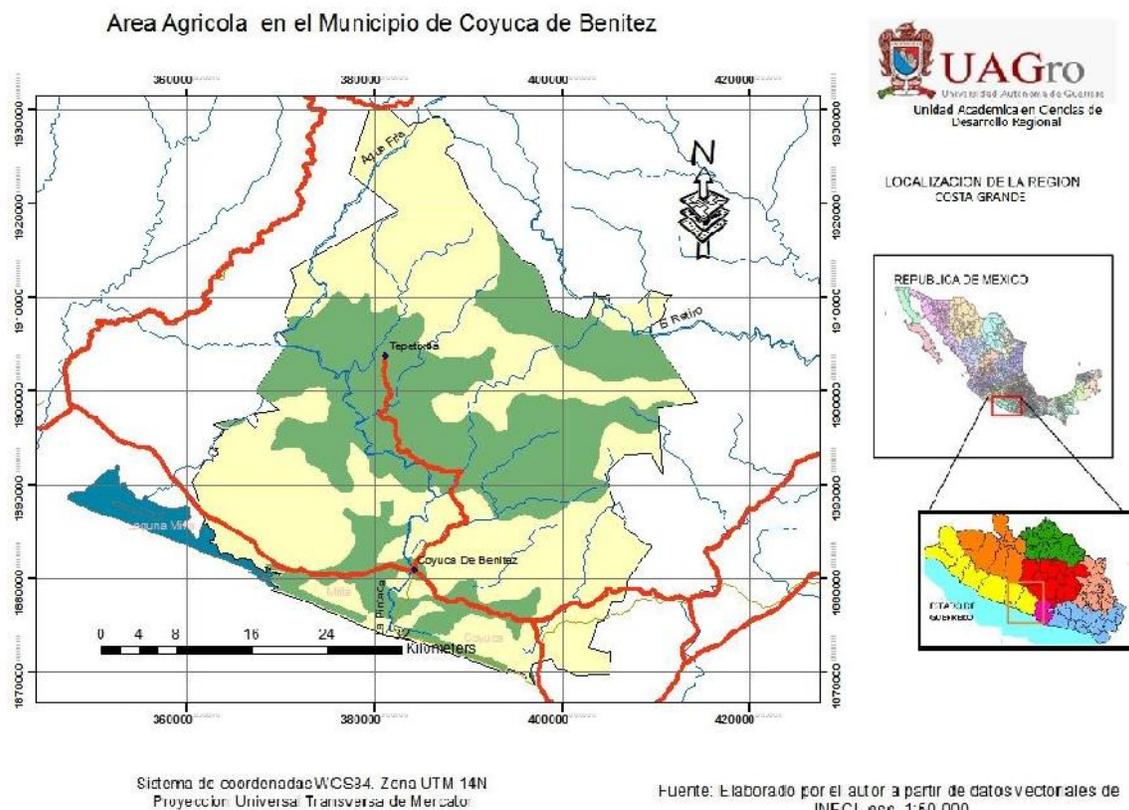


Figura 6. Agricultura en el municipio de Coyuca de Benítez, Gro.

3.2.4. Vegetación

En el sistema lagunar Mitla-Coyuca, la vegetación más representativa es el bosque de manglar en este cuerpo de agua habitan tres especies de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Y la vegetación asociada es la selva baja caducifolia, el palmar, tular, leguminosas, pastizales, dunas costeras (Figura 7).

Dentro de la laguna se puede encontrar la presencia de lirio acuático diseminado a través del canal meándrico (Guzmán y Rojas, 1976; Aguirre, 2001; Ayuntamiento de Coyuca de Benítez Guerrero, 2008; Castillo, 2010).

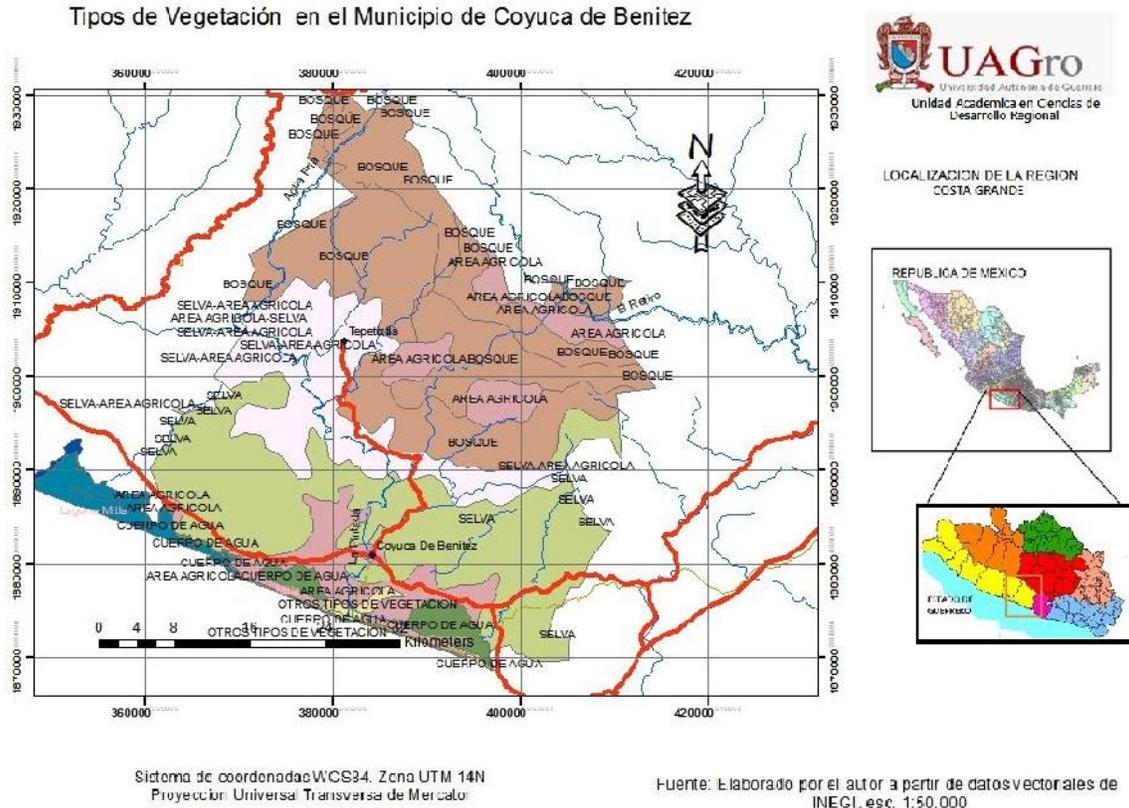


Figura 7. Vegetación en el municipio de Coyuca de Benítez, Gro.

3.2.5. Fauna

La fauna está compuesta por diferentes especies y hay una predominancia de las especies domésticas de interés comercial como son: ganado vacuno, caprino, caballar, mular, porcino y aves de corral que necesitan grandes espacios para su desarrollo. Especies silvestres entre las que se pueden mencionar las aves terrestres: Paloma de ala blanca (*Zenaida asiatica*), chicurro, zanate mexicano (*Cassidix mexicanus*), zopilote (*Coragyps atratus*), halcón golondrina, golondrina

entre otros; las aves acuáticas como: pato buzo, garza blanca, garza verde y picopando, garza rizada, garza azul zarceta, pelícano, gaviota entre otras de estación migratoria. En lo referente a reptiles como: iguanas, lagartijas, serpientes, tortugas. Entre los mamíferos destacan: tlacuaches, ratas de campo, mapaches. Respecto a las peces, la laguna cuenta con diversidad y abundancia de las siguientes especies: carpa, robalo, pargo, mojarra, charra, charal, cuatete, lisa, malacapa, bobo, sardina, pijolín, guevina, tilapia, popoyote y cacana. Moluscos como la almeja y crustáceos como jaiba, camarón de castilla y camarón chacal (Castillo, 2010). Hay también zooplancton, organismos invertebrados, importantes que actúan como bioindicadores de la contaminación del agua. Es frecuente la llegada para el desove de las tortugas marinas golfina (*Lepidochelys olivacea*), carey (*Eretmochelys imbricata*) y laúd (*Dermochelys coriacea*) sobre las playas en el Océano Pacífico (Araujo, 2003).

3.2.6. Hidrología

El municipio de Coyuca de Benítez, se encuentra en las cuencas del Río Balsas (0.08% de la Superficie Municipal) y Río Papagayo (9.58% de la Superficie Municipal); en las subcuencas del Río Huantla, Río la Sabana, Bahía de Acapulco, Río Coyuca, Río Cacalutla y Río San Miguel. Los recursos hidrológicos que componen este municipio son el Río Coyuca que emana de las montañas por los afluentes: La Pintada, Las Compuertas, Las Hamacas y Huapanguillo. También existen cuerpos de agua como las lagunas de Coyuca y Mitla, destacando esta última por su tamaño (10 km de largo por 5 km de ancho máximo) y un pequeño litoral. (Ayuntamiento de Coyuca de Benítez Guerrero, 2008; Gobierno del Estado de Guerrero, 2005; INEGI, 2005; Castillo, 2010).

El área de estudio se encuentra en la Región Hidrológica No. 19: Costa Grande. Situada al suroeste del estado, comprende el 20% del territorio; sus límites son: la Región del Balsas al norte y occidente y la Región Hidrológica No. 20 Costa Chica al oriente, se encuentra en su totalidad dentro del Estado (Ayuntamiento de Coyuca de Benítez Guerrero, 2008; Castillo, 2010). Esta Región Hidrológica está formada por la cuenca del Río Atoyac (compuesta por el Río de Tecpan y la Laguna de Mitla); Cuenca del Río de la Sabana (compuesta por el Río Coyuca y la Laguna de Coyuca) y la cuenca del Río Papagayo (Figura 8).

El canal meándrico lagunar recibe aportaciones temporales de aguas oceánicas a través de la Boca-Barra de Coyuca y de las aguas continental por el Río Coyuca que le proporcionan cantidades importantes de materia orgánica, sales disueltas y sedimentos (Aguirre, 2001; SEDER, 2007).

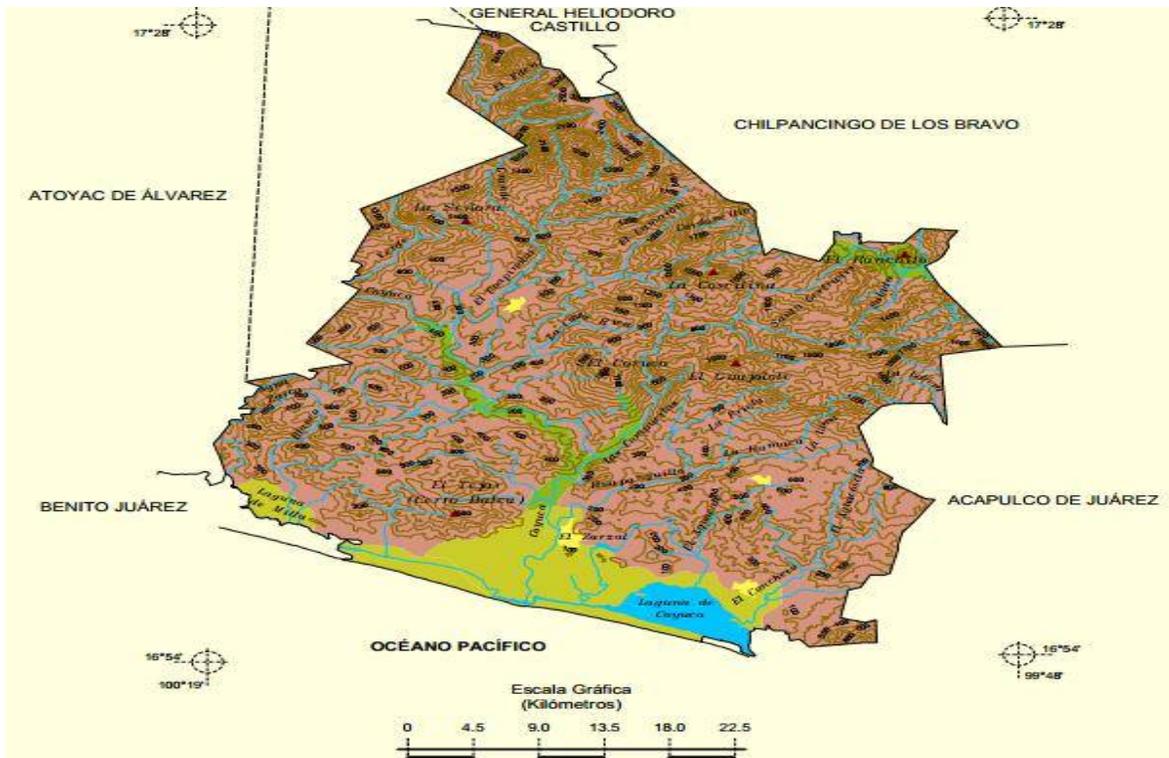


Figura 9. Orografía del Municipio de Coyuca de Benítez, Gro.

La zona de estudio se encuentra en la confluencia de las placas tectónicas de Cocos Rivera y Pacífico, así como la cabalgadura continental activa de la trinchera Mesoamericana, que va paralela a la línea de costa a 200 km frente a ella. La frecuente movilidad de la placa de Cocos hacia la parte continental, provoca en la región en estudio la elevada frecuencia de sismo.

3.2.8. Servicios públicos

Todas las comunidades que se localizan en las márgenes de la Laguna de Coyuca cuentan con servicio eléctrico doméstico y en mayor o menor proporción del alumbrado público, así como de servicio telefónico a través de casetas públicas. Respecto al correo sólo cuentan con el servicio Coyuca de Benítez, Pie de la Cuesta, San Isidro, El Pedregoso, Bajos del Ejido, El Embarcadero y Las Lomas, por lo cual cuando los pobladores de las comunidades restantes necesitan de este servicio deben desplazarse a dichas localidades, hay servicio telefónico e internet dispone en Coyuca de Benítez y Pie de la Cuesta, entre otras localidades.

La infraestructura escolar en la zona de estudio consiste de 12 jardín de niños, 13 primarias y 7 secundarias entre generales y técnicas, además de un CETIS y una preparatoria, que en conjunto alberga a una población escolar de 10,156 alumnos.

Sólo Coyuca de Benítez cuenta con un sistema de agua potable mientras que Pie de la Cuesta se abastece de hidrantes públicos y norias, el resto de las comunidades se abastece de norias y pozos artesanales. El alcantarillado es deficiente en la zona de estudio ya que de las comunidades localizadas en esta solo Coyuca cuenta con el servicio de 70% de su población mientras que el resto de las comunidades cuentan con fosas sépticas y un gran porcentaje realiza el fecalismo al aire libre.

3.2.9. Población

Existen poblaciones que se localizan en los márgenes de la Laguna de Coyuca de Benítez (Tabla 5) y no cuentan con los servicios de agua potable y drenaje. Se utiliza el agua de pozos directamente sin ningún tratamiento para el uso doméstico, el problema se agrava ya que al no contar con servicios de drenaje, los habitantes construyen letrinas y fosas sépticas en sus terrenos que son suelos permeables. Es un hecho que se presentan elevadas concentraciones de contaminantes en las cercanías de núcleos de población, atribuibles a descargas directas de agua residual sobretodo en Pie de la Cuesta, La Barra y el río Coyuca por la actividad turística y en menor proporción al resto de los núcleos de población establecidos a orillas de la laguna (Barrera-Escorcia *et al.*, 1998).

Tabla 5. Poblaciones rivereñas de mayor influencia antrópica sobre la laguna sin considerar la zona conurbada de Acapulco.

Población	Total	Hombres	Mujeres
Coyuca de Benítez	13566	6585	6981
Bajos del Ejido	6165	2988	3177
La Barra	907	420	487
El Embarcadero	1370	683	687
El Conchero	1429	689	740
La Estación	119	66	53
Los Mogotes	1284	631	653
Playa Azul	247	112	135
El carrizal	591	276	315
Colonia Luces del Mar	1200	591	609
total	26878	13041	13837

Fuente: INEGI, 2010.

3.2.10. Fuentes de contaminación

Es evidente que la Laguna de Coyuca reviste gran importancia desde el punto de vista turístico dada la cercanía con la Ciudad y Puerto de Acapulco y Pie de la Cuesta, famosa por la vistosidad de los atardeceres con la característica puesta del sol que es presenciada por numerosos visitantes, además de que las zonas aledañas a la laguna están consideradas como de reservas territorial urbana, para absorber el elevado crecimiento poblacional que ha observado Acapulco en los últimos años.

Por lo anterior, es necesario conocer las fuentes de contaminación y el grado del deterioro de la Calidad del agua actual para que los asentamientos humanos futuros sean planeados en su estructura urbana de tal manera que no interfieran en los usos actuales y potenciales de la Laguna de Coyuca.

Las principales fuentes de contaminación de la Laguna de Coyuca:

- 1.- El Río de Coyuca como afluente principal de la laguna en sus aguas transportan las descargas de aguas residuales municipales de una parte de las comunidades rurales de Las Lomas y El Bejuco, así como de la zona de restaurantes de Coyuca de Benítez localizados en la margen izquierda del río que por infiltración a través de fosas sépticas descargan sus aguas residuales y de manera directa vierten aguas jabonosas generadas en el lavado de utensilios de cocina.
- 2.- La zona de restaurantes de Barra de Coyuca al no disponer de un sistema de alcantarillado, cuentan con fosas sépticas que por infiltración de las aguas vertidas en ellas, llegan a la laguna, además de aguas jabonosas generadas con el lavado de trastos de cocina.
- 3.- Los lavaderos públicos localizados frente a Pie de la Cuesta que generan aguas jabonosas, las cuales son vertidas a la laguna.
- 4.- La zona de restaurantes de Pie de la Cuesta en los márgenes de la laguna que vierten sus aguas residuales en fosas sépticas, que por infiltración llegan a la misma, así como del vertido directo de aguas jabonosas generados con el lavado de utensilios de cocina.
- 5.- El servicio y mantenimiento a las lanchas de servicio turístico, las cuales vierten a la laguna grasas y aceites principalmente.

IV. JUSTIFICACIÓN

La contaminación de las aguas superficiales en México es un problema que ha sido objeto de estudio en los últimos años (Graniel y Carrillo, 2006; Jáuregui-Medina *et al.*, 2007; Rivera-Vázquez *et al.*, 2007). Y las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua (Chapman, 1996; Castañé *et al.*, 1998).

Las principales fuentes de contaminación de estos sistemas son las descargas de tipo municipal e industrial, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias. Para facilitar la integración e interpretación de los datos de calidad del agua, diferentes países han desarrollado diversos métodos en función de sus necesidades y facilidad de manejo. Dichos métodos agrupan de uno a varios parámetros, en su mayoría fisicoquímicos y en algunos casos bioindicadores que permiten reducir la información a una expresión sencilla y fácil de interpretar (Samboni *et al.*, 2007).

A diferencia de los rutinarios y costosos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (Huryn y Wallace, 2000; Baptista *et al.*, 2001; Galdean *et al.*, 2001; Rogers *et al.*, 2002).

En Guerrero la participación de los tres órdenes de gobierno y la sociedad para preservar estos ambientes, es determinante con el fin de contrarrestar dichas alteraciones. Ante la falta de estudios de monitoreo frecuente a los cuerpos de agua en el Estado de Guerrero, como en este caso la laguna de Coyuca de Benítez, Gro, se considera que el presente estudio, contribuye a determinar la comunidad de insectos acuáticos en la laguna y evaluar su posible utilización como bioindicadora de impacto ambiental. Esto permitirá saber el grado de contaminación del agua en la laguna, ejercida por la población y la actividad turística. La utilización de insectos bioindicadores es una alternativa barata y confiable en la determinación de la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro.

V. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

5.1. General

Determinar la presencia de insectos acuáticos en el área circundante de la laguna de Coyuca de Benítez y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos e índices biológicos para conocer la calidad del agua.

5.2. Particulares

5.2.1.- Evaluar las condiciones fisicoquímicas de las estaciones de muestreo.

5.2.2.- Identificar los taxones presentes y determinar la diversidad y abundancia de los insectos acuáticos en la laguna de Coyuca de Benítez.

5.2.3.- Calcular los índices: Índice Biótico de Familias (IBF), BMWP (sistema de trabajo puntual de monitoreo biológico) y EPT. (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera).

5.3. Hipótesis

Las variables biológicas (diversidad y abundancia) están en función de los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos totales y conductividad).

La utilización de algunos índices biológicos, pueden proporcionar información útil para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales

a) Materiales de campo

Libreta de campo
Multiparametro Hach
Lancha
Frascos para muestras
Alcohol al 70 %
Brújula
Cámara fotográfica
Mochila
Redes entomológicas
Frascos para agua
Hielera
Envases plásticos
GPS

b) Material de oficina

Cartas topográficas
Imágenes satelitales
Fotografías aéreas
Computadora
Impresora
Software: Arc. Gis, SPSS, Word, Excel, PowerPoint.

c) Material de laboratorio

Estereoscopio
Lámpara de luz
Microscopio
Refrigerador
Cajas Petri
Pinzas
Aguja de disección
Lupas
Claves de identificación
Lamina de identificación

6.2. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio comparativo en diez sitios de la laguna y para determinar la calidad del agua se emplearon dos métodos complementarios (análisis fisicoquímicos e índices biológicos). Adicionalmente se realizó un análisis estadístico para conocer el grado de asociación entre las variables biológicas y los parámetros fisicoquímicos.

6.2.1. Análisis fisicoquímico

Para la caracterización fisicoquímica del agua de la laguna, se determinó: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y salinidad, comparando los datos con dos estándares de calidad aceptados por las normas oficiales para los usos de consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas: NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994) y Criterios Ecológicos CE-CCA-01/89 Para protección de vida acuática del agua dulce y marina.

Para la toma de muestras se eligieron los sitios de colecta considerando la accesibilidad y la cercanía con las localidades y que son generalmente sitios donde se practican actividades de pesca y recreación. Se realizaron 13 muestreos de abril 2011 a abril 2012 en las 10 estaciones de colecta. Los muestreos se realizaron en un lapso de 8:00-12:00 hrs.

Para que la muestra fuera representativa se utilizó el muestreo simple: muestra puntual en espacio y tiempo. Es aplicable en ríos y canalizaciones abiertas, sumergiendo los recipientes alejados de la orilla, de la superficie y del fondo. Si hay vertidos o corrientes la toma de muestra deberá ser aguas abajo para garantizar la mezcla (Bautista *et al.*, 2004; Ramos *et al.*, 2004; Clesceri *et al.*, 1992).

Para la toma de muestras de agua, se consideró el tipo de envase según el parámetro a analizar, ya que hay muestras que requieren vidrio y otras plástico, debido a que si no se emplea el material adecuado, pueden alterarse las características de la muestra (Andrew, 2008; Clesceri *et al.*, 1992).

Se utilizaron botes de plástico con capacidad de un litro, mismos que fueron etiquetados anotándose el lugar de colecta, número de identificación del recipiente, fecha y hora del muestreo, técnica de muestreo utilizada (simple), condiciones ambientales de la toma de muestra, parámetros determinados “in situ” (cuando estaba disponible el multiparámetro), nombre de la persona que tomo la muestra, y lugar de muestreo.

Posterior a la colecta, las botellas eran colocadas en hieleras para mantenerlas a una temperatura de 10°C con el fin que no perdieran sus propiedades hasta su traslado al laboratorio para su análisis. Los análisis del agua fueron realizados en el laboratorio de Aguas de la UCDR. Utilizando un medidor multiparamétrico marca Hash Sensión 156 No. HA 54650-015 con tres electrodos y calibrado mensualmente en cada toma de datos.

Los parámetros fisicoquímicos a monitorear fueron determinados de acuerdo a (MMA, 1997) y (SEMARNAP-INE, 2000^a). Se realizó el análisis de: la temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales y salinidad, ya que estos parámetros son utilizados para el análisis en las zonas costeras del país para definir la calidad del agua (CONAGUA, 2006; Guerrero, 2006). Para los fines de este trabajo se consideraron los valores de referencia (límites permisibles de calidad) citados en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994) y Criterios Ecológicos CE-CCA-01/89 Para protección de vida acuática del agua dulce y marina.

6.2.2. Análisis estadístico

Para la obtención de grupos de sitios a partir de los promedios de valores de factores fisicoquímicos así como de la diversidad y abundancia, se aplicaron las técnicas de Análisis de Varianza de una Sola Vía (ANOVA), donde previamente se obtuvo la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene's. Cuando las varianzas resultaron ser no homogéneas, se realizaron transformaciones utilizando logaritmos vulgares (*log*) y neperianos (*Ln*) para lograr la estabilización de las varianzas y definición de los grupos. La comparación múltiple de medias se llevó a cabo con los estadísticos de Scheffé y Tukey.

Para conocer el grado de asociación entre las variables biológicas (diversidad y abundancia) con las variables fisicoquímicas del agua (pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad), se aplicó la correlación paramétrica bivariada de Pearson.

Para observar la relación multivariada de los factores fisicoquímicos con los factores biológicos se aplicó un análisis multivariado de datos, a partir de la técnica de reducción de dimensiones conocida como Análisis de Componentes Principales (ACP); dicha técnica trabajó con la matriz de correlaciones bivariadas generadas por *n* variables numéricas con la finalidad de obtener *n* componentes o factores ortogonales que permitan una mejor interpretación de la relación entre las variables.

6.2.3. Análisis de algunos métodos biológicos

Los ecosistemas acuáticos mantienen gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres (Bartram y Ballance, 1996) pero los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los ecosistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva. Por lo que el uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que la calidad del agua (Vázquez *et al.*, 2006)

El estudio está centrado en los índices biológicos de la calidad del agua como: el Índice Biótico por Familias (IBF), el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWPA) y el Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, (EPT).

Se realizaron recorridos mensuales a las 10 estaciones de muestreo para la colecta de insectos. Las muestras se recogieron mediante una red surber estándar, con 50cm X 50cm de área de superficie de muestreo y 250 µm de abertura de malla. Se realizaron cinco redadas por punto de muestreo (Sheridan *et al.*, 2009).

Posteriormente los insectos se depositaron en frascos debidamente etiquetados y que contenían alcohol al 70%, realizando el mismo procedimiento para cada estación y la posterior cuantificación e identificación se realizó en el laboratorio de control biológico de la UCDR, utilizando un microscopio estereoscópico y claves taxonómicas, posteriormente se calcularon de los índices respectivos,

6.2.3.1. Diversidad y abundancia

Con el objeto de determinar la diversidad o riqueza de los taxa, se realizó una tipificación a nivel de grupo faunístico y posteriormente a nivel de familia mediante claves, como la de (Mc Cafferty, 1983; Jara y Mercado, 2000 y Domínguez, 2001).

De cada uno de los grupos, se obtuvo la abundancia (No. De individuos colectados) y se calculó el porcentaje de aporte de cada uno con respecto al total de los grupos de la comunidad.

6.2.3.2. Índice biótico de familias (IBF)

Con el objeto de determinar la calidad del agua en la laguna, se utilizó el Índice Biótico de Familias (IBF) de (Hilsenhoff, 1988), el cual evalúa a un bajo nivel taxonómico (Familia) la sensibilidad de estos grupos frente a la contaminación orgánica. Utilizando la siguiente fórmula:

$$IBF = \frac{\sum(n_i a_i)}{N}$$

Donde:

n_i =Número de individuos del taxón "i"

a_i =Valor de tolerancia del taxón "i"

N=Número total de individuos.

Este índice considera la abundancia y diversidad de las familias, por lo que se necesita de una aproximación cuantitativa y los resultados obtenidos permiten clasificar las estaciones o puntos de muestreos en clases de calidad de agua. Los valores de calidad de agua se fundamentan según el grado de sensibilidad basado en la categoría de Familia de acuerdo al grado de contaminación orgánica (Hauer y Lamberti, 1996). Estos valores van del 0 al 10. El 0 indica su mayor sensibilidad y así disminuye gradualmente hasta llegar al número 10, los que indican la mayor tolerancia a la contaminación (Tabla 6).

Tabla 6. Rangos IBF y su respectiva evaluación de calidad del agua, basado en valores del IBF de (Hilsenhoff, 1988) en (Hauer y Lamberti, 1966), adaptada por (Figueroa *et al.*, 2003).

Rango del Índice Biótico de Familia (IBF)	Calidad del agua
0-3.75	Excelente
3.76-4.25	Muy Buena
4.26-5.00	Buena
5.01-5.75	Aceptable
5.76-6.50	Regularmente Mala
6.51-7.25	Mala
7.26-10.0	Muy Mala

6.2.3.3. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Score System)

El índice BMWP (sistema de trabajo puntual de monitoreo biológico) es un método cualitativo (presencia / ausencia) simple y rápido, propuesto por (Armitage *et al.*, 1983) que requiere nivel taxonómico de Familia. A cada una de las Familias de individuos registrados se les otorga un puntaje que va de 1 a 10 (Tabla 7) basado

en la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Hauer y Lamberti, 1996). La suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total BMWP. Mientras más alto sea el puntaje, menor es el grado de contaminación ambiental. Empleandose la siguiente fórmula.

$$BMWP = \sum (A_i)$$

Donde:

A_i: Valor de tolerancia del taxón "i".

Tabla 7. Valores del índice BMWP y su respectiva evaluación de calidad de agua.

Valor BMWP	Calidad de Agua
Mayor de 150 y de 101-120	Buena
61-100	Aceptable
36-60	Dudosa
16-35	Critica
Menor de 15	Muy Critica

6.2.3.4. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera)

El análisis de EPT se lleva a cabo mediante la utilización de estos tres órdenes de insectos que son indicadores biológicos de la calidad de agua, debido a su sensibilidad ante la contaminación. El cálculo se determina como el porcentaje de abundancia de EPT que es el cociente entre el Total de Individuos EPT de la muestra y el Total de Individuos de la muestra (Carrera y Fierro, 2001).

Porcentaje de Abundancia EPT= No. Total Individuos EPT / No. Total de Individuos

Posteriormente el valor obtenido se lleva a una tabla de calificaciones de calidad del agua que va de Muy buena a Mala calidad (Carrera y Fierro, 2001) (Tabla 8).

TABLA 8. Porcentaje EPT y su respectiva evaluación de calidad de agua según (Carreray Fierro, 2001).

ÍNDICE EPT (%)	CALIDAD DEL AGUA
75-100%	Muy buena
50-74%	Buena
25-49%	Regular
0-24%	Mala

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Condiciones fisicoquímicas de las estaciones

Se efectuó el análisis de los componentes fisicoquímicos obteniendo los valores que describieron la calidad ambiental de las 10 estaciones de muestreo de la laguna de Coyuca a partir de sus condiciones naturales (Tabla 9) representados mediante concentrados mensuales y gráficamente. Más adelante se hace una explicación detallada de cada uno de estos valores así como el comparativo con los límites permisibles según, (SSA, 1994) o la NOM-127-SSA1-1994, Criterios Ecológicos CE-CCA-01/89 Para protección de vida acuática del agua dulce y marina y Límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Tabla 9. Comparativo promedio anual de parámetros fisicoquímicos en la laguna de Coyuca de abril 2011 a abril 2012, con límites permisibles.

Parámetro fisicoquímico	Promedio anual laguna.	Comparativo: límites permisibles
Temperatura	30.42 (°C)	40 °C NOM
pH	7.35	6.5-8.5 NOM
Oxígeno disuelto	2.88 (mg/l)	4-5 (mg/l) CE
Conductividad eléctrica	1524.88 μ S/cm	No aplica
Sólidos totales disueltos	1111.90 (mg/l)	1000 (mg/l) NOM
Salinidad	1.06 % o ppm	No aplica

7.1.1. Temperaturas (°C)

Durante el período de muestreo, la temperatura mínima registrada fue de 27.39 °C en el mes de diciembre 2011 y la máxima en noviembre 2011, de 32.53 °C. Además la estación que presentó la temperatura mínima anual fue el Carrizal con 29.99 °C y la estación con la máxima temperatura anual fue Paraíso de los Manglares con 30.78 °C. El valor medio anual de las 10 estaciones fue de 30.42. Ligeramente similar a lo reportado por Rendon *et al.*, (2011) de 29.8 °C en la Laguna de Chautengo, Gro. Valores menores al límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996 que es de 40°C. Por lo que de manera general se considera que la temperatura presenta variaciones en función de las condiciones climatológicas, condicionando la solubilidad de sales y gases, la medida de pH, conductividad y el desarrollo de ciertas algas, durante el período de muestreo, ésta presentó considerables variaciones de 1 a 5 °C, durante los muestreos realizados en intervalos de 08:00 a 12:00 hrs (Figura 10).

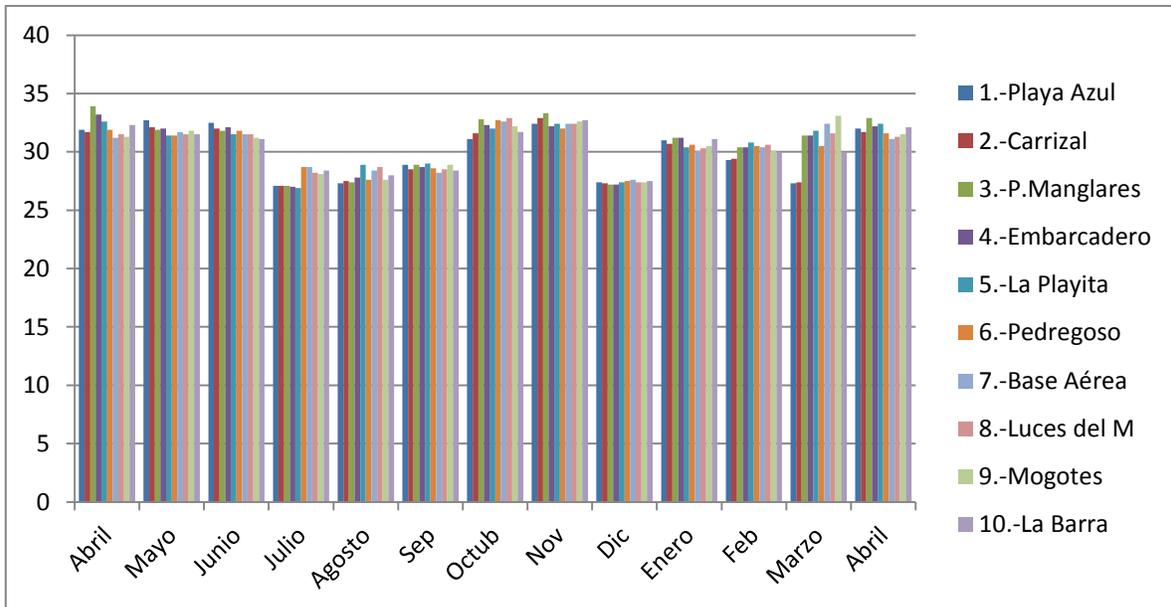


Figura 10. Concentrado de temperaturas mensuales (°C), en el agua de la Laguna de Coyuca en el periodo de abril 2011 a abril 2012.

Lo anterior fue contrario a lo reportado en el estudio de Ramírez, (1988) y Coll *et al.*, (2004) quienes encontraron un valor medio anual de 29 °C, y al de Álvarez-León, (2003) reportando para el sistema lagunar en el caribe Colombiano valores de 28.5 a 29.3. Pero similar a los estudios realizados por López, (1986) y Román-Contreras, (1991) quienes registraron una temperatura media anual de 32 y 33 °C para la laguna de Coyuca, apreciando notablemente diferencias de temperatura que van de 4 a 5 °C, y que esas diferencias se presentaron debido a que en esos años existieron inestabilidades climatológicas por el efecto de El Niño.

7.1.2. pH

Durante el período muestreado el pH del agua presentó en el mes de abril de 2012 una tendencia ligeramente ácida con un valor de 6.65 y ligeramente alcalino en el mes de diciembre de 2011 con un valor de 8.15. Por otro lado la estación el Carrizal presento el pH promedio anual mínimo ligeramente ácido de 6.41 y la estación el Pedregoso presento el pH promedio anual máximo ligeramente alcalino de 7.86. El promedio anual fue de 7.35 con ligera tendencia a la alcalinidad. Similar a lo reportado por Rendón *et al.*, (2011) en la Laguna de Chautengo, Gro y este valor se encuentra dentro del Límite permisible de 6.5-8.5 según la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994^b).

El pH presentó promedios más bajos en los meses de marzo, abril y septiembre, con tendencias ligeramente ácidas, determinadas en función de la temperatura (al aumentar ésta, el pH disminuye y tiende a la acidez); ésta variación no es precisa ya que de acuerdo a los valores de temperatura se presentó un ligero descenso en el mes de septiembre no correspondiendo a la tendencia del pH, sin embargo, la salinidad lo afectó ya que en diciembre se mantuvo bajo provocando un incremento del pH, contrario a los valores de abril a octubre que descendió probablemente en función de la degradación de materia orgánica, sin embargo los valores tienen una ligera tendencia a la alcalinidad (Figura 11).

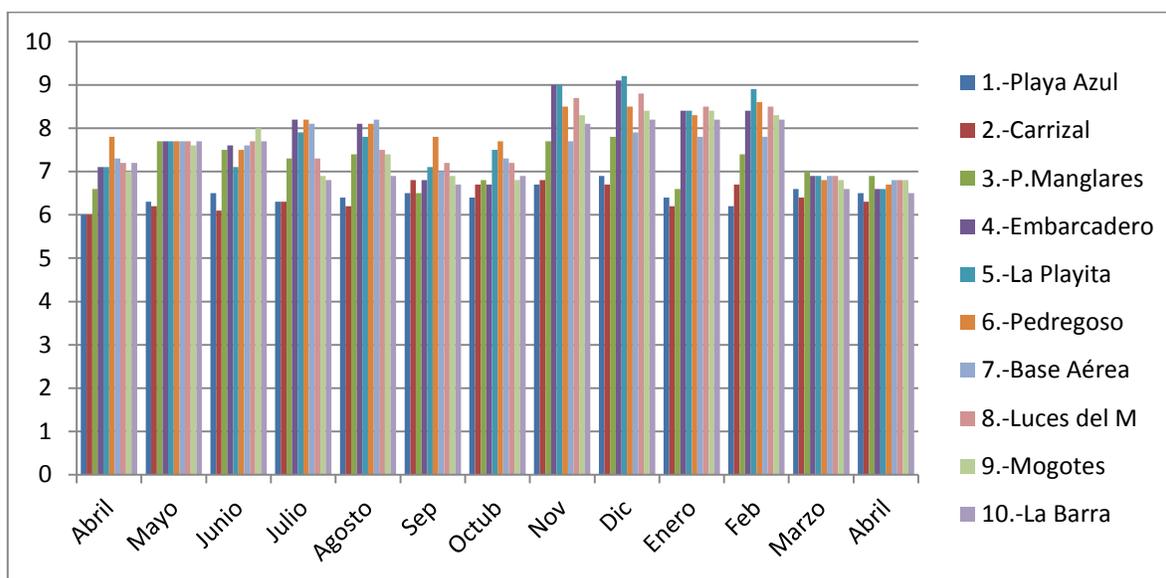


Figura 11. Concentrado mensual de pH del agua en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Lo anterior es similar a los reportes de López, (1986) y Ramírez, (1988) con valores de 6 a 8 y un valor promedio de 7.9. Por su parte Huaylinos *et al.*, (2003) reportó que el pH del ecosistema de manglar San Pedro en Perú, se mantuvo en un nivel ligeramente básico a lo largo del año con un promedio de 7.6. Al mismo tiempo el estudio de Álvarez-León., (2003) reportó que para el sistema lagunar de manglar en el Caribe Colombiano un pH con variaciones de 6.5 a 8 unidades y en el estudio de Ferrara-Guerrero *et al.*, (2007) reportaron una saturación del valor de pH debido a la subsaturación de sedimentos en la zona del canal que comunica con la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero.

7.1.3. Oxígeno disuelto

Durante el período muestreado la concentración de oxígeno disuelto presentó en los meses de abril, mayo, junio y agosto de 2011 valores altos de oxígeno disuelto: 3.71, 3.87, 4.03 y 4.07 (mg/l) respectivamente. Y valores bajos durante los meses julio, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo con 2.69, 2.70, 1.74, 1.80, 1.82, 2.94, 2.68, 1.88 (mg/l) respectivamente.

Además la estación que reporto el promedio anual más bajo fue Carrizal con 2.07 (mg/l) y el promedio anual más alto fue en el Paraíso de los Manglares con 3.54 (mg/l). De manera general un valor promedio anual de 2.88 (mg/l). Este promedio anual está por debajo de los Criterios Ecológicos CE-CCA-01/89 Para protección de vida acuática de agua dulce y marina 5 mg/l y como fuente de abastecimiento de agua potable 4 mg/l. Por tal motivo estos valores ponen en peligro la vida acuática del lugar. Contrario a lo reportado por Rendón *et al.*, (2011) de 4.71 mg/L, en la Laguna de Chautengo, Guerrero.

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto se deben principalmente a presencia de materia orgánica en descomposición derivado de la apertura de la barra; la aportación de fosfatos que contienen los detergentes; a la temperatura y a la salinidad que influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando cualquiera de estos parámetros aumentan, sin embargo los valores se mantuvieron equilibrados durante el año que duró el muestreo a excepción de los meses de octubre, noviembre y diciembre que descendió el oxígeno disuelto en función del valor de salinidad. El valor de la temperatura fue bajo en diciembre y estuvo en función con el oxígeno disuelto que bajo ligeramente (Figura 12).

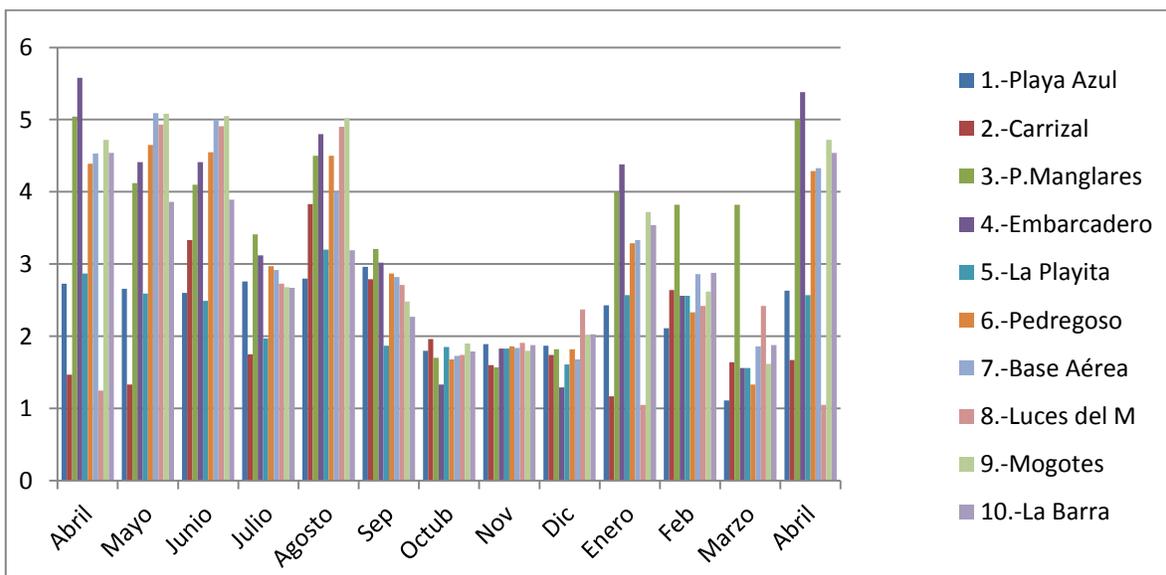


Figura 12. Concentrado mensual de Oxígeno disuelto (mg/l) en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Los valores reportados se relacionan con lo citado por Torres, (1980) quien señaló que el agua residual que se vierte en el Rio de Coyuca de Benítez y que desemboca en la barra de la laguna de Coyuca, ha ocasionado desbalances ecológicos que repercuten en problemas de tipo alimenticio, económico y de navegación. Algunos de los residuos directos o indirectos que afectan a la laguna de Coyuca son las letrinas y los detergentes que por la aportación de fosfatos, favorecen el crecimiento exponencial de algas y plantas acuáticas como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), estos obstaculizan los canales de navegación (Figura 13. a, b, c y d) y dificultan la pesca de especies comerciales. Lo anterior aumenta la diversidad y abundancia de microorganismos. Por otro lado al abrirse la barra, mueren organismos animales y vegetales sobre el canal meándrico dando un aspecto verdoso y maloliente por la descomposición bacteriana, consumiéndose parte del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, situando en peligro los eslabones de la pirámide de la vida acuática.

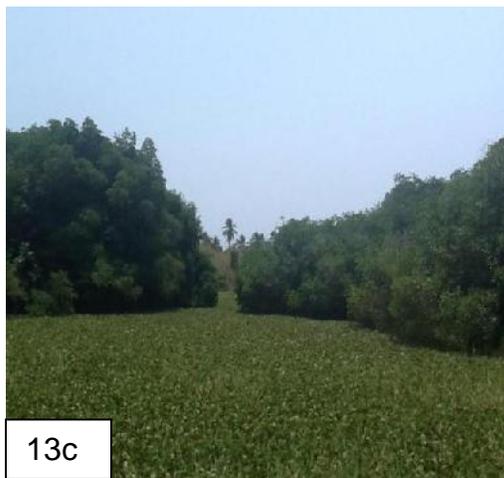


Figura 13. a, b, c y d. Presencia de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en la zona de estudio, considerado como plaga a, b y c) Inundación de canales por lirio d) obstaculización de la pesca por el lirio acuático.

Los resultados aquí obtenidos de oxígeno disuelto son opuestos a los reportados por Delgadillo, (1986) y López, (1986) quienes encontraron valores promedio anuales de 7.9 y 12.9 mg/l respectivamente, demostrando que las condiciones ecológicas fueron aceptables no presentando desbalances por la influencia de algún proceso físico, biológico y antropogénico que influya en la calidad del agua. Por otro lado Álvarez-León, (2003) reportó ecosistemas lagunares en el Caribe Colombiano con valores de oxígeno disuelto de 5.3 a 7.7 unidades, mientras que Ferrara-Guerrero *et al.*, (2007) reportaron saturación en las concentraciones de oxígeno disuelto del agua en la zona del canal que comunica la Laguna de Coyouca de Benítez, Guerrero.

7.1.4. Conductividad eléctrica

Durante el período de muestreo la conductividad eléctrica registró en julio y diciembre de 2011 valores mínimo de 1655.5 y 1473.3 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) respectivamente y el máximo de 2400.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en octubre. La estación con la conductividad más baja fue en Playa Azul con 787.53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el valor más alto en el Paraíso de los Manglares con 2459.53 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El promedio anual total de 1524.88 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductividad eléctrica presentó ligera variación en función de la temperatura y la salinidad (a mayor temperatura y salinidad, mayor conductividad), los valores se mantuvieron equilibrados durante el año de muestreo a excepción del mes de julio debido a las condiciones climáticas del período de lluvias lo que provocó variación en función de la fuente de agua proveniente de escorrentías de agua subterránea y de precipitación. Los meses en que la temperatura y salinidad fueron ligeramente altos, también ocurrió con la conductividad (Figura 14).

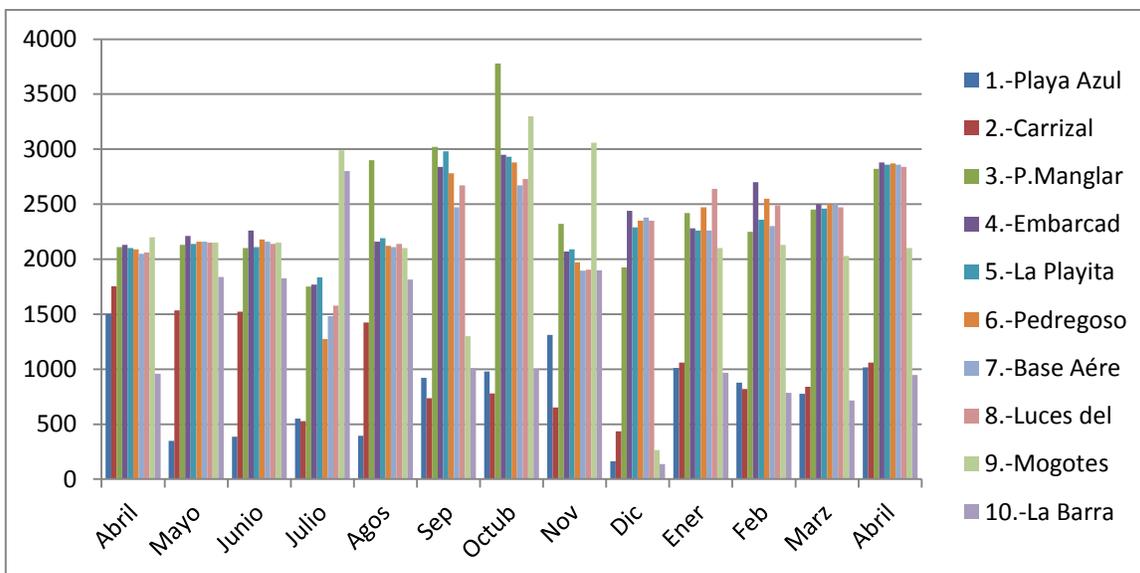


Figura 14. Concentrado mensual de Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

De acuerdo con (SE, 2000), la NMX-AA-093-SCFI-2000 se presentó una estrecha relación entre el parámetro oxígeno disuelto y los parámetros temperatura y salinidad, porque la conductividad eléctrica presento fluctuaciones durante los meses de muestreo y a su vez, el rango de variación de la salinidad tuvo un comportamiento similar. Por lo tanto, la conductividad se incrementó en la época de secas derivado del aporte de sales por filtración de agua subterránea o de fugas residuales municipales y aguas de escorrentía de la agricultura, ya que al estar cerrada la barra no se recibe el aporte del agua oceánica. De acuerdo con Clesceri *et al.*, (1992) este parámetro puede variar en función de la fuente de agua oceánica, subterránea, de escorrentía de la agricultura, aguas residuales municipales y de precipitación.

7.1.5. Sólidos totales disueltos

Los valores más bajos de sólidos totales disueltos se presentaron en julio de 2011 (926.4 mg/l) observándose una tendencia ascendente presentando valores más altos en enero de 2012 (1285.0 mg/l). Además la estación con más bajo promedio fue Playa Azul con 498.46 mg/l) y la de valor más alto la Playita con 1370.46 mg/l. Se registro durante el período de muestreo un valor promedio anual de 1111.90 mg/l.

La laguna es un ecosistema léntico y los sólidos totales se presentaron en función de las estaciones del año es decir existió mayor acumulación de sólidos (Figura

15), cuando disminuyó el flujo de la corriente del río Coyuca (otoño, invierno y primavera). Contrario a la estación en verano donde el valor de los sólidos bajó como resultado del incremento en el flujo de la corriente del río Coyuca. Esto es contrario a lo reportado por CARVC, (2004) al mencionar que los sólidos totales mostraron un comportamiento creciente en invierno y verano. Tal situación puede deberse a la disminución en las velocidades del flujo del río y por el arrastre de material suspendido, sumado a altos contenidos de materia orgánica ocasionados por los vertidos de aguas residuales domésticas.

Con base a la NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994^b) 1000 mg/l es el límite máximo permisible y en la laguna de Coyuca este valor rebasa, los que indica que la presencia de sustancias extrañas no recomendables, aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma. Los valores más altos fueron obtenidos de septiembre a abril debido a que en esos meses no se presentan lluvias y consecuentemente baja el nivel de agua de la laguna y hay una disminución de la corriente fluvial, acumulándose los sólidos en suspensión.

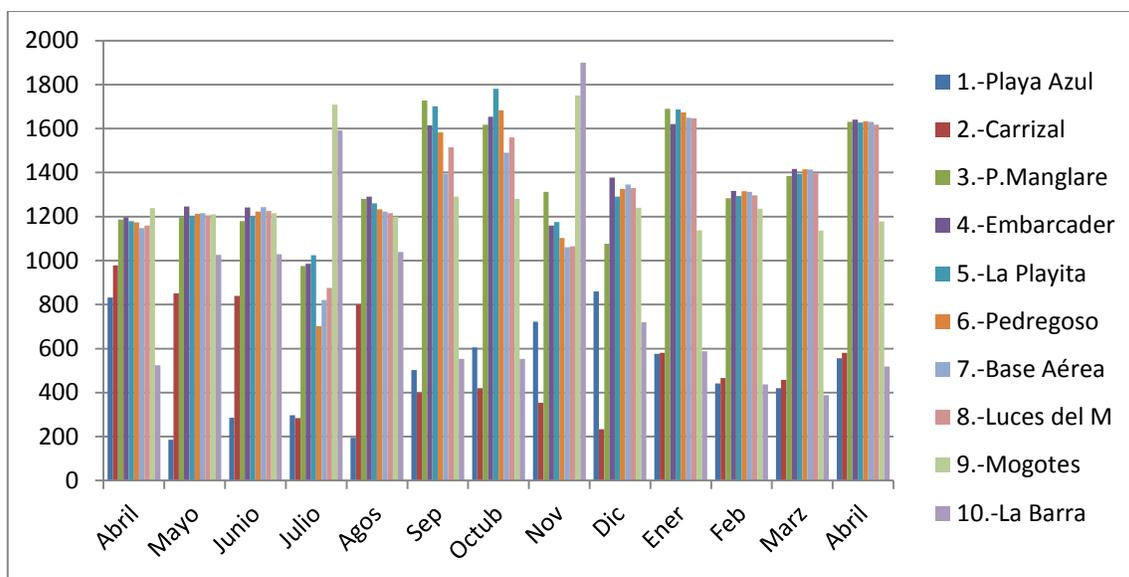


Figura 15. Concentrado mensual de Sólidos Totales Disueltos en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

7.1.6. Salinidad

Durante el mes de diciembre 2011, se presentó una concentración baja de salinidad 0.8 %, el valor más alto en septiembre 1.24 %. Además la estación que reporta el valor más bajo fue Playa Azul con 0.43 % y Luces del Mar el valor más alto con 1.40 %. El promedio anual de 1.06 %.

Los valores de salinidad se mantuvieron equilibrados durante los meses de muestreo favorecidos por los aportes de aguas oceánicas a través de la barra de Coyuca a excepción del mes de diciembre que descendió en función de que la barra se cierra cuando las lluvias se han retirado (Figura 16).

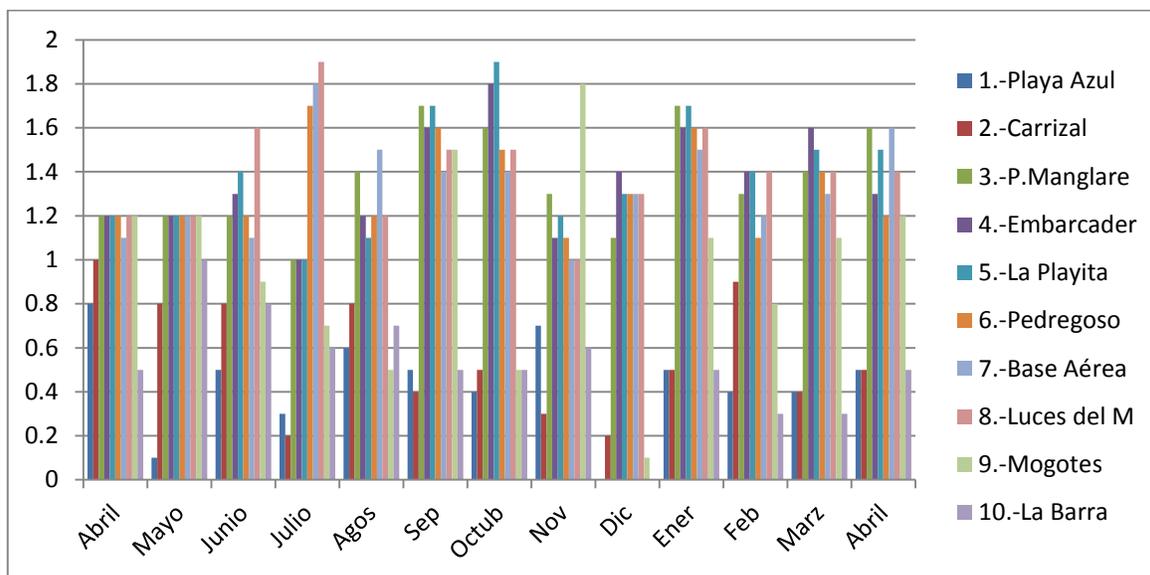


Figura 16. Concentrado mensual de Salinidad en el agua de la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

El valor de salinidad se mantuvo constante durante la mayor parte del tiempo que duro el muestreo, con excepción del mes de diciembre 2011 que presentó una concentración baja corroborando que el contenido de la concentración salina de este cuerpo lagunar se mantiene en el estatus de agua dulce de acuerdo con la UNESCO, (1985).

Contrario a lo reportado por Coll *et al.*, (2004) quienes señalaron que el valor medio de la salinidad fue de 3.5 % por encima de la media estimada. Estos resultados de salinidad confirman la característica de la laguna de Coyuca por ser un sistema oligohalino (López, 1986; Ramírez, 1988; Román-Contreras, 1991), estos autores reportaron valores promedio entre 0.1 y 0.5 % de salinidad describiendo un sistema ecológico oligohalino, aunque de acuerdo con Huaylinos *et al.*, (2003) el rango de salinidad puede presentar variaciones dependiendo de la etapa de estiaje y dependiendo de las zonas de manglar.

Durante los meses de muestreo la dirección fluvial del agua lagunar no siempre se mantuvo en la misma dirección, ya que en otoño-invierno la dirección de la corriente fue de oriente a poniente rumbo a la laguna de Mitla y durante primavera-

verano de poniente a oriente rumbo a la desembocadura de la laguna de Coyuca, lugar donde se mezcla con el agua del mar en su totalidad en la época de lluvias, separándose en la época de estiaje.

De manera general los datos de salinidad en el período estudiado no mostraron variaciones debido a los cambios de corriente fluvial. El cambio de dirección hidrológica o fluvial de los ramales del canal meándrico está influenciado por causas antropogénicas como el aislamiento del contacto de agua de mar (SEDER, 2007), que le confiere una condición dulceacuícola y cuando cambian las condiciones fisicoquímicas y biológicas del cuerpo de agua; además de la influencia de las modificaciones al paisaje natural y la actividad pesquera. Esto es similar a lo mencionado por Rocabado y Wasson, (1999) al considerar que las distribuciones de macroinvertebrados son modificadas por factores locales propios de cada sistema fluvial, como la fisicoquímica del agua, el uso de tierra (Monaghan *et al.*, 2000) o la heterogeneidad fluvial y la vegetación de ribera (Miserendino, 2001).

7.2. DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y TAXONES PRESENTES

7.2.1. Diversidad de insectos

La diversidad biológica es el número total de especies de animales, plantas y microorganismos encontrados en un área determinada, los insectos con su presencia o ausencia pueden mostrar el estado de la biota referente a parámetros como biodiversidad y biogeografía o grado de intervención humana. Durante el período muestreado la mayor cantidad de diversidad promedio anual se presentó en el mes de febrero con un promedio de 3.2 organismos y la diversidad más bajo se obtuvo en noviembre con 1.2 organismos. Además la estación de muestreo con la mayor diversidad fue Playa Azul y la menor fue Base Aérea. Se encontró un promedio general anual de 2.07 organismos.

La diversidad de insectos presento un ligero incremento en relación con la estación de primavera (abril y mayo) por la disponibilidad de agua y alimento, por el contrario, en los meses de septiembre, octubre y los meses más fríos (noviembre y diciembre) la diversidad bajo ligeramente (Figura 17).

La diversidad en la laguna de Coyuca muestra que los valores más altos se encuentran en la desembocadura del río Coyuca, canal meándrico y áreas con mayor cobertura vegetal, menor luz y menor impacto antrópico, similar a lo mencionado por Vannote *et al.*, (1980) y Bernal *et al.*, (2006) en estudios realizados en ríos colombianos.

Se reconoce una clara influencia del gradiente altitudinal en la distribución de la comunidad de macroinvertebrados Jacobsen, (2008) señala que tanto la temperatura como la presión parcial de oxígeno son los factores clave en la variabilidad de estos ecosistemas fluviales. Además de acuerdo con Pérez y Victoria, (1977) la diversidad en un ambiente estuarino depende de las condiciones de salinidad; es reducida en zonas de baja salinidad y tiende a aumentar con el incremento de esta variable.

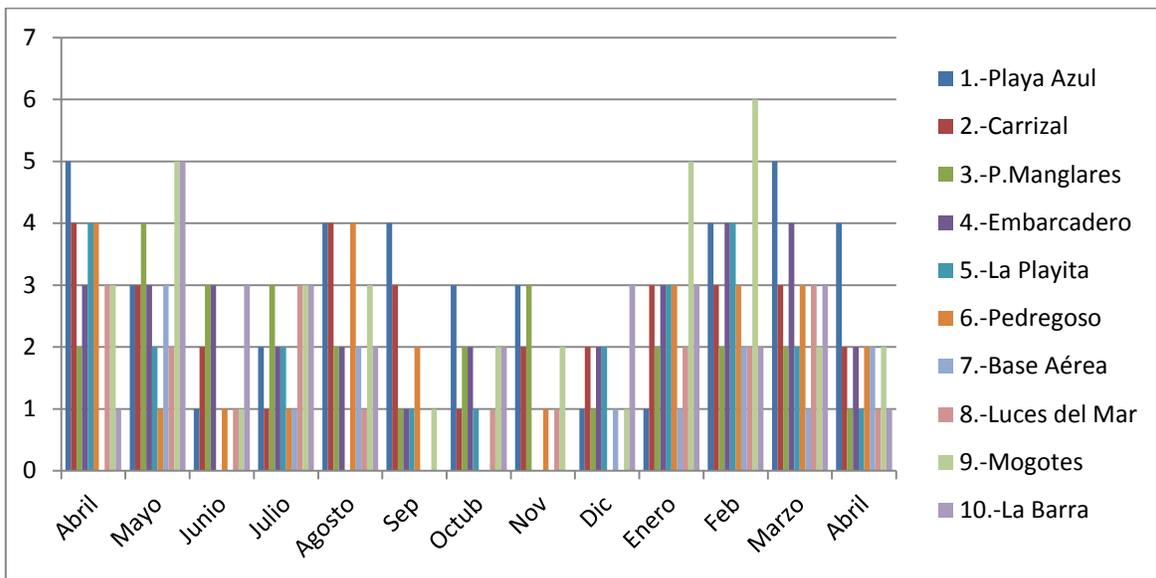


Figura 17. Concentrado mensual de Diversidad de insectos en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Esta tendencia se confirma con el estudio realizado por González *et al.*, (2009) quienes encontraron presencia y dominancia de insectos en el contenido estomacal de peces y la época de mayor diversidad, la presencia de insectos consumidos fue en otoño seguido del verano. Lo anterior coincide con los reportes de Aguilar *et al.*, (2009) quienes estudiaron la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos que habitan los ambientes de los ríos Pita y Mataquí, en la serranía ecuatoriana encontrando que esta se ve afectada por la contaminación antrópica, factores climáticos, geográficos y simbióticos. Por otro lado López *et al.*, (2011) en su estudio efectos de una presa sobre comunidades bentónicas encontraron valores altos de diversidad de taxones asociados a zonas de sustratos más heterogéneos, los cuales aparecieron principalmente aguas abajo de una presa; por lo tanto esta construcción hidráulica

produce efectos adversos a las comunidades de macroinvertebrados y al paisaje natural. Contrario a lo encontrado en el análisis estadístico donde a una disminución de los parámetros fisicoquímicos se observó un incremento de la diversidad biológica.

7.2.2. Abundancia de insectos

La abundancia es descrita a través de la densidad absoluta, que es el número de organismos o su biomasa por unidad de área o volumen, durante el período muestreado fue la siguiente: en el mes de abril de 2012 se presentó la mayor abundancia o densidad promedio con 21.5 insectos, y en noviembre la menor con 3.2 organismos. Además la estación con mayor abundancia o densidad fue Paraíso de los Manglares con 19.7 insectos y la menor fue Playa Azul con 5.7 organismos, con un promedio anual total de 10.32 organismos. El área que presentó la mayor abundancia de organismos fue en la parte sur de la laguna y puede deberse a la diversidad de hábitats que presenta esta zona, concordando con Rice *et al.*, (2001) quienes plantean que en las regiones de confluencia de los ríos la acumulación de sedimentos y material vegetal permite la formación de canales y pozos aumentando la diversidad de hábitats y de especies en estos sectores. La abundancia o densidad de insectos se mantuvo en relación con la estación de primavera (abril y mayo) por la disponibilidad de agua y alimento, por el contrario, en el verano otoño y parte del invierno (meses de junio a diciembre), donde la abundancia bajo ligeramente (Figura 18).

Por su parte Moya *et al.*, (2009) encontraron que existen otras variables ambientales como la profundidad, sólidos disueltos y pH que tienen mayor efecto que la intermitencia en la riqueza y densidad. Similar a lo encontrado en el presente análisis estadístico donde a un aumento de los factores fisicoquímicos se observó un aumento en la abundancia de las especies registradas.

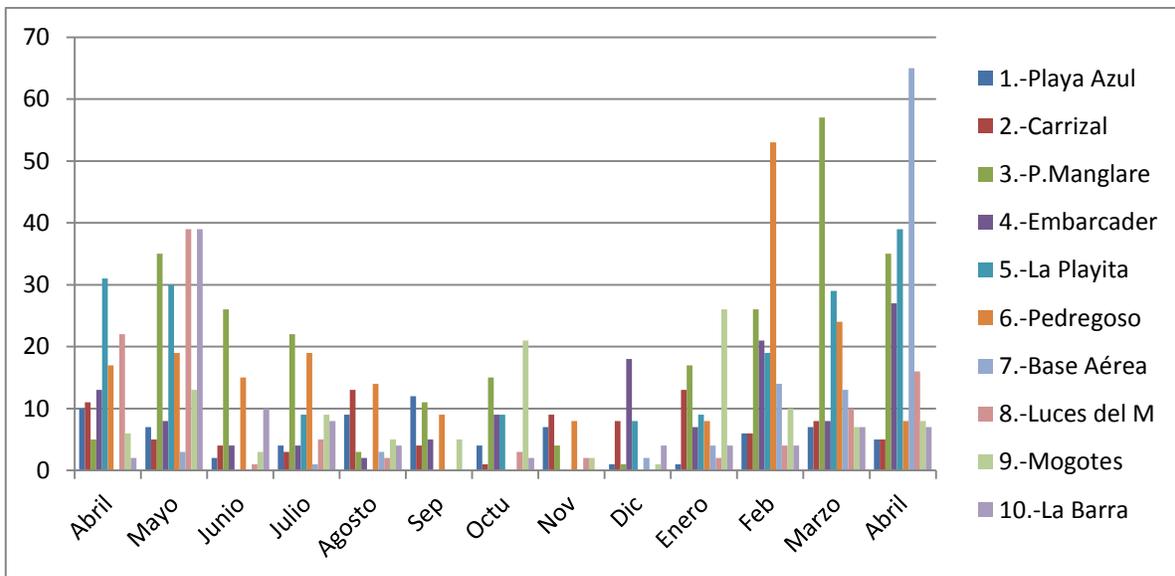


Figura 18. Concentrado mensual de Abundancia o densidad de insectos en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Esta abundancia puede ser afectada por otros factores como lo menciona Carvacho, (2012) al estudiar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en ríos de la cuenca del Limari en Chile, reporto que estos organismos presentaron un patrón de distribución determinado principalmente por factores hidromorfológicos, fisicoquímicos y etiológicos como el hábitat fluvial, la vegetación, la temperatura, la conductividad; competencia, tolerancia, persistencia, resistencia y reproducción, además esta alteración se encontró más marcada por el impacto antrópico de la agricultura, el emplazamiento de embalses y las zonas urbanas. Complementario a esto lo reportado en el presente análisis de las variables Diversidad, Abundancia y Oxígeno disuelto, donde encontramos que a un aumento del oxígeno disuelto, se observó un incremento tanto en la diversidad como en la abundancia de especies presentes entre los sitios.

Por otro lado como lo menciona Oyanedel *et al.*, (2008) en el estudio patrones de distribución espacial de macroinvertebrados bentónicos, esta distribución y abundancia están en función de las características físicas del hábitat fluvial y parámetros hidráulicos. Además como lo reportan Ward *et al.*, (2002) las características del sustrato, incluyendo su estructura física, contenido orgánico y estabilidad, son rasgos de gran importancia ecológica que influyen en la densidad.

Al mismo tiempo Huerta *et al.*, (2008) analizaron la fertilidad del suelo con relación a la población de macroinvertebrados, encontrando que la selva, la vegetación riveriana y la tierra de descanso con leguminosas fueron los ecosistemas con el mayor número de órdenes de macroinvertebrados, por lo tanto el porcentaje de

macroinvertebrados disminuye conforme decrece la superficie arbórea. Por otro lado en el análisis estadístico de las variables al conformar el grupo de variables Temperatura y pH, se encontró que un incremento de la temperatura involucra una disminución del pH, y por ende condiciones de acidificación del medio.

7.2.3. Taxones colectados (según Instituto Mi Río Universidad de Antioquia, 1997)

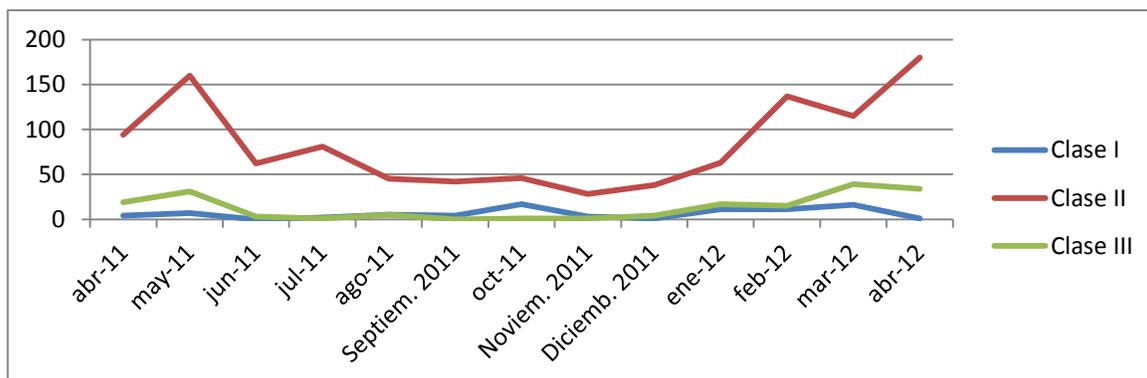
Siguiendo lo establecido por el (Instituto Mi Río U.A, 1997), durante el período muestreado se colectaron 2907 organismos, de estos solo 1343 insectos clasificados en 8 órdenes, 26 familias y 33 géneros. Agrupados en tres clases. La Clase I: Indicadores de aguas limpias, 82 organismos, para la Clase II: Indicadores de aguas medianamente contaminadas (1091 organismos) y para la Clase III indicadores de medios contaminados (170 organismos). De manera general la estación con el mayor número de organismos fue Paraíso de los Manglares con 257 y el menor correspondió a Playa Azul con 91 organismos colectados.

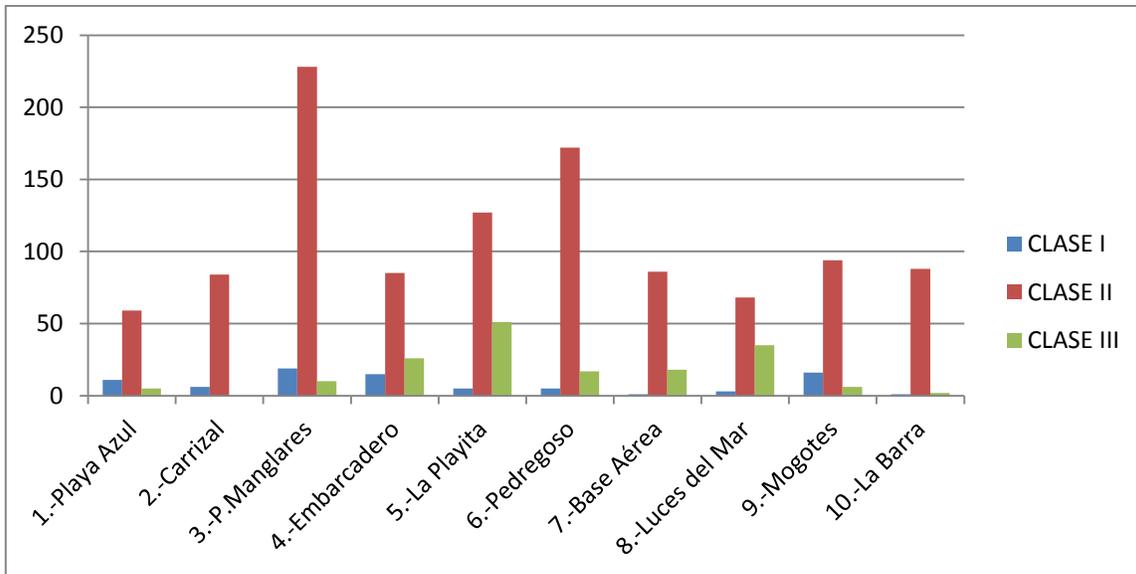
Específicamente para la clase I, la estación que presentó mayor cantidad de organismos fue Paraíso de los Manglares con 19 organismos y la de menor fue Base Aérea y La Barra con un organismo. Por otro lado, para la clase II Paraíso de los Manglares presento mayor número de organismos 228 y la menor para Playa Azul con 59. Para la clase III Playita fue la estación que reportó 51 organismos y en Carrizal no se presentó ninguno. Lo anterior permite establecer que Paraíso de los Manglares dada la presencia del mayor número de organismos de clase II está más propensa a incrementar su contaminación debido a que es la estación de colecta que recibe lixiviados que son arrastrados intermitentemente desde el tiradero municipal hasta la barranca infiernillo que desemboca en el paraíso de los manglares. Este sitio de muestreo presentó características fisicoquímicas más elevadas de oxígeno disuelto, temperatura y conductividad. Éste sitio, es una propiedad privada donde se observan cambios en el paisaje y fue el lugar donde los organismos presentaron mayor abundancia. El punto de colecta La Playita aunque no es turístico al 100%, presentó mayor número de organismos de clase III, mayor presencia de sólidos totales disueltos, elevado pH, fuerte oleaje y mayor turbiedad del agua. (Tabla 10).

Tabla 10. Concentrado anual de insectos colectados por clases y por estación en la Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

ESTACIÓN	CLASES (INSTITUTO MI RIO U.A, 1997)			TOTAL
	CLASE I	CLASE II	CLASE III	
1.-Playa Azul	11	59	5	75
2.-Carrizal	6	84	0	90
3.-P.Manglares	19	228	10	257
4.-Embarcadero	15	85	26	126
5.-La Playita	5	127	51	183
6.-Pedregoso	5	172	17	194
7.-Base aérea	1	86	18	105
8.-Luces del Mar	3	68	35	106
9.-Mogotes	16	94	6	116
10.-La Barra	1	88	2	91
Total	82	1091	170	1343

El comportamiento anual de distribución de insectos (Figura 19a y b) en la Laguna de Coyuca (diversidad y abundancia) aumento durante la primavera y disminuyó en verano, otoño e invierno alcanzando un máximo en el mes de mayo y un mínimo en noviembre.





Figuras 19 a y b. Comportamiento anual de distribución de insectos en la Laguna de Coyuca por mes y estación durante el período de abril 2011 a abril 2012.

De la clase I se colectaron 82 organismos agrupados en tres órdenes: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera y Megaloptera, son típicos de sistemas lóticos de aguas frías y poco intervenidos antrópicamente Según (Roldán, 1992) reportando el patrón de comportamiento en la (Figura 19).

De la clase II se colectaron 1091 organismos, agrupados en 4 órdenes: (Díptera mosca y quironomidos, Odonatos, Hemíptera y Notonectida y por Coleóptera): Indicadores de aguas medianamente contaminadas y el patrón de comportamiento se aprecia en la (Figura 19).

Finalmente para la clase III se colectaron 170 organismos agrupados en el orden Díptera larva, indicadores de medios contaminados y reportando (Figura 19) el patrón de comportamiento.

De los organismos clase I se encontró mayor abundancia de Plecópteros con 34, en clase II Díptera mosca y quironomidae 427 organismos respectivamente y de clase III Díptera larva, con 170 tuvieron más representatividad (Figura 20).

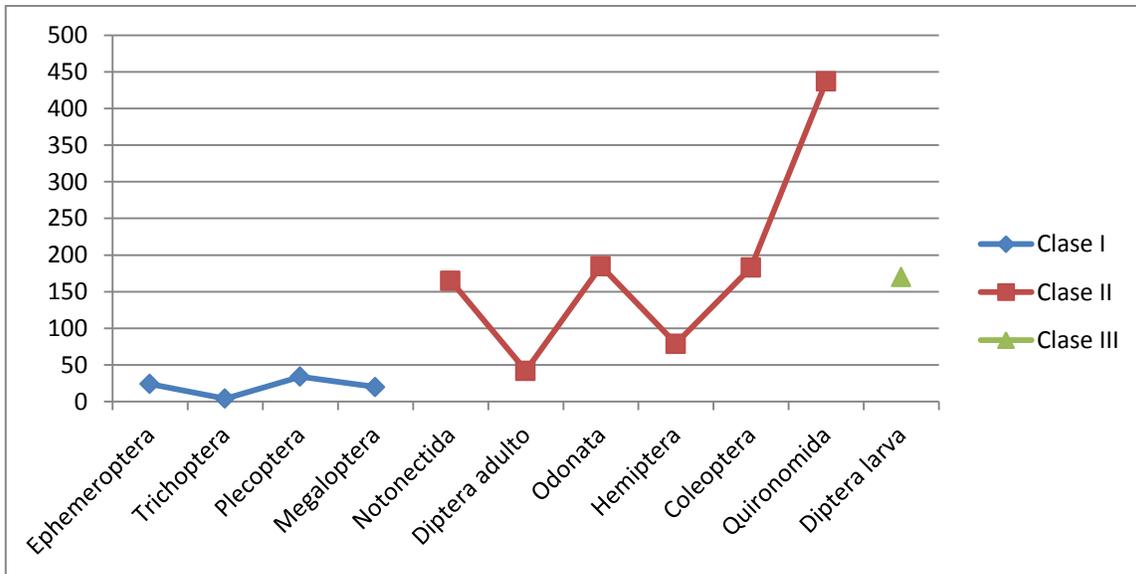


Figura 20. Clases y órdenes de insectos colectados en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Lo anterior es similar al estudio realizado por Paredes *et al.*, (2004) quienes realizaron dos evaluaciones de macroinvertebrados bentónicos en Perú. En la primera evaluación la calidad del agua fue aceptable, obteniendo 22 taxones con predominancia de tres órdenes de insectos: Trichoptera 40%, Plecóptera 16% y Ephemeroptera 10%. En la segunda evaluación encontraron que el agua tenía una calidad crítica registrando 30 taxones con predominancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera 27%, Trichoptera 25% y Díptera 21%.

En relación a las variaciones estacionales entre la época seca y lluviosa, en nuestro caso no encontramos diferencias muy significativas, contrario a lo que sucede en zonas templadas Chaves *et al.*, (2008), donde un importante factor que estructura la comunidad de macroinvertebrados es la estacionalidad, representada por las variaciones del caudal o de la temperatura.

En general en la laguna de Coyuca se obtuvo baja cantidad de organismos indicadores de buena calidad del agua, los encontrados indicaron que la laguna es un sistema relativamente estable con moderada contaminación y con tendencia a aumentar el número de insectos de clase II y III. Por lo que la desaparición de familias intolerantes a la contaminación, indican que sí ha habido cambios ecológicos negativos en las zonas de muestreo; esta desaparición de organismos puede estar directamente relacionada con la actividad turística, las actividades agrícolas, las densidades humanas, los cambios en el paisaje y el aumento en los valores de los parámetros fisicoquímicos.

7.2.4 Órdenes presentes

El listado general de insectos registrado en toda el área de estudio se presenta en la Tabla 11. Un total de 1343 organismos clasificados en 8 órdenes, 26 familias y 33 géneros. Siendo el Orden Diptera el más diverso y los taxones colectados más abundantes fueron de la familia Chironomidae y Notonectidae.

Tabla 11. Órdenes de insectos colectados en Laguna de Coyuca durante el período de abril 2011 a abril 2012.

Total	Orden	Familia	Genero	Abundancia
24	Efemeróptera	Oligoneuriidae	Sin determinar	6
		Baetidae	Baetodes	4
			Dactylobaetis	6
		Leptohyphidae	Leptohyphes	8
4	Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus	4
34	Plecóptera	Perlidae	Anacroneura	34
20	Megaloptera	Corydalidae	Sin determinar	1
			Corydalus	17
			Archichauliodes	2
649	Díptera	Chironomidae	Sin determinar	427
		Simuliidae	Similium	42
		Stratiomyidae	Sin determinar	16
		Tipulidae	Tipula	27
			Hexatoma	37
		Dixidae	Sin determinar	26
		Psychodidae	Sin determinar	15
		Blepharoceridae	Sin determinar	23
Dolichopodidae	Sin determinar	36		
185	Odonata	Calopterygidae	Hetaerina	55
		Gomphidae	Phyllogomphoides	42
		Libellulidae	Brechmorhoga	37
			Macrothemis	30
		Megapodagrionidae	Megapodagrion	21
244	Hemíptera	Gerridae	Eurygerris	27
			Metrobates	16
		Veliidae	Rhagovelia	31
		Naurocoridae	Cryphocricos	53
		Hydrometridae	Hydrometra	3
		Notonectidae	Sin determinar	114
183	Coleóptera	Gyrinidae	Andogyirus	73
		Elmidae	Cleptelmis	25
			Stenelmus	23
		Hydrophilidae	Helochares	62
1343	8	26	33	1343

7.3. Análisis estadístico

A partir de los promedios anuales de factores fisicoquímicos, diversidad y abundancia, sensibilidad de organismos (según Instituto mi Rio U.A, 1997) y órdenes encontrados, se elaboro una base de datos para el análisis estadístico con los resultados siguientes

Con respecto a la variable Temperatura, se determinó que las varianzas fueron homogéneas y de acuerdo al ANOVA (Tabla 12) no se determinaron diferencias significativas de la variable entre los sitios, lo cual fue comprobado con la prueba de contrastes múltiples de Scheffé, por lo que los valores pueden considerarse como homogéneos.

En cuanto la variable pH, las varianzas no fueron homogéneas, y de acuerdo al ANOVA (Tabla 12) se determinaron diferencias significativas de al menos uno de los grupos, por lo que al aplicar el estadístico de Scheffé, se observaron dos grupos de valores de promedios, de tal manera que el primer grupo estuvo conformado por los sitios Carrizal, Playa Azul, Paraiso de los Manglares, La Barra y el segundo grupo por el resto de sitios Mogotes, Base aérea, Luces del mar, Embarcadero, La Playita y Pedregoso.

En lo que respecta al Oxígeno Disuelto, no se determinaron varianzas homogéneas y en lo que respecta al ANOVA (Tabla 12) se determinaron diferencias significativas de los promedios de dicha variable entre los sitios; de esta manera, la prueba de Tukey determinó dos grupos, dentro de los cuales el menor valor lo presentó el sitio Carrizal, y el resto registraron valores estadísticamente similares.

Referente a la variable Conductividad, se observó que las varianzas fueron homogéneas y que en función de los resultados del ANOVA (Tabla 12) al menos uno de los promedios fue diferente, determinando en función de la prueba de Scheffé y Tukey dos grupos, de los cuales el primero estuvo conformado por los menores valores de conductividad, correspondiendo a los sitios Playa Azul, Carrizal y La Barra; el restos de sitios formó un grupo con los mayores valores promedio de la variable.

En lo que concierne a la variable Sólidos totales disueltos (STD), se observó que las varianzas no fueron homogéneas, y de acuerdo a los resultados del ANOVA (Tabla 12) se determinaron diferencias significativas en al menos uno de los promedios, por lo que la prueba de comparación múltiple de medias de Scheffé determinó que los menores valores se presentaron en los sitios Playa Azul, Carrizal y La Barra, y los mayores en los sitios restantes.

En lo que concierne a la variable Salinidad, se determinaron varianzas homogéneas y la prueba de ANOVA (Tabla 12) verificó la existencia de al menos un promedio de dicha variable diferente a los restantes. De esta forma se determinaron dos grupos, donde los menores valores se presentaron en los sitios Playa Azul, La Barra, Carrizal y Mogotes, mientras que los mayores se ubicaron en los sitios restantes.

Tabla 12. Resultados del ANOVA de una sola vía para seis parámetros fisicoquímicos.

Parámetro	Homogeneidad de varianzas		Anova de una sola vía	
	Levene's	Significancia	F-Fisher	Significancia
Temperatura	0.86	0.56	0.18	0.99
pH	5.18	0.00	9.56	0.00
O ₂	4.20	0.00	2.70	0.007
Conductividad	1.34	0.22	22.0	0.00
STD	2.27	0.02	22.56	0.00
Salinidad	1.88	0.06	30.37	0.00

Al realizar un análisis sobre la variable Diversidad, se observó que las varianzas fueron homogéneas, y donde la prueba de ANOVA (Tabla 13) determinó que al menos uno de los grupos es diferente. La prueba de contrastes múltiples de Tukey determinó dos grupos donde los menores valores se ubicaron en los sitios Base Aérea, Mogotes, Playita, Pedregoso, Paraiso de los Manglares, La Barra y Embarcadero; y los mayores en los sitios Playa Azul, Mogotes y Carrizal.

En lo que respecta a la abundancia, se determinó que las varianzas también fueron homogéneas y que la prueba ANOVA (Tabla 13) permitió observar la presencia de dos grupos: el primer grupo estuvo conformado por los menores valores de abundancia donde se ubicaron a los sitios Playa Azul, Luces del Mar, Base Aérea, La Barra, Carrizal y Mogotes, mientras que en el segundo grupo se ubicaron los sitios Embarcadero, P. Manglares, Pedregoso y Playita, en los cuales se registró la mayor abundancia.

Tabla 13. Resultados del ANOVA de una sola vía para dos variables biológicas.

Parámetro	Homogeneidad de varianzas		Anova de una sola vía	
	Levene's	Significancia	F-Fisher	Significancia
Diversidad	1.19	0.30	3.20	0.002
Abundancia	1.73	0.09	2.98	0.003

Para conocer el grado de asociación entre las variables biológicas (diversidad y abundancia) con las variables fisicoquímicas del agua (pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos y Conductividad), se aplicó la correlación paramétrica bivariada de Pearson.

Se determinó que la diversidad estuvo significativa y negativamente asociada con las variables Sólidos Totales Disueltos ($Pearson = -0.215$, $P = 0.014$) y Salinidad ($Pearson = -0.182$, $P = 0.038$), de tal manera que a una disminución de dichos parámetros se observó un incremento de la diversidad biológica.

En lo que respecta a la abundancia, mostró una mayor cantidad de asociaciones con parámetros fisicoquímicos, de tal manera que mantuvo una asociación positiva y significativa con las variables Conductividad ($Pearson = 0.277$, $P = 0.001$), Salinidad ($Pearson = 0.218$, $P = 0.013$), Sólidos Totales Disueltos ($Pearson = 0.209$, $P = 0.017$), Oxígeno disuelto ($Pearson = 0.194$, $P = 0.027$) y Temperatura ($Pearson = 0.193$, $P = 0.028$), de tal manera que aun aumento de dichos factores, se observó aumento en la abundancia de las especies registradas.

7.3.1. Análisis de componentes principales (ACP)

7.3.1.1.- Primer análisis de componentes principales

Se realizó un ACP con las ocho variables (pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia). Los Estadísticos descriptivos se observan en la tabla 14.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos para las ocho variables del primer ACP.

Variables	Media	Desviación típica
Temperatura	30.42	1.94
pH	7.35	0.77
Oxígeno disuelto	2.89	1.21
Conductividad	1933.72	774.15
S.T.D.	1121.98	421.02
Salinidad	1.06	0.46
Diversidad	2.12	1.35
Abundancia	10.33	11.89

Se observó que de 28 valores de correlación bivariada de Pearson, 19 fueron significativos ($P \leq 0.05$), presentándose 16 con una asociación positiva y 3 con asociación negativa (Diversidad vs. Conductividad, STD y Salinidad). En términos generales, los valores obtenidos de las correlaciones pueden considerarse bajos pero estadísticamente significativos, y se encontraron en una escala de -0.215 a 0.905, donde la relación Conductividad-S.T.D. presentó la mayor asociación positiva, mientras que Diversidad-STD. tuvo la mayor asociación negativa. El valor del determinante de la matriz de correlaciones fue de 0.032, lo que confirmó la existencia de relación lineal entre variables (Tabla 15).

Tabla 15. Matriz de correlaciones de Pearson de las variables registradas en el primer ACP.

		Temperatura	pH	O2	Conductividad	S.T.D	Salinidad	Diversidad	Abundancia
Correlación	Temperatura	1.000	-.122	.096	.243	.185	.181	-.002	.193
	pH	-.122	1.000	.048	.277	.363	.335	-.138	-.036
	O2	.096	.048	1.000	.144	.127	.149	.105	.194
	Conductividad	.243	.277	.144	1.000	.905	.796	-.146	.277
	S.T.D	.185	.363	.127	.905	1.000	.767	-.215	.209
	Salinidad	.181	.335	.149	.796	.767	1.000	-.182	.218
	Diversidad	-.002	-.138	.105	-.146	-.215	-.182	1.000	.329
	Abundancia	.193	-.036	.194	.277	.209	.218	.329	1.000
Sig. (Unilateral)	Temperatura		.083	.139	.003	.017	.020	.489	.014
	pH	.083		.294	.001	.000	.000	.059	.342
	O2	.139	.294		.051	.076	.046	.117	.013
	Conductividad	.003	.001	.051		.000	.000	.049	.001
	S.T.D	.017	.000	.076	.000		.000	.007	.009
	Salinidad	.020	.000	.046	.000	.000		.019	.006
	Diversidad	.489	.059	.117	.049	.007	.019		.000
	Abundancia	.014	.342	.013	.001	.009	.006	.000	

a. Determinante = .032

El estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (*KMO*) presentó un valor de 0.734, por lo que el tamaño de muestra para el ACP puede ser considerado como aceptable. Por otro lado, la prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2=430.25$, $g.l.=28$; $P=0.0$), por lo que se rechazó la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones bivariadas es una matriz identidad, confirmando la relación lineal entre variables.

En lo que respecta a la correlación parcial, los valores de la diagonal principal de la matriz anti-imagen, fluctuaron entre 0.573 (Diversidad) y 0.853 (Salinidad), por lo que pueden ser considerados como aceptables ya que ponen de manifiesto la existencia de correlación parcial entre variables.

En el gráfico de sedimentación se observó un cambio notable en la pendiente de la línea de tendencia a partir del segundo componente. De esta manera, el análisis sugiere la extracción de dos o tres componentes (Figura 21).

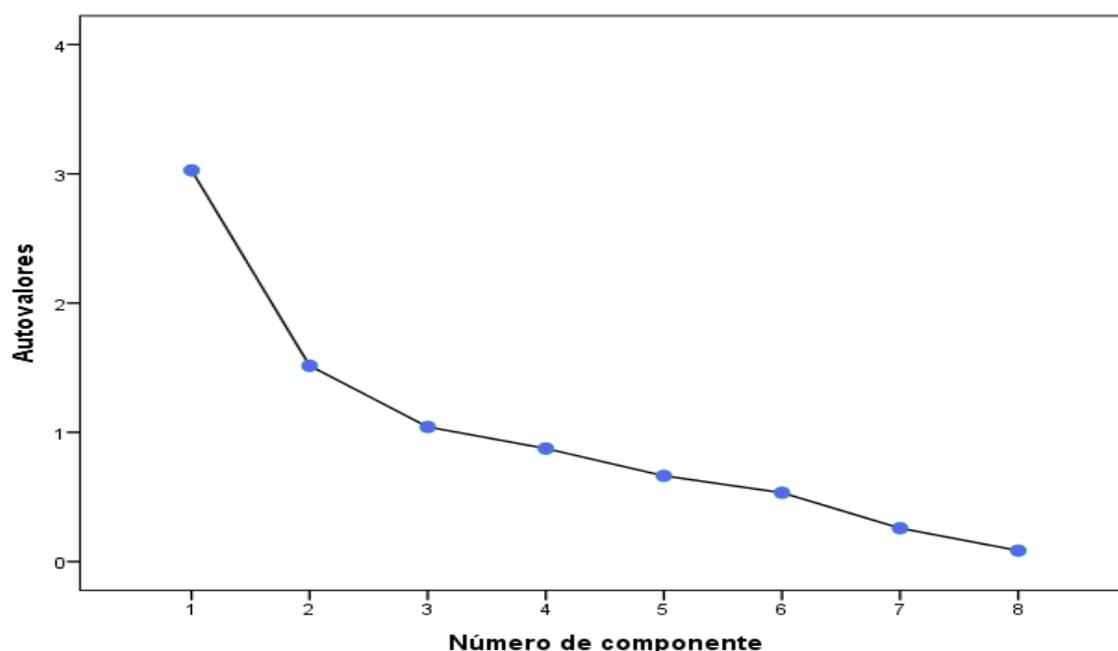


Figura 21. Gráfico de sedimentación del primer ACP.

La varianza total explicada a partir de la extracción de tres componentes fue de 69.81%, donde el primer componente aportó un 37.47%, el segundo 17.99% y el tercero 14.35% (Tabla 16).

Tabla 16. Varianza explicada a partir del primer ACP de las ocho variables registradas: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia.

Componentes	Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado
Temperatura	3.02	37.84	37.84
pH	1.51	18.94	56.78
Oxígeno disuelto	1.04	13.02	69.81
Conductividad	0.87	10.94	80.75
S.T.D.	0.66	8.29	89.05
Salinidad	0.53	6.65	95.70
Diversidad	0.25	3.23	98.94
Abundancia	0.08	1.06	100.00

En lo que respecta a las Comunalidades o cantidad total de varianza explicada por cada variable, el menor valor lo presentó Oxígeno Disuelto, con 0.324, y el mayor lo obtuvo Conductividad con 0.884 (Tabla 17).

Tabla 17. Comunalidades obtenidas a partir del primer ACP de las ocho variables registradas ordenadas de menor a mayor: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia.

Variables	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
Oxígeno disuelto	1.000	0.324
pH	1.000	0.641
Abundancia	1.000	0.651
Diversidad	1.000	0.680
Temperatura	1.000	0.731
Salinidad	1.000	0.798
S.T.D.	1.000	0.878
Conductividad	1.000	0.884

En cuanto a las saturaciones de cada variable en la matriz de componentes, se observó que cinco variables saturaron en más de un componente, por lo que se aplicó un proceso de rotación de los ejes de los componentes, y de esta manera cada variable saturó en uno solo.

Se obtuvieron tres componentes: (Tabla 18 y Figura 22), los cuales estuvieron conformados de la siguiente manera:

Primer componente: “Material disuelto y conductividad”, conformado por las variables Conductividad, STD y Salinidad, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los Sólidos Totales Disueltos involucra un aumento de la Conductividad y Salinidad.

Segundo componente: “Oxígeno disuelto y diversidad biológica”, conformado por las variables Diversidad, Abundancia y Oxígeno disuelto, de tal manera que a un

aumento del Oxígeno disuelto, se observó un incremento tanto en la Diversidad como en la Abundancia de especies presentes entre los sitios.

Tercer componente: “Temperatura y acidificación”, conformado por las variables Temperatura y pH, de tal manera que un incremento de la Temperatura involucra una disminución del pH, y por ende condiciones de acidificación del medio.

Tabla 18. Matriz de componentes rotados obtenidos a partir del primer ACP de las ocho variables registradas.

Variables	Componentes rotados		
	1	2	3
Temperatura	0.268	0.051	0.810
pH	0.464	-0.027	- 0.652
Oxígeno disuelto	0.165	0.540	-0.070
Conductividad	0.929	0.112	0.088
S.T.D.	0.936	0.036	-0.008
Salinidad	0.890	0.070	-0.009
Diversidad	-0.318	0.761	0.002
Abundancia	0.223	0.740	0.230

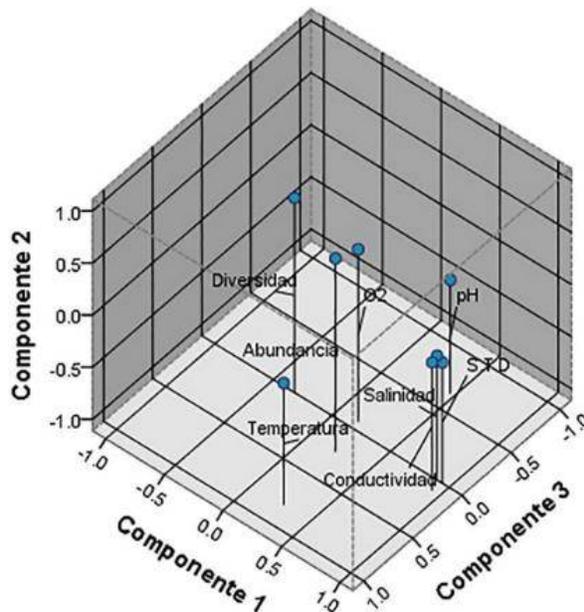


Figura 22. Gráfico de componentes rotados en tercera dimensión del primer ACP.

7.3.1.2.-Segundo análisis de componentes principales

Se realizó un segundo ACP con las nueve variables (pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Clase 1, Clase 2 y Clase 3. Los estadísticos descriptivos se observan en la tabla 19.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos para las nueve variables del segundo ACP.

Variabes	Media	Desviación típica
Temperatura	30.42	1.94
pH	7.35	0.77
Oxígeno disuelto	2.89	1.21
Conductividad	1933.72	774.15
S.T.D.	1121.98	421.02
Salinidad	1.06	0.46
Clase 2	8.39	11.31
Clase 3	1.30	3.89
Clase 1	0.63	1.64

Se observó que de 36 valores de correlación bivariada de Pearson, 20 fueron positivos y significativos ($P \leq 0.05$). En términos generales, los valores obtenidos de las correlaciones pueden considerarse bajos pero estadísticamente significativos, y se encontraron en una escala de 0.144 a 0.905, donde las relaciones Conductividad-Oxígeno Disuelto así como Clase 2-S.T.D. coincidieron en presentar el menor valor, mientras que Conductividad-S.T.D. presentó el mayor valor. El valor del determinante de la matriz de correlaciones fue de 0.036, lo que confirmó la existencia de relación lineal entre variables (Tabla 20).

Tabla 20. Matriz de correlaciones de Pearson de las variables registradas en el segundo ACP.

	Temperatura	pH	O2	Conductividad	S.T.D	Salinidad	Clase2	Clase3	Clase1	
Correlación	Temperatura	1.000	-.122	.096	.243	.185	.181	.152	.130	.044
	pH	-.122	1.000	.048	.277	.363	.335	-.032	-.023	.011
	O2	.096	.048	1.000	.144	.127	.149	.239	-.072	-.067
	Conductividad	.243	.277	.144	1.000	.905	.796	.209	.169	.163
	S.T.D	.185	.363	.127	.905	1.000	.767	.144	.185	.082
	Salinidad	.181	.335	.149	.796	.767	1.000	.160	.165	.083
	Clase2	.152	-.032	.239	.209	.144	.160	1.000	-.020	-.062
	Clase3	.130	-.023	-.072	.169	.185	.165	-.020	1.000	-.024
	Clase1	.044	.011	-.067	.163	.082	.083	-.062	-.024	1.000
Sig. (Unilateral)	Temperatura		.083	.139	.003	.017	.020	.042	.069	.310
	pH	.083		.294	.001	.000	.000	.361	.398	.449
	O2	.139	.294		.051	.076	.046	.003	.209	.224
	Conductividad	.003	.001	.051		.000	.000	.009	.027	.032
	S.T.D	.017	.000	.076	.000		.000	.051	.018	.177
	Salinidad	.020	.000	.046	.000	.000		.035	.030	.172
	Clase2	.042	.361	.003	.009	.051	.035		.411	.242
	Clase3	.069	.398	.209	.027	.018	.030	.411		.391
	Clase1	.310	.449	.224	.032	.177	.172	.242	.391	

a. Determinante = .036

El estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) presentó un valor de 0.723, por lo que el tamaño de muestra para el ACP puede ser considerado como aceptable. Por otro lado, la prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2=415.313$, g.l.=36; P=0.0), por lo que se rechazó la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones bivariadas es una matriz identidad, confirmando la relación lineal entre variables.

En lo que respecta a la correlación parcial, los valores de la diagonal principal de la matriz anti-imagen, fluctuaron entre 0.352 (Clase 1) y 0.883 (Salinidad), por lo que pueden ser considerados como aceptables ya que ponen de manifiesto la existencia de correlación parcial entre variables.

En el gráfico de sedimentación se observó un cambio notable en la pendiente de la línea de tendencia a partir del segundo componente (Figura 23).

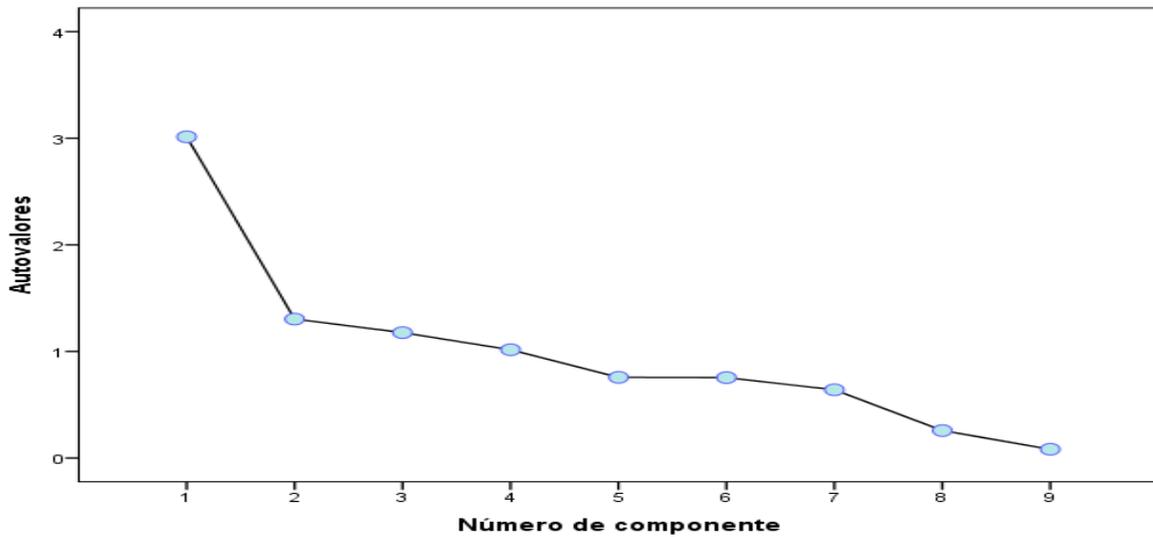


Figura 23. Gráfico de sedimentación del segundo ACP.

La varianza total explicada a partir de la extracción de cuatro componentes fue de 72.32%, donde el primer componente aportó un 32.54%, el segundo 14.63%, el tercero 13.71% y el cuarto 11.44% (Tabla 21).

Tabla 21. Varianza explicada a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, clase 1, clase 2 y clase 3.

Componentes	Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado
Temperatura	3.01	33.47	33.47
pH	1.30	14.48	47.96
Oxígeno disuelto	1.17	13.07	61.03
Conductividad	1.01	11.28	72.32
S.T.D.	0.75	8.40	80.72
Salinidad	0.75	8.38	89.11
Clase 2	0.64	7.11	96.22
Clase 3	0.25	2.86	99.09
Clase 1	0.08	0.90	100.00

En lo que respecta a las Comunalidades o cantidad total de varianza explicada por cada variable, el menor valor lo presentó Clase 2, con 0.555, y el mayor lo obtuvo Conductividad con 0.892 (Tabla 22).

Tabla 22. Comunalidades obtenidas a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas ordenadas de menor a mayor: pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, clase 2, clase 3 y clase 1.

Variables	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
Clase 2	1.000	0.555
Oxígeno disuelto	1.000	0.568
Temperatura	1.000	0.605
pH	1.000	0.641
Clase 3	1.000	0.712
Salinidad	1.000	0.797
Clase 1	1.000	0.863
S.T.D.	1.000	0.876
Conductividad	1.000	0.892

En cuanto a las saturaciones de cada variable en la matriz de componentes, se observó que cinco variables saturaron en más de un componente, por lo que se aplicó un proceso de rotación de los ejes de los componentes, y de esta manera cada variable saturó en uno solo.

Se obtuvieron cuatro componentes (Tabla 23), los cuales estuvieron conformados de la siguiente manera:

Primer componente: “Material disuelto y conductividad”, conformado por las variables Conductividad, STD y Salinidad, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los STD y salinidad involucra un aumento de la conductividad.

Segundo componente: “Oxígeno disuelto y Clase 2”, de tal manera que a un aumento del Oxígeno disuelto, se observó un incremento en los ejemplares que integran la Clase 2.

Tercer componente: “Temperatura y acidificación”, conformado por las variables Temperatura, pH y organismos de la Clase 3, de tal manera que un incremento de la temperatura favorece una disminución del pH, que por ende genera condiciones de acidificación del medio, lo cual a su vez repercute en un incremento de los ejemplares de la Clase 3.

Cuarto componente: Estuvo integrado exclusivamente por la variable correspondiente a los ejemplares de la Clase 1, lo que indica que no mantuvo una relación estrecha con alguna de las otras variables fisicoquímicas o bien, biológicas (Clase 2 y 3).

Tabla 23. Matriz de componentes rotados obtenidos a partir del segundo ACP de las nueve variables registradas.

Variables	Componentes rotados			
	1	2	3	4
Temperatura	0.187	0.192	0.724	0.095
pH	0.517	-0.043	-0.605	-0.073
Oxígeno dis.	0.106	0.742	-0.031	-0.072
Conductividad	0.920	0.128	0.130	0.107
S.T.D.	0.933	0.074	0.035	0.012
Salinidad	0.886	0.107	0.033	0.015
Clase 2	0.122	0.692	0.235	-0.074
Clase 3	0.284	-0.428	0.506	-0.437
Clase 1	0.132	-0.177	0.112	0.895

7.3.1.3.- Tercer análisis de componentes principales

Se realizó un tercer ACP con catorce variables (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad, Efemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Megaloptera, Odonata, Coleoptera, Diptera y Hemiptera). Los estadísticos descriptivos se observan en (Tabla 24).

Tabla 24. Estadísticos descriptivos para las catorce variables del tercer ACP.

VARIABLES	Media	Desviación típica
Temperatura	30.42	1.94
pH	7.35	0.77
Oxígeno Disuelto	2.89	1.21
Conductividad	1933.72	774.15
S.T.D.	1121.98	421.02
Salinidad	1.06	0.46
Efemeróptera	0.18	0.86
Trichoptera	0.03	0.17
Plecoptera	0.26	0.75
Megaloptera	0.15	0.56
Odonata	1.42	3.51
Coleóptera	1.40	2.77
Díptera	4.99	11.49
Hemíptera	1.87	4.39

Se observó que de 91 valores de correlación bivariada de Pearson (Tabla 25), 26 fueron significativos ($P \leq 0.05$), presentándose 22 con una asociación positiva y cuatro con asociación negativa. En términos generales, los valores positivos de las correlaciones fluctuaron de valores bajos (0.142) a valores altos (0.905), mientras que los valores negativos fueron bajos (-0.141 a -0.177). La relación Conductividad-S.T.D. presentó la mayor asociación positiva, mientras que S.T.D-Odonata tuvo la mayor asociación negativa. El valor del determinante de la matriz de correlaciones fue de 0.009, lo que confirmó la existencia de relación lineal entre variables.

Tabla 25. Matriz de correlaciones de Pearson de las catorce variables registradas en el tercer ACP (26 valores fueron significativos).

	Temperatura	pH	O2	Conductividad	S.T.D	Salinidad	Elmneroptera	Trichoptera	Riccoptera	Megaloptera	Odonata	Coleoptera	Diptera	Hemiptera
Correlación	Temperatura	1												
	pH	-0.122	1											
	O2	0.096	0.048	1										
	Conductividad	0.243	0.048	0.003	1									
	S.T.D	0.165	0.052	0.000	0.000	1								
	Salinidad	0.181	0.079	0.000	0.000	0.000	1							
	Elmneroptera	0.127	0.079	-0.095	0.061	0.079	0.079	1						
	Trichoptera	-0.072	0.048	0.048	0.034	0.051	-0.038	0.030	1					
	Riccoptera	-0.093	0.030	-0.061	0.062	0.042	-0.062	-0.062	0.034	1				
	Megaloptera	0.061	0.034	0.024	0.052	0.021	-0.049	0.029	0.034	0.052	1			
	Odonata	0.132	-0.142	-0.103	-0.136	-0.136	0.067	-0.019	0.029	0.029	0.029	1		
	Coleoptera	-0.022	0.038	-0.095	0.045	0.045	-0.017	-0.080	0.070	-0.085	0.024	-0.013	1	
	Diptera	0.279	-0.026	0.193	0.205	0.205	0.205	-0.073	0.193	-0.096	0.003	-0.093	-0.100	1
	Hemiptera	-0.021	0.057	0.135	-0.021	-0.048	0.033	0.006	-0.056	0.036	-0.077	-0.020	-0.108	-0.125
Sig. (Unilateral)	Temperatura	0.083	0.083	0.000	0.017	0.020	0.075	0.105	0.232	0.442	0.677	0.401	0.007	0.045
	pH	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.208	0.304	0.369	0.156	0.051	0.333	0.385	0.259
	O2	0.139	0.294	0.051	0.076	0.046	0.146	0.037	0.247	0.405	0.121	0.142	0.044	0.062
	Conductividad	0.003	0.001	0.051	0.000	0.000	0.026	0.295	0.068	0.391	0.054	0.050	0.001	0.407
	S.T.D	0.017	0.000	0.076	0.000	0.000	0.244	0.349	0.242	0.278	0.022	0.305	0.001	0.294
	Salinidad	0.000	0.000	0.048	0.000	0.000	0.186	0.283	0.317	0.280	0.062	0.422	0.002	0.355
	Elmneroptera	0.075	0.208	0.146	0.026	0.244	0.186	0.000	0.407	0.178	0.181	0.206	0.473	0.206
	Trichoptera	0.105	0.304	0.037	0.295	0.349	0.283	0.332	0.241	0.290	0.223	0.213	0.035	0.283
	Riccoptera	0.232	0.369	0.247	0.068	0.242	0.317	0.000	0.241	0.053	0.416	0.189	0.137	0.344
	Megaloptera	0.442	0.156	0.051	0.391	0.278	0.280	0.407	0.290	0.063	0.370	0.393	0.486	0.152
	Odonata	0.067	0.051	0.121	0.054	0.022	0.062	0.178	0.223	0.416	0.370	0.441	0.145	0.412
	Coleoptera	0.401	0.333	0.142	0.080	0.305	0.422	0.181	0.189	0.393	0.441	0.393	0.441	0.129
	Diptera	0.007	0.385	0.044	0.001	0.001	0.002	0.206	0.035	0.137	0.458	0.145	0.129	0.079
	Hemiptera	0.045	0.259	0.062	0.407	0.294	0.355	0.473	0.283	0.344	0.192	0.412	0.110	0.079

a. Determinante = .009

Verde: correlaciones significativas y positivas; Rosa: Correlaciones significativas y negativas. Amarillo: valor de la significancia de las correlaciones.

El estadístico de Kaiser-Meyer-Olkin (*KMO*) presentó un valor de 0.630, por lo que el tamaño de muestra para el ACP puede ser considerado como aceptable. Por otro lado, la prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($\chi^2=580.54$, $g.l.=291$; $P=0.0$), por lo que se rechazó la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones bivariadas es una matriz identidad, confirmando la relación lineal entre variables.

En lo que respecta a la correlación parcial, los valores de la diagonal principal de la matriz anti-imagen, fluctuaron entre 0.191 (Coleoptera) y 0.848 (Salinidad), por lo que pueden ser considerados como aceptables ya que ponen de manifiesto la existencia de correlación parcial entre variables.

En el gráfico de sedimentación se observó un cambio notable en la pendiente de la línea de tendencia a partir del segundo componente, para luego continuar un patrón de descenso que vuelve a interrumpirse en el quinto componente. De esta manera, el análisis sugirió la extracción de cinco componentes (Figura 24).

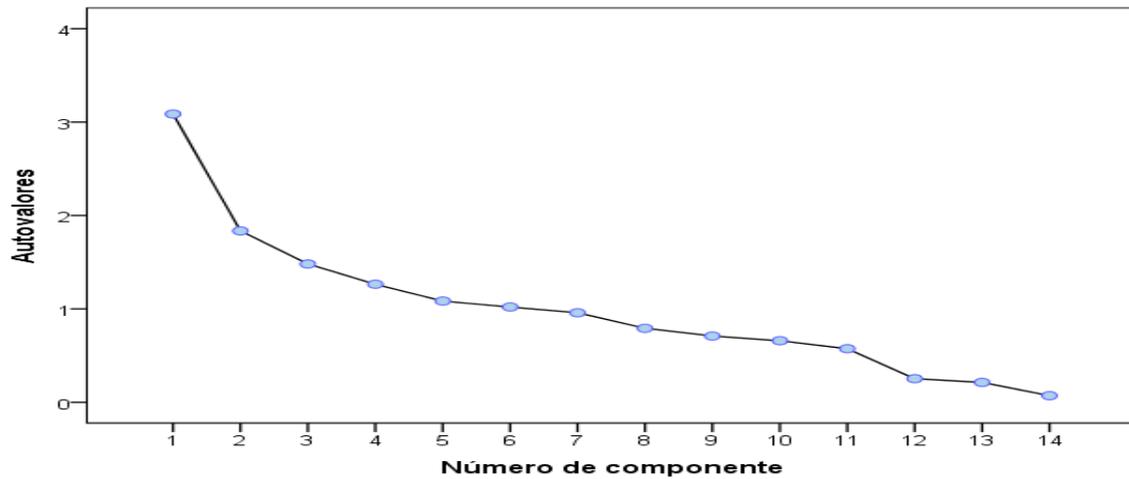


Figura 24. Gráfico de sedimentación del Análisis de Componentes Principales.

La varianza total explicada a partir de la extracción de tres componentes fue de 62.51 %, donde el primer componente aportó un 21.65 %, el segundo 13.06 %, el tercero 10.05 %, el cuarto 9.13 % y el quinto componente 8.62 % (Tabla 26).

Tabla 26. Componentes obtenidos a partir del ACP.

Componentes	Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% Acumulado
Temperatura	3.08	22.04	22.04
pH	1.83	13.11	35.16
Oxígeno disuelto	1.48	10.58	45.74
Conductividad	1.26	9.02	54.76
S.T.D.	1.08	7.73	62.50
Salinidad	1.02	7.28	69.79
Efemeróptera	.95	6.84	76.64
Trichoptera	.79	5.66	82.30
Plecoptera	.71	5.06	87.37
Megaloptera	.65	4.70	92.07
Odonata	.57	4.09	96.17
Coleóptera	.25	1.80	97.97
Díptera	.21	1.51	99.49
Hemíptera	.07	.50	100.00

En lo que respecta a las Comunalidades o cantidad total de varianza explicada por cada variable, el menor valor lo presentó Megaloptera, con 0.195, y el mayor lo obtuvo Conductividad con 0.886 (Tabla 27).

Tabla 27. Comunalidades obtenidas a partir del tercer ACP

Variables	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
Temperatura	1.0	0.552
pH	1.0	0.536
Oxígeno disuelto	1.0	0.600
Conductividad	1.0	0.886
S.T.D.	1.0	0.869
Salinidad	1.0	0.785
Efemeróptera	1.0	0.855
Trichoptera	1.0	0.384
Plecóptera	1.0	0.826
Megaloptera	1.0	0.195
Odonata	1.0	0.543
Coleóptera	1.0	0.592
Díptera	1.0	0.526
Hemíptera	1.0	0.601

En cuanto a las saturaciones de cada variable en la matriz de componentes, se observó que cinco variables saturaron en más de un componente, por lo que se aplicó un proceso de rotación de los ejes de los componentes, y de esta manera cada variable saturó en uno solo.

Se obtuvieron cinco componentes (Tabla 28), los cuales estuvieron conformados de la siguiente manera: **Primer componente:** "Material disuelto y conductividad", conformado por las variables Conductividad, STD, Salinidad y pH, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los STD y

salinidad involucra un aumento de la conductividad, además con un incremento en el potencial hidrógeno. Cabe destacar que en el caso del pH, también mantuvo una saturación que puede considerarse como “alta” en el tercer componente.

Segundo componente: “Efemeróptero y Plecoptera”, Organismos que viven por lo regular en agua de corrientes limpias y bien oxigenadas, solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. Pertenecen a la clase 1.

Tercer componente: “temperatura, acidificación y Clase 3”, en este componente también se encontró una participación importante de la variable pH, de tal manera que el análisis sugiere un incremento de la Temperatura y disminución del pH favorece el número de individuos del orden Díptera y genera un decremento de individuos del Orden Hemíptera. Ambos organismos de la clase 3.

Cuarto componente: “Oxígeno y Clases 1 y 2”, donde se observa que a un incremento del oxígeno disuelto, existe un incremento en el número de individuos de los órdenes Odonata y Trichoptera.

Quinto componente: “Condiciones particulares para las clases Coleóptera y Megaloptera.

Tabla 28. Matriz de componentes rotados a partir del tercer ACP

Variables	Componentes				
	1	2	3	4	5
Temperatura	0.175	0.088	0.649	0.293	-0.088
PH	0.510	-0.096	-0.459	-0.015	0.234
Oxígeno d.	0.213	-0.105	-0.150	0.644	-0.326
Conductividad	0.917	0.127	0.148	0.035	0.074
S.T.D.	0.925	0.034	0.095	-0.021	0.048
Salinidad	0.882	0.046	0.042	0.038	-0.034
Efemeróptera	0.052	0.918	0.096	-0.004	-0.006
Trichoptera	0.070	-0.123	0.137	0.573	0.132
Plecóptera	0.067	0.897	-0.100	-0.076	0.042
Megaloptera	0.065	0.161	-0.060	0.039	0.400
Odonata	-0.285	0.165	0.085	0.639	0.138
Coleóptera	0.054	-0.173	0.020	0.047	0.746
Díptera	0.342	-0.177	0.516	0.053	-0.329
Hemíptera	0.042	0.057	-0.637	0.160	-0.407

7.4. Índices biológicos

7.4.1. Índice IBF (índice biótico de familias)

Posterior a la clasificación de los insectos capturados en la laguna de Coyuca, se utilizaron los valores de tolerancia o puntajes por familias (Alba-Tercedor, 1996), Tabla 29.

Tabla 29. Familias y su puntaje.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Odontoceridae, Leptoceridae, (Tricoptera), Blepharoceridae (Diptera), Ptilodactylidae, Psephenidae, Lampyridae (Coleoptera), Chordodidae (Nematomorpha), Gomphidae, Polythoridae (Odonata), Hydridae (Coelenterata), , Lymnessiidae (Arachnoidea) , Oligoneuriidae (Ephemeroptera), Perlidae (Plecoptera)	10
Ampullariidae (Gastropoda), Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarcidae, Ephemeridae, (Ephemeroptera), Dytiscidae, Gyrinidae, Hydraenidae (Coleoptera), Hydrobiosidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae (Trichoptera)	9
Hydrobiidae (Gastropoda), Lestidae (Odonata), Pleidae, Saldidae, Gerridae, Veliidae, Hebridae (Hemiptera), Calamoceratidae, Helicopsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae (Trichoptera), Simuliidae (Diptera), Pseudothelpusidae, Palaemonidae (Crustacea)	8
Planariidae (Platyhelminthes), Baetidae, Leptohyphidae, Caenidae (Ephemeroptera),, Calopterygidae, Coenagrionidae (Odonata), Corixidae, Naucoridae, Notonectidae (Hemiptera), Scirtidae, Dryopidae (Coleptera), Glossossomatidae, Hydropsychidae (Trichoptera), Psychodidae, Dixidae (Diptera), Hyalellidae, Gammaridae (Amphipoda)	7
Ancylidae (Gastropoda), Libellulidae, Megapodagrionidae, (Odonata), Elmidae, Staphylinidae, Limnichidae, Lutrochidae, (Coleptera), Corydalidae, Sialidae (Megaloptera), Hydroptilidae (Acaro), Unionidae (Bivalva)	6
Planorbiidae, Thiaridae (Basommatophora), Belostomatidae, Nepidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Tabanidae (Hemiptera), Pyralidae (Lepidoptera)	5
Lymnaeidae (Gastropoda), Sphaeridae (Bivalva), Hydrometridae (Hemiptera), Chrysomelidae, Haliplidae, Noteridae (Coleoptera), Stratiomyidae, , Empididae, Dolichopodidae (Diptera)	4
Glossiphoniidae (Annelida), Physidae (Gastropoda), Hydrophilidae (Coleoptera), Tipulidae, Ceratopogonidae (Diptera)	3
Muscidae, Chironomidae, , Sciomyzidae (Diptera)	2
Tubificidae (Haplotaxida)	1

Para calcular el IBF= $(\sum niTi)/N$, Los valores del puntaje o tolerancia se multiplicaron por la cantidad de organismos de cada familia y dividido entre en número total de organismos encontrados (Tabla 30).

Tabla 30. Puntajes por familias para calcular el IBF. en la Laguna de Coyuca

Total	Orden	Familia	Cantidad	Puntaje	C X P	/1343
24	Efemeróptera	Oligoneuriidae	6	10	60	0.0446761
		Baetidae	10	7	70	0.05212211
		Leptohyphidae	8	7	56	0.04169769
4	Trichoptera	Calamoceratidae	4	8	32	0.02382725
34	Plecóptera	Perlidae	34	10	340	0.25316456
20	Megaloptera	Corydalidae	20	6	120	0.0893522
649	Díptera	Chironomidae	427	2	854	0.6358898
		Simuliidae	42	8	336	0.25018615
		Stratiomyidae	16	4	64	0.0476545
		Tipulidae	64	3	189	0.14072971
		Dixidae	26	7	182	0.1355175
		Psychodidae	14	7	98	0.07297096
		Blepharoceridae	23	10	230	0.17125838
		Dolichopodidae	36	4	144	0.10722264
185	Odonata	Calopterygidae	55	7	385	0.28667163
		Gomphidae	42	10	420	0.31273269
		Libellulidae	67	6	402	0.29932986
		Megapodagrionidae	21	6	126	0.09381981
244	Hemíptera	Gerridae	43	8	344	0.25614296
		Veliidae	31	8	248	0.18466121
		Naucoridae	53	7	371	0.27624721
		Hydrometridae	3	4	12	0.00893522
		Notonectidae	114	7	798	0.59419211
183	Coleóptera	Gyrinidae	73	9	657	0.48920328
		Elmidae	48	6	288	0.21444527
		Hydrophilidae	62	3	186	0.1384959
1343	8	26	1343	174	233682	5.2211467

El puntaje obtenido fue de 5.22 y le corresponde a agua de razonable calidad (5.01-5.75), lo que significa que hay bastante contaminación orgánica en el ecosistema (García y Rosas, 2010); éste índice no trae una tipificación con color, pero relacionándolo con los BMWP le correspondería el color verde.

7.4.2.- Índice BMWP (Construcción del BMWP-Coyuca)

Con base a los puntaje de cinco índices utilizados en países de latinoamerica (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba) que toman de referencia al BMWP Inglés (2007) y las modificaciones del periodo 2006-2011 del mismo, se construyó el índice BMWP-Coyuca (Tabla 31).

Tabla 31. Puntajes del Índice BMWP-Coyuca, a partir del BMWP-Inglés como base y el comparativo entre los BMWP de Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba y Perú. Además del FBI (Índice Biótico de Familias), para determinar cualitativamente la calidad del agua de la Laguna de Coyuca de Benítez.

ÓRDEN	FAMILIA	BMWP-EC	BMWPCOL	BMWP-CR	BMWP	BMWO-CU	BMWP-P	BMWP-Coyuca
Ephemeroptera								
	Oligoneuriid	10	10				10	10
	Baetidae	7	8		4	7	4	6
		7	8		4	7	4	6
	Leptohyphid	7	7	5	10	6	10	8
Trichoptera								
	Calamoceratidae		10	8	10	8	10	9
Plecoptera								
	Perlidae	10	10	9	10		10	10
Megaloptera								
	Corydalidae	6		6	6			6
		6		6				6
		6		6				6
Diptera								
	Chironomidae	2			2	4	2	3
	Simuliidae	8	9	4		5	5	6
	Stratiomyidae	10						10
	Tipulidae	3		4	3	6	5	4
		3		4	3	6	5	4
	Dixidae		8	4	4	7		6
	Psychodidae		7	3		4		5
	Blepharoceridae		10	9		10	10	10
	Dolichopodidae		6	4	4	7	4	5
Odonata								
	Calopterygidae		8					8
	Gomphidae		9	7	10	8		9
	Libellulidae		6	6	8	3		6
			6	6	8	3		6
	Megapodagr	9	9	7		9		9
Hemiptera								
	Gerridae		8		3	3		4
			8		3	3		4
	Veliidae	8	8			6		7
	Naucoridae	7	7	4	3			5
	Hydrometric	9	6			3		6
	Notonectidae		7	4	3	7		5
Coleoptera								
	Gyrinidae		9	4			3	5
	Elmidae	6		5	6		5	6
		6		5	6		5	6
	Hydrophilidae		4	3			3	3
		108	172	96	104	164	81	166

BMWP-Ingles: Revision and testing of BMWP scores. Additional taxa required by the LIFE score system 2006-2011. BMWP-Ecuador: Carrera-Reyes y Fierro-Peralbo, 2001. BMWP-Colombia: Roldan, 2003. BMWP-Costa Rica: Diario Oficial. 2007. BMWP-Cuba: Medina-Tafur *et al.*, 2010. BMWP-Perú: Muñoz-Riveaux *et al.*, 2003.

La clasificación de la calidad del agua se expresó a través del tipo de clases y su color de tipificación y con base al valor numérico del BMWP y su significado en dicho índice de calidad. De tal modo que para el Índice Ingles base con valor de 104 fue en la clase I, que indica buena calidad y se tipifica con color azul; en un parámetro con valores que van de 101-120, cuyo significado es de aguas no contaminadas (Revision and Testing of BMWP Scores 2007. Final Report Project WFD72A.SNIFFER. England. BMWP family level" analyses. 2006-2011 CEH). Así también, para las adecuaciones en los índices latinoamericanos, hubo coincidencia (azul) con los de Ecuador (Carrera-Reyes, C., y K Fierro-Peralbo, 2001) y Cuba (Medina-Tafur *et al.*, 2010), con respecto a la determinación de buena calidad, con el mismo rango (101-120) para el primero y ≥ 100 para el segundo, lo que corresponde a aguas limpias de clase II.

Sin embargo, la adecuación de los índices de Costa Rica, Perú y el nuevo de Coyuca le corresponde el color verde y la clase II, dentro de un parámetro de 61-100 en los valores del índice para los dos primeros, en tanto que para el de Coyuca se sitúa en el rango de ≤ 166 , con significados respecto a la calidad del agua, como eutrofia y contaminación moderada para el de Costa Rica (Diario Oficial, 2007), para el de Perú (Muñoz-Riveaux *et al.*, 2003), el significado de la puntuación fue de algunos evidentes efectos de contaminación; en cambio para el de Coyuca el resultado fue de contaminación moderada. En definitiva, estos tres índices coinciden en que la calidad del agua es de regular (Costa Rica) a aceptable (Perú y Coyuca).

7.4.3.-Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera)

Para calcular este índice (Tabla 32) se aplicó la fórmula Porcentaje de Abundancia EPT = $\frac{\text{No.Total Individuos EPT}}{\text{No.Total de Individuos}} \times 100 = 4.61 = 5$

Tabla 32. Total individuos EPT para calcular índice.

Total	Orden	Familia	Genero	Abundancia
24	Efemeróptera	Oligoneuriidae	Sin determinar	6
		Baetidae	Baetodes	4
			Dactylobaetis	6
		Leptohyphidae	Leptohyphes	8
4	Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus	4
34	Plecóptera	Perlidae	Anacroneura	34
62	3	5	6	62

Se calculó el índice EPT (Carrera y Fierro, 2001), que resultó de 5 y se encuentra como parámetro de mala calidad (0-24) por lo que este índice solo se recomienda para ecosistemas loticos, pero para este índice le corresponde el color verde, que significa que existe contaminación moderada en el ecosistema.

En los ecosistemas acuáticos las variables que afectan con mayor fuerza el gradiente ambiental son la temperatura y los sólidos disueltos, éstas están relacionadas de manera natural pero más aún, determinadas por la actividad antrópica (Mesa, 2010), este es el caso de la laguna de Coyuca de Benítez, en donde los índices aplicados (Tabla 33) llevaron a la construcción de uno propio, que determinó contaminación moderada por materia orgánica producto de la actividad antrópica en la periferia de la laguna y por el río Coyuca que vierte sus aguas a la laguna una vez que ha recorrido el poblado del mismo nombre. Aunque no hubo heterogeneidad térmica, por el aporte del río, el principal factor que afecta es el transporte de los sedimentos.

Tabla 33. Calidad del agua de la laguna de Coyuca, por medio del Índice BMWP-Coyuca, con base al comparativo entre los Índices BMWP Inglés base y los índices latinoamericanos de Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba, Perú; y los índices EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y FBI (Índice Biótico de Familia).

BMWP						
104						
	Clase	Calidad	Valor BMWP	Significado		color
	I	Buena	101-120	Aguas no contaminadas		Azúl claro
BMWP-ECUADOR						
108						
	II	Buena	101-120	Aguas limpias		Azúl claro
BMWP-COLOMBIA						
172						
	I	Muy buena	≥121	Aguas muy limpias		Azúl oscuro
BMWP-COSTARICA						
96						
	II	Regular	61-100	eutrofía, contaminación n		Verde
BMWO-CUBA						
164						
	Clase					
	II	Buena	≥ 100	Aguas muy limpias		Azúl claro
BMWP-PERU						
81						
	II	Aceptable	61-100	Evidentes algunos efectos		Verde
BMWP-COYUCA						
166						
	II	Aceptable	≤ 166	Contaminación moderada		Verde
EPT						
5						
		Mala	0-24	Contaminación moderada		Verde
FBI						
5.03						
		Razonable	5.01-5.75	Bastante contaminación orgánica		

Existe el riesgo de incrementarse la presencia de nitratos y de residuos de plaguicidas en el agua, además de sedimentos asociados al fenómeno de escorrentía, como lo señala para los ríos Chin *et al.*, (2012), al asociarse con el impacto de las provincias agrícolas en el Brasil, para la Laguna de Coyuca, éste es un factor importante que está contribuyendo a la eutrofización de este sistema acuático.

VIII.- CONCLUSIONES

En lo que respecta a la variable Temperatura, se determinó que las varianzas fueron homogéneas y de acuerdo al ANOVA, no se determinaron diferencias significativas de la variable entre los sitios. Por el contrario para las variables pH, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad y sólidos totales disueltos se observó que las varianzas no fueron homogéneas por lo que se determinaron diferencias significativas conformándose grupos de sitios con valores estadísticamente similares.

En cuanto al grado de asociación de las variables se encontró que la diversidad estuvo significativa y negativamente asociada con las variables sólidos totales y salinidad, por lo que a una disminución de dichos parámetros se observó un incremento de la diversidad biológica, por el contrario la abundancia mostró una mayor cantidad de asociaciones con parámetros fisicoquímicos de tal manera que mantuvo una asociación positiva y significativa con las variables conductividad, salinidad, sólidos totales, oxígeno disuelto y temperatura, de tal manera que a un aumento de dichos factores, se observó un aumento en la abundancia de las especies registradas.

Derivado del primer análisis de componentes principales, con 8 variables (pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Diversidad y Abundancia). Se obtuvieron Tres componentes. El primer componente “Material disuelto y conductividad”, conformado por las variables Conductividad, STD y Salinidad, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los STD y salinidad involucra un aumento de la conductividad. El segundo componente: “Oxígeno disuelto y diversidad biológica”, conformado por las variables Diversidad, Abundancia y Oxígeno disuelto, de tal manera que a un aumento del Oxígeno disuelto, se observó un incremento tanto en la diversidad como en la abundancia de especies presentes entre los sitios. EL tercer componente: “temperatura y acidificación”, conformado por las variables Temperatura y pH, de tal manera que un incremento

de la temperatura involucra una disminución del pH, y por ende la generación de condiciones de acidificación del medio.

El presente estudio confirma la hipótesis inicial al mencionar que las variables biológicas (diversidad y abundancia) si están en función de los factores fisicoquímicos, como lo confirma los grados de asociación y el segundo componente “Oxígeno disuelto y diversidad biológica”, conformado por las variables Diversidad, Abundancia y Oxígeno disuelto, de tal manera que a un aumento del oxígeno disuelto, se observó un incremento tanto en la diversidad como en la abundancia de especies presentes entre los sitios.

Derivado del segundo análisis de componentes principales, con las nueve variables (pH, Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, Clase 1, Clase 2 y Clase 3). Se obtuvieron cuatro componentes. El primer componente “Material disuelto y conductividad”, conformado por las variables Conductividad, STD y Salinidad, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los STD y salinidad involucra un aumento de la conductividad. El segundo componente: “Oxígeno disuelto y Clase 2”, de tal manera que a un aumento del oxígeno disuelto, se observó un incremento en los ejemplares que integran la Clase 2. El tercer componente: “temperatura y acidificación”, conformado por las variables Temperatura, pH y organismos de la Clase 3, de tal manera que un incremento de la temperatura favorece una disminución del pH, que por ende genera condiciones de acidificación del medio, lo cual a su vez repercute en un incremento de los ejemplares de la Clase 3. El cuarto componente: Estuvo integrado exclusivamente por la variable correspondiente a los ejemplares de la Clase 1, lo que indica que no mantuvo una relación estrecha con alguna de las otras variables fisicoquímicas o bien, biológicas (Clase 2 y 3).

Derivado del tercer ACP con catorce variables (Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad, Efemeróptera, Trichoptera, Plecóptera, Megaloptera, Odonata, Coleóptera, Díptera, Hemíptera). Se obtuvieron cinco componentes: Primer componente: “Material disuelto y conductividad”, conformado por las variables Conductividad, STD, Salinidad y pH, de tal manera que presentaron correlaciones positivas indicando que un aumento de los STD y salinidad involucra un aumento de la conductividad, además con un incremento en el potencial hidrógeno. Cabe destacar que en el caso de pH, también mantuvo una saturación que puede considerarse como “alta” en el tercer componente. Segundo componente: “Efemeróptero y Plecóptera”, Organismos que viven por lo regular en agua de corrientes limpias y bien oxigenadas, solo

algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. Pertenecen a la clase 1. Tercer componente: “temperatura, acidificación y Clase 3”, en este componente también se encontró una participación importante de la variable pH, de tal manera que el análisis sugiere un incremento de la temperatura y disminución del pH favorece el número de individuos del orden Díptera y genera un decremento de individuos del Orden Hemíptera. Ambos organismos de la clase 3. Cuarto componente: “Oxígeno y Clases 1 y 2”, donde se observa que a un incremento del oxígeno disuelto, existe un incremento en el número de individuos de los órdenes Odonata y Trichoptera. Quinto componente: “Condiciones particulares para las clases Coleóptera y Megaloptera.

En cuanto a los índices encontramos que el IBF con 5.22 correspondió a agua de razonable calidad, con bastante contaminación orgánica, además el BMWP construido para Coyuca de 166 indicado en color verde corresponde a contaminación moderada, por último el EPT de 5 encontrando al agua con parámetro de mala calidad (0-24), por lo que este último índice solo se recomienda para ecosistemas loticos. Pero de manera general todos los índices calculados comparados con el BMWP corresponden al color verde de contaminación moderada. Por lo que se confirma la segunda hipótesis que menciona si la utilización de algunos índices biológicos proporcionan información útil para determinar la calidad del agua, pero también es necesario realizar más estudios extrapolándolos a otras condiciones hasta lograr su estandarización para incluirlos en las normas mexicanas. Además el aporte de esta investigación es la construcción del BMWP para la laguna de Coyuca de Benítez, Gro a partir del promedio de BMWP reportado en base a los puntaje de cinco índices utilizados en países de latinoamerica (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba) que toman de referencia al BMWP Inglés (2007) y las modificaciones del periodo 2006-2011 del mismo.

Se caracterizó biológicamente la laguna de Coyuca, durante el período muestreado al coleccionar 2907 organismos de los cuales 1343 fueron insectos conformados en 8 órdenes, 26 familias y 33 géneros. Agrupados en tres clases. La Clase I: Indicadores de aguas limpias, 82 organismos, para la Clase II: Indicadores de aguas medianamente contaminadas 1091 organismos y para la Clase III indicadores de medios contaminados 170 organismos.

El agua de la laguna de Coyuca es de contaminación moderada, tanto físicoquímica como biológicamente, pero no excluye un tratamiento. Por lo tanto es apta para el consumo humano porque cumple con algunos criterios Ecológicos CE-CCA-01/89 Para protección de vida acuática del agua dulce y marina y con algunos factores de la NOM-127-SSA1-1994, NOM-001-SEMARNAT.

RECOMENDACIONES

Actualmente las herramientas biológicas están contempladas de manera somera en las normas oficiales mexicanas en donde se hace énfasis en los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo si se sistematiza el uso de estos métodos biológicos, tanto en el ámbito académico como en las dependencias del gobierno federal y estandarizándolos se podrían incorporar en las normas ambientales.

Realizar monitoreos a nivel de especies, dado que entre más fina sea la resolución taxonómica, más confiable será la asignación de los valores de tolerancia. Esto se debe al hecho que existen familias con géneros que presentan distintos niveles de tolerancia a la contaminación.

Realizar simultáneamente un estudio representativo de la flora y fauna en un área de 1000 m² y los impactos de carácter natural y antrópicos en cada estación de manitoreo, correlacionando estos valores con variables biológicas y parámetros fisicoquímicos.

En el país hoy en día es difícil encontrar ambientes acuáticos que no tengan alteración humana, por lo que se debe de propiciar una mejor concientización frente al uso de los recursos hídricos e involucrar a las comunidades rurales y urbanas en el cuidado del agua, mediante el pago de servicios por cuidar los recursos por lo que el biomonitoreo comunitario es una importante alternativa tanto en las entidades federales, estatales como para las comunidades rurales en donde los monitoreos fisicoquímicos pueden ser costosos.

Realizar un diagnostico de la situación ambiental actual en las cuencas del estado de Guerrero y del país para tener un referente a mediano y largo plazo mediante monitoreos que permitan conocer el avance y desarrollo de cada indicador de manera integral, es decir además de considerar la calidad del agua, considerar: la calidad del suelo, diversidad de flora, fauna, cambio de uso del suelo y corresponsabilidad social, etc.

IX.- LITERATURA CITADA

- Aguilar, C; Oscar E; Ibeth A; Bolagay C; Ana V; Carrera O y Rita M. 2009.** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de los ríos Pita y Mataquí, serranía ecuatoriana. *Boletín técnico No.8, serie zoológica* 4-5:117-120.
- Aguirre, G. R. 2001.** caracterización óptica de la laguna costera de Coyuca de Benítez, Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 46, 2001, pp. 78-97.*
- Alba-Tercedor, J. 1996.** Macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua de los ríos. VI Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA) *Vol. II 203- 213.* España.
- Allan, J. D. y Castillo, M. 2007.** Stream ecology: structure and function of running waters. Second Edition. Springer. p 75-105, 200.
- Álvarez-León, R. 2003.** Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas: *revista bibliográfica y nuevas experiencias. Madera y bosques* 9 (1): 3-25.
- Andersen, A. N. 1990.** The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 16: 347-357.
- Andrew, D. E. 2008.** *Approval of Methods for Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* Joint Editorial Board – AWWA Representative MWH Laboratories Monrovia, CA. En línea:<http://www.standardmethods.org/y> <http://www.mwhlabs.com/files/papers/Standard%20Methods%20overview-%20Region%20VI%20QA%20Conference-2004.pdf>.
- Antón y Díaz D. 2000.** Hidro red Piriguazu ediciones y CIRA-UAEN. 490p.
- APHA; AWWA; WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, US). 1999.** Standard methods for the examination of water and waste water. Method 2130 A-B/1995
- Araujo, V. E. 2003.** *Fauna silvestre del estado de Guerrero*, Guerrero Cultural Siglo XXI, México.
- Arce, V. A. L. 2008.** Serie Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua, Muestreo y Preservación de Grasas y Aceites, y determinación en campo de pH, temperatura y Materia Flotante. Subdirección General de Administración del Agua (CNA) Coordinación de Tecnología Hidráulica (IMTA). SBN 968-7417-83-8. En línea:<http://www.conagua.gob.mx/Espaniol/TmpContenido.aspx?Id=Medici%C3%B3n%20la%20calidad%20del%20Agua%7CUnidades%20Autodid%C3%A1cticas%7C%7C%7C%29%7C%7C>.
- Arcos, R. R; Meza, A. J. L; Cruz, M. P. 2013.** Comportamiento de la salinidad en la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro. Resumen B-45.P. VII congreso de la red latinoamericana de ciencias ambientales del 11 al 15 de nov. 2013, San Carlos Costa Rica.

- Armitage, P. B; Moos, D; Wright, J. F. y Furse M. T. 1983.** The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water. *Water Res.* 17 (3): 333-347.
- Ayala, C. A. 1966.** Algunos estudios de geología marina en lagunas litorales mexicanas y su posible proyección al océano pacífico en los países latinoamericanos. 1er. Seminario Latinoamericano sobre el océano Pacífico, Lima, Perú.
- Ayuntamiento de Coyuca de Benítez, Guerrero. 2008.** En línea:[http://www.coyuca.gob.mx/documentos/plan des mpal.pdf](http://www.coyuca.gob.mx/documentos/plan%20des%20mpal.pdf).
- Ballesteros, N. Y. V. y Zúñiga de Cardozo, M. del C. 2005.** Contribución al conocimiento del género *Anacroneuria* (Plecóptera: Perlidae) y su relación con la calidad del agua en el río Riofrío (Valle del Cauca). Universidad del Valle. Cali. Posgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Boletín. 2 pp.
- Baptista D. F; Buss D. F; Dorville L.F; Nessimian J. L. 2001.** Diversity and habitat preference of aquatic insects along longitudinal gradient of the Macae River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61: 249-258.
- Barbour, M. T; J. Gerritsen, B. D. S. y J. B. Stribling. 1999.** Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841B99002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bartram, J. y Ballance, R. 1996.** Water quality Monitoring: A practical Guide to the Design of freshwater quality studies and monitoring programmes. Chapman Hill. Londres 383 p.
- Barrera-Escorcía, G. I; Nong-Chong, A. S; Sobrino-Figueroa, X; Guzman-García y F. Saavedra-Villeda. 1998.** Estudio preliminar de contaminación Bacteriológica de la Laguna Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 14 (2): 63-68.
- Barrera-Huerta, R. 1975.** Contribución al conocimiento del plancton de la Laguna Tres Palos, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México. 68 p.
- Basáez, L. 2009.** ¿Qué es el pH? Formas de medirlo. *Ciencia...Ahora.* 12 (23):59-60.
- Bautista, Z. F; Delfín, G; J. L. Palacios P. y M. C. Delgado C. 2004.** *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales.* Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Autónoma de Yucatán-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Instituto Nacional de Ecología. UNAM-UAY-CONACYT-INE (editores). México, D.F. 507 p.
- Becerra, T. N. y A. V. Botello, 1994.** Bacterias coliformes totales y fecales en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. Memorias. III Congreso de Ciencias del Mar. La Habana, Cuba. 15 al 18 de febrero, 1994. CD-ROM.

- Becerra, T. N. y A. V. Botello, 1995.** Bacterias coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Hidrobiológica* 5 (1-2), 87-94.
- Beck, W. M. 1955.** Suggested method for reporting biota data. *Sewage Id. Wastes*, 27: 1193-1197.
- Bernal, E; García, G; Novoa, M. A; y Pinzón, A. 2006.** Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada palo blanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biol. Colomb.* 11 (2): 45-59.
- Borror, D. J; D. M. De Long y Ch. A. Triplehorn. 1981.** *Introduction to the study of Insects*. 5th. Ed. Saunders College Publishing. 827 pp.
- Brillouin, L. 1951.** Maxwells demon cannot operate: information and entropy. I and 11. *Journ. Appl. Phys.* 22: 334-343.
- Brown, K. S. 1991.** Conservation of neotropical environments: insects as indicators, pp. 350- 410, en: N. M. Collins y J. A. Thomas. *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press.
- Brugnoli, O. E. y A. Morales R. 1999.** Parámetros Físicoquímicos de la columna de agua en la zona de Punta Morales, Golfo de Nicoya, durante un evento “El Niño”. Universidad de Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanog.* 6 (2): 52-57.
- Bueno, S; J. Razo, G. M y Barba, A. R. 2005.** Tricopteros del Desierto de los Leones, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Apdo. Postal 70-153; México, 04510. D.F.
- Cadena, C. L. F. 2005.** Tesis “macroinvertebrados acuáticos como organismos indicadores de la calidad del agua entre caserío Ingueza y la Ciudad el Ángel, Ibarra, Ecuador”, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.
- Campbell, W. B. 2007.** Innovation in evaluating freshwater macroinvertebrates in Mexico: community-based volunteers and water quality biomonitoring, en R. Novelo G. y P. E. Alonso-Eguía Lis (eds). *Simposio internacional entomología acuática Mexicana: estado actual de conocimiento y aplicación*, Mexico IMTA-Sociedad mexicana de entomología pp.91-104.
- Campbell, W. B. y R. Novelo G. 2007.** Reduction in odonate phylogenetic diversity associated with dam impoundment is revealed using taxonomic distinctness. *Fundamental and applied limnology*. Vol. 168. num. 1 pp.83-92.
- Carrera-Reyes, C; y K. Fierro-Peralbo. 2001.** Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua. Ecociencia. Quito.
- Carvacho, 2012.** Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limarí en Chile. Instituto del Agua, Universidad de Barcelona.

- CARVC, 2004.** Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2004. Convenio interadministrativo 0168 de noviembre 27 de 2002 entre la CVC y la Universidad del Valle. Proyecto de modelación del río Cauca-PMC, Fase II: Identificación de parámetros críticos en el río Cauca y sus principales ríos tributarios. Volumen IX, Santiago de Cali.
- Carter, J. L; Resh, V. H; Hannaford, M. J y Myers, M. J. 2007.** *Macroinvertebrates As Biotic Indicators Of Environmental Quality*. In Hauer, F.R. and Lamberti, G.A. eds. *Methods In Stream Biology*. 2a ed. Academic Press, California, USA. p 805-831.
- Castañé, P. M; Loez, C. R; Olguín, F; Puig, A; Rovedatti, M. G; Topalián, M. L. y Salibián, A. 1998.** Caracterización y variación espacial de parámetros fisicoquímicos y del plancton en un río urbano contaminado (río Reconquista, Argentina). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 14, 69–77.
- Castillo, E. B. 2010.** Diagnóstico ambiental del manglar en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. Tesis doctoral. UCDR.UAG. Acapulco, Gro.
- CE-CCA-001/89.** Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. SEMARNAT. 1990. Gaceta 6. México.
- Chaves, M. L; M. Rieradevall, P; Chainho, J. L; Costa, M. J; Costa, N. P. 2008.** Macroinvertebrate communities of non-glacial high altitude intermittent streams. *Freshwater Biology* 53: 55-76.
- Chapman, D. 1996.** *Water quality assessment. A. Guide to The use Biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2a. ed. UNESCO/WHO/UNEP. Champan y Hall. LondreS, Reino Unido. 626 pp.
- Chessman, B. C. 1995.** Rapid assessment of river using macroinvertebrates: a procedure based on habitat specific sampling, family level identification and biotic index. *Australian Journal of Ecology* 20: 122-129.
- Chessman, B. C y Mc. Evoy, P. 1998.** Towards diagnostic biotic indices for river macroinvertebrados. *Hydrobiología* 364, 169-82.
- Clemente, C. I. P; A. Nava, A. y J. A, Rendón D. 1993.** Análisis de las comunidades ictiofaunísticas de la laguna de Coyuca, Guerrero, México. Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar. cartel 165.
- Clesceri, S. L; Arnold, E. G. y Rhodes T. 1992.** *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España, 1715 pp.
- Cohn, 1853.** Uber lebende Organismen im Trinkwasser. *Z. Klin. Med.* 4: 229-237.
- Coll, M; J. Cortes y D. Sauma. 2004.** Características fisicoquímicas y determinación de plaguicidas en el agua de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol.Trop.* 52 (suppl.2), 33-42.
- Comisión Nacional de Agua (CNA) e Instituto de Biología UNAM (IBUNAM). 2000.** Estudio de desarrollo de monitoreo de la calidad del agua en zonas costeras de los Estados Unidos Mexicanos (proyecto en la zona costera de Tampico y

Tamaulipas) y Bioindicadores de contaminación. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 83 p.

Comisión Nacional de Agua (CNA) e Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA). 1998. Estudios de indicadores biológicos en el río los Pescados, Veracruz. Informe final. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México. 83 pp.

CONABIO, 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

CONAGUA, 1992. *Ley de Aguas Nacionales.* Comisión Nacional del Agua. Última modificación en el Diario Oficial de la Federación. 18 de abril de 2008.

CONAGUA, 1994. *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.* Comisión Nacional del Agua. Última modificación en el Diario Oficial de la Federación. 29 de agosto de 2002.

CONAGUA, 2004, *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento 2004,* Conagua, México.

CONAGUA, 2006. *Estadísticas del Agua en México.* Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA) 4ª edición. ISBN 968-817-758-X. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. 120 PP.

Contreras, E. F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos.* CONABIO-Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México, 415 pp.

Contreras, E. F. 1993. *Ecosistemas Costeros Mexicanos.* 1a Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad UAM-I. México. 42313.

Contreras, R. A. 1999. Mating behavior of *Platyneuromus* (Megaloptera: Corydalidae) with life history notes on dobsonflies from Mexico and Costa Rica. *Entomological News* 110: 125-135.

Corbet, P. S. 1999. Dragonflies behavior and ecology of odonata. University of Edinburgh. Scotland, UK. 828 p.

Cummins, K. W. y R. W. Merritt. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, Kendall. Hunt Pub. Co.

Cummig, K. y J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review Ecology and Systemic.* 10: 147-172.

Chin, J; K. Ruiz; P. Aguilar; V. Arias y M. Masis. 2012. Caracterización de la calidad del agua de la Quebrada Sanatorio en Tierra Blanca ubicada en una zona agrícola de la provincia de Cartago y sus implicaciones para la salud pública. *Mundo da Saúde* 36(4):548-555.

D, Dudgeón. 1992. The potamidae and parathelphusidae (crustacean: decapoda: brachyuran) of Honh Kong. *Invent. Tex. Melbourne,* 6: 741-768.

Daly, H. V; J. T. Doyen y A. H. Purcel. 1998. *Introduction to Insect Biology and Biodiversity.* Oxford University Press. Second edition, 680 pp.

- Dávila, Z. J. J. 1986.** Distribución y abundancia del fitoplancton durante el ciclo estacional verano 83-verano 84 en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. Tesis profesional. Fac. Cienc. UNAM. 135 p.
- De la Lanza, E. G; J. Alcocer. D; J. L. Moreno. R y S. P. Hernández. P. 2008.** Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos Guerrero, México. *Hidrobiológica* 18 (1): 21-30.
- De la Lanza, E. G., P.S. Hernández y P.J.L. Carvajal. 2000.** *Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación* (Bioindicadores). Ed. Plaza y Valdés, México. 633 p.
- De la Lanza, E. G. 1996.** *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. UNAM-Plaza y Valdes, Mexico, 283 pp.
- De Pauw, N. y G. Vanhooren. 1983.** "Method for Biological Quality Assessment of watercourses in Belgium" *hidrobiologia*, núm. 100, pp. 153-168.
- Delgadillo, C. E. A. 1986.** Evaluación de la materia orgánica particulada en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, durante el ciclo otoño 1983- verano 1984 y su relación con percepción remota, tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 82 p.
- Diario Oficial. 2007.** La Gaceta N° 178. Lunes 17 de setiembre del 2007. AÑO CXXIX. 7 Págs.
- Domínguez, E. y Fernández, H. R. 2001.** *Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos*. Editorial Universitaria de Tucumán. 282 p.
- Escobedo, U. D. y Sigala, R. 1991.** Algunos aspectos hidrológicos y calidad del agua del estero El Capoa, Valle del Carrizo, Sinaloa. Estación Oceanográfica del Pacífico Centro. Secretaría de Marina. Informe Técnico. Topolobampo, Sinaloa. 29 pp.
- Escobedo-Urías, D; Hernández-Real M. T; Herrera-Moreno, N; Ulloa-Pérez A. E. y Chiquete-Ozon Y. 1999.** Calidad bacteriológica del sistema lagunar de San Ignacio Navachiste, Sinaloa. *Ciencia y Mar. III (9)*, 17-27.
- Escobedo-Urías, D; Hernández-Real M. T; Herrera-Moreno, N; Ulloa-Pérez A. E. y Chiquete-Ozon Y. 2000.** Distribución de variables físicas y químicas de las lagunas de San Ignacio, Navachiste y Macapule, Sinaloa. Memorias. XII Congreso Nacional de Oceanografía. Huatulco, Oaxaca, México. 22 al 26 de mayo, 2000. CD-ROM.
- Fernández, L. y Springer. M. 2008.** Evaluación: efecto del beneficiado del café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, San José, Costa Rica, 2008.
- Fernández, M. F; J. Aznar y J. A. Raga. 2006.** Participación Ciudadana: ¿Realidad o utopía? Unidad de Zoología Marina, Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia. A.P. 22085, Valencia

46071, España. En línea: <http://www.Cibersociedad.net/public/documents/47s3nf.pdf>.

Ferrara-Guerrero, M. J; Castellanos-Páez, M. E. Y Garza-Mouriño. G. 2007. Variation of a benthic heterotrophic bacteria community with different respiratory metabolisms in Coyuca de Benítez coastal lagoon (Guerrero, México). *Rev.Biol.Trop.* 55 (1), 157-169.

Figuroa, R; C. Valdovinos; E. Araya y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 275- 285.

Figuroa, R; Araya, E; Parra, O. y Valdovinos, C. 1996. Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadores de Calidad de Agua. VI Jornadas del CONAPHICHILE.

Flores, V. F; F. González F; D. S. Zamorano y P. Ramírez G. 1992. Mangrove ecosystem of the Pacific Coast of México:Distribution, structure, litterfall and detritus dynamics. In : SEELIGER, U. (Ed.)Coast plant communities of Latin America. Academic Press, 1992: 259-288.

Flores, M. M. A; Flores-Hernández, M; Ríos-Miranda, Ma. Y Álvarez-Hernández, S. H. 2010. Evaluación de la calidad ambiental en playas de uso recreativo (Acapulco, Gro.). Memoria del VXII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Campeche. México.

Flores, V. O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México:* vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO. 439 pp.

Flores, V. O. y P. Gerez. 1988. Conservación en México: Síntesis sobre Vertebrados Terrestres, Vegetación y Uso del Suelo. Conservación Internacional. Inst. Nac. Inv. Rec. *Biót. México*,:1-302.

Galindo, F. 2000. Informe del Estudio de Caracterización de la Laguna de Tres Palos, Acapulco, Guerrero. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 31pp.

Galdean, N; Callisto M. y Barbosa F. A. 2001. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal ecosystems of Serra do Cipo (MG, Brazil). *Braz. J. Biol.* 61: 239-248.

García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen.* 4ª ed. Offset Larios, México, D.F. 271 pp.

García, E. N. y K. G. Rosas. 2010. Biodiversidad de insectos acuáticos asociados a la Cuenca del Río Grande Manatí. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), Puerto Rico.

García, L. 1999. Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua. Tesis: Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Santiago de Cali.

- Gaufin, A. R. y Tarzwell, C. M. 1952.** Aquatic invertebrates as indicators of stream Pollution. *Amer. Publ. Health Rep.* 67: No. 1.
- Gobierno del Estado de Guerrero. 2005.** Plan estatal de Desarrollo 1999-2005, Programa Sectorial de Ecología y Medio Ambiente. Enciclopedia de los municipios de México. GUERRERO. Instituto Nacional para el Federalismo y el desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Guerrero. En Línea: <http://www.e-local.gob.mx/work/templatess/enciclo/guerrero/municipios/12021a..htm>.
- González N. A. F; F. Racca F; L. Neves D. S. y F. Gerson A. 2009.** "El pez *Trachelyopterus striatulus* (Siluriformes: *Auchenipteridae*) como herramienta de muestreo de la entomofauna en un embalse tropical" *Rev. biol. trop* v.57 n.4 San José dic. 2009.
- Graniel, C. E. y Carrillo, C. M. 2006.** Calidad del agua del río Zanatenco en el estado de Chiapas. *Ingeniería* 10, 35-42.
- Graterol, H; Goncalves L; Medina B. y Pérez B. 2004.** Insectos acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Guacara, Carabobo-Venezuela. Departamento de Biología, FACY Universidad de Carabobo Valencia, Venezuela.
- Guerrero, H. 2006.** Pequeña guía para la interpretación de análisis fisicoquímicos de aguas. Sociedad Acuariologica del Plata. S.A. del Plata. En línea: <http://www.sadelplata.org/>.
- Guerrero, A. 1996.** Macroinvertebrados como bioindicadores en la evaluación de la calidad de agua en ríos. *Tecnología en marcha* Vol. 12 n.º 3.
- Guerrero-Bolaño, F; Manjarrés-Hernández, A. y Nuñez-Padilla, N. 2003.** Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del Río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del Agua. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 8 No. 2. Pp. 43 - 55.
- Guzmán, M. y G. Rojas. 1976.** "Ecología de las lagunas costeras (Coyuca de Benítez)", Curso de Biología de Campo, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Halfpter, G. y M. E. Favila. 1993.** The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) and animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rain forest and modified lanscaps. *Biology Internacional*, 27: 15-21.
- Hauer, F. y G. Lamberty. 1996.** *Methods in stream ecology*. Academic Press, New York, USA. 674 pp.
- Heck Jr. K. L; D. A. Nadeau y R. Thomas. 1997.** "The nursery role of seagrass beds" *Gulf of Mexico Science* 1 (1997): 50-54.
- Henne, L. J; D. W. Schneider y L. M. Martinez. 2002.** Rapid assessment of organic pollution in a west-central Mexican river using Family-level biotic index. *Journal of environmental planning and management* núm. 45 pp.613-632.
- Hernández-Real, M.T; D. Escobedo y M. Grajeda. 1995.** Water quality at the lagoon complex of Topolobampo, Sinaloa, México. *Memorias. Primer encuentro internacional de Ecología Microbiana*. México, D.F. 8 al 12 de mayo de 1995. CD-ROM.

- Hilsenhoff, W. L. 1988.** Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.
- Hilsenhoff, W. L. 1998.** A modification of the biotic index of organic stream pollution to remedy problems and permit its use throughout the year. *Great Lakes Entomologist* 31:1-12.
- Hoffman, R. L. 1995.** Inventorying and monitoring terrestrial arthropods. En: *Biodiversity Measuring y Monitoring, International course*, CRC. Biodiversity Program, Smithsonian Institution. http://www.conama.cl/educacionambiental/1142/articles-29100_recurso_3.pdf
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>.
- Huaylinos, V. W; E. Quispitúpac Q. y N. Martínez L. 2003.** Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (PIURA-PERÚ). *Rev.Inst. Investig. Fac. Ing. Geol. Min. Metal. Geogr.* 6 (11), 7-19.
- Huerta, L. E; J. Rodríguez O; I. E. Castillo; E. Montejo M; M. de la Cruz. M. y R. García H. 2008.** Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Tierra Latinoamericana. Vol. 26* No. 2. pp.171-181.
- Huerto, R; P. Alonso E; B. Brug y P. Maya. 2005.** “Monitoreo biológico de la calidad del agua en ríos caudalosos: Amacuzac y Balsas”, Anuario IMTA, México.
- Huryn, A. D y Wallace J. B. 2000.** Life history and production of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 83-110.
- Hurtado, S; F. García T. y P. J. Gutiérrez Y. 2005.** “Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río San Juan, Querétaro México. *Folia entomológica mexicana. Vol. 44, núm.3.* pp.271.286.
- INE, 1989.** Acuerdo CE-CCA-001/89. Por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua, Instituto Nacional de Ecología. Diario Oficial de la Federación. 2 de diciembre de 1989.
- INEGI, 2005.** II Censo de Población y Vivienda, estadísticas censales a escalas geoelectorales, resultados por localidad. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Biblioteca digital. En línea: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx> 02/05/2009.
- Instituto Mi Río-Universidad de Antioquia. 2001.** Segunda evaluación biológica del río Medellín. Colección Estado Social Ecológico y Ambiental del río Medellín. Tomo II. 109 pp.
- Jacobsen, D. 2008a.** Low oxygen pressure as a driving factor for the altitudinal decline in taxon richness of stream macroinvertebrates. *Oecologia* 154:795-807.
- Jacobsen, D. 2008b.** Tropical High-Altitude Streams, pp: 219-256. En Dudgeon, D. (ed.), *Tropical Stream Ecology*. San Diego: Academic Press. 219pp.

- Jara, C. 2002.** Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas retrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile, Universidad de Chile.
- Jáuregui, M. C. S; Ramírez, H. M. A; Espinoza, R. R; Tovar, R. R; Quintero H. B. y Rodríguez, C. I. 2007.** Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa, Nayarit México y propuestas de solución. *Rev. Latin. Rec. Nat.* 3, 65-73.
- Jill, S. B. N; LeRoy P. P. L; Angermeier, C. N; Dahm, P. H; Gleick, N. G; Hairston, R. B; Jackson, C. A; Johnston, B. D; Steinman, R; Steinman, A. D. 2003.** Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. *Ecological Society of America. Washington DC. US. no 18:1-18.*
- Klimek, R. 1988.** The hydrochemistry, productivity and sea water interaction of three coastal tropical lagoons in the south of Mexico. (Hidroquímica, productividad e interacción del agua de mar en tres lagunas costeras tropicales en el sur de México. Res. Joint Oceanography Assembly. 53.
- Klimek, R. 1978.** Hidroquímica y productividad primaria de tres lagunas costeras del Pacífico, tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Kolenati, F. A. 1848.** "Über Nutzen und Schaden der Trichopteren, Stetliner Entomol. Ztg. 9.
- Kolkowilz y Marsson. 1908.** Ecology of plant saprobia, Ver. dt. Ges. 26: 505-519.
- Kolkowilz y Marsson. 1909.** Okologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeurteilung. Internationale Revue der gesarnten *Hydrobiologie.* 2: 126-152.
- Kremen, C; R. Colwell; T. L. Erwin; D. D. Murphy; R. F. Noss y M. A. Sanjayan. 1993.** Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation biology,* 7(4): 796-808.
- Leiva, M. 2003 y 2004.** Macroinvertebrados bentónicos como Bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucania. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la universidad Católica de Temuco, facultad de ciencias, Temuco, 111p.
- LENNTECH, 2009.** Agua residual y purificación del aire Holding B.V. TDS y conductividad eléctrica (en línea). Madrid, Sp. Consultado 02 enero.2013. disponible en <http://www.lennotech.es>.
- Leslie, H. A; Pavluk T. I; Bij de Vaate A. y Kraak M. H. 1999.** Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the Chusovaya river (Urals, Russia). Arch. environm. contam. *Toxicol.* 37: 182-189.
- Lewis, E. L. 1980.** Escala práctica de salinidad 1978 y sus antecedentes. *IEEE J. Ocean. Eng., OE-5(1):* 3-8.
- Linsley, G. J. 1958.** Zoogeography of insects .-Ann. Rev. Ent., "Vol. 3, pp.207-230.

- Llanos, R. J. R. 1987.** Abundancia y distribución del zooplancton en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 115 p.
- López, A. F. J. B. 1986.** Caracterización hidrológica para evaluar la calidad de la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, durante el ciclo anual otoño de 1983 - verano de 1984 y la aplicación de técnicas de recepción remota. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 79 pp.
- López del Castillo, P; González, L. D. D. y Naranjo L. J. C. 2006.** Lista de insectos acuáticos de la reserva ecológica "Alturas de Banao", Sancti Spiritus, Cuba (Insecta). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 38: 201-204.
- López, H. M; Ramos E. M. G. y Hernández G. M. 2005.** Biomonitorio rápido para evaluar contaminación orgánica en el río Lerma, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, 2005.
- López H. M; Ramos E. M. G. y J. Carranza F. 2007.** Multimetric analyses of assessing pollution in the Lerma river and Chapala lake, México. *Hidrobiología*. Núm. 17 suplemento 1. Pp.17-30.
- López, N. F. A; Gonzalez F. L; Gutiérrez D. I. y Rodríguez V. D. 2011.** Efecto de una presa sobre las comunidades bentónicas de macroinvertebrados y su hábitat en un río Atlántico. *Boletín BIGA*, 10: 19-29.
- Majer, J. D. y J. H. C. Delabie. 1994.** Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux*, 41: 343-359.
- Mandaville, S. 2002.** Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. (Project H-1) Soil y Water Conservation Society of Metro Halifax Email: limnes@chebucto.ns.ca Master Homepage: <http://chebucto.ca/Science/SWCS/SWCS.html>.
- Margalef, R. 1951.** Diversidad de especies en las comunidades naturales. P. *Inst. Biol. Appl.* 9: 15-27.
- Margalef, R. 1955.** Los organismos indicadores en la Limnología. *Inst. Forestal Invest. Expert.*, Madrid. *Biol. Aguas Continentals* 12: 1-300.
- Margalef, R. 1956.** Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Investigación Pesq.* 3: 99-106.
- Margalef, R. 1958.** Information theory in ecology. *Gem. Syste.* 3: 36-71.
- Margalef, R. 1969.** El concepto de polución en Limnología y sus indicadores biológicos. Simposio sobre polución de las aguas, Agua 7.
- Martínez, G. A. 1978.** Distribución y variación estacional del zooplancton en cinco lagunas costeras del Edo. de Guerrero. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1978; 5: 201-214.
- Mathooko, M. J; Mpawenayo, B.; Kipkemboi, J. y Merimba, Ch. 2005.** Distributional patterns of diatoms and *Limnodrilus oligochaetes* in a Kenyan dry

streambed following the 1999-2000 drought conditions. *International Review of Hydrobiology* 90(2): 185-200.

Mathuriau, C; Mercado, S. N; Lyons, J; Martínez, R. L. M. 2010. Los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México: estado actual y perspectivas. Segundo congreso nacional RETAC. 23-25 Agosto 2010, Cuernavaca Morelos.

Mayr, E. L. E. G. Y Usinger R. L. 1983. Methods and principles of systematic Zoology .-Mc Graw.Hill Book Company Inc.

McCafferty, W. P. 1983. Aquatic Entomology. Jones y Bartlet Publ Inc Boston, USA 412 pp.

McCarffety, W. P y A. Provonsha. 1998. Aquatic Entomology. Jones y Bartlet Publs.Boston, Massachusetts.

Medina-Tafur, C. M; Hora-Revilla, I; Ascencio-Gusmán, W; Pereda-Ruíz, R. Gabriel-Aguilar. 2010. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicana. La Libertad, Perú. Uniciencia. 5-20 Págs.

Merrit, R. W; Cummins, K. W. 1996. An introduction to the Acuatric insect of North America. Kendall- Hunt Plublishing Company. Ohaio, USA. 3 ed.

Mesa, L. 2010. Hidraulic parameters and longitudinal distribution of macroinvertebrates in subtropical Andean basin. *Interciencia* 35(10):759-764.

MINAE, 2003. (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). Propuesta de Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de Costa Rica. San José, CR. 22 p.

Miserendino, M. L. 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams. *Hydrobiologia* 444:147-158.

Monaghan, K. A; M. R. Peck; P. A. Brewin; M. Masiero; E. Zarate, P. Turcotte, y S. J. Ormerod. 2000. Macroinvertebrate distribution in Ecuadorian hill streams: the effects of altitude and land use. *Archiv für Hydrobiologie* 149 (3): 421-440.

MMA, 1997. Resolución 257/97 del Medio ambiente por medio de la cual se establecen controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas. Ministerio de Medio Ambiente de la República de Colombia. Santafé de Bogotá D.C. Publicado el 26 de marzo de 1997.

Moller, H. 1973. "La desconocida Coyuca", México desconocido, INJUVE, México.

Moya, N; F. M. Gibon; T. Oberdorff; C. Rosales y E. Domínguez, 2009. Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano Boliviano: Implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología aplicada*, 8 (2): 1726-2216.

- Monreal, A. 1991.** Evaluación de la concentración de clorofila a fitoplanctónica en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, durante el ciclo estacional verano 1983-verano 1984 y su relación con técnicas de percepción remota, tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Moun, C y Moulton, P. 1991.** Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in Pacific Northwest and Alaska. EPA (en línea). Consultado 10 dic. 2009. Disponible en <http://www.co.pierce.wa.us/.../Optimal%20Water%20Quality%20Standard%20for%20Aquatic%20Ecosyst...>
- Muñoz, R. S. C; N. López. G; García, G. D; D. González, L. M. Cordero y L. Rodríguez M. 2003.** Evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. Rev. Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 9(2):147-143.
- Mustow, S. E. 2002.** Biological monitoring of rivers in Thailand; use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia* 479: 229229.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEMARNAT-1996.** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a bienes nacionales.
- Novelo, G. R. y P. Alonso, E. L. 2007.** Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: Estado actual del conocimiento y Aplicación, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Sociedad Mexicana de Entomología, Jiutepec, Mor., 105 pp.
- Ogbeibu, A. E y Oribhabor B. J. 2002.** Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. *Water Res.* 36: 2427- 2436.
- Oliver, I. y A. J. Beatti. E. 1992.** A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation biology*, 7(3): 562-568.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). División de Ciencias del Agua. 2003.** *Agua para todos, Agua para la vida.* Resumen del Primer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Paris, Francia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). División de Ciencias del Agua. 2006.** *El agua, una responsabilidad compartida.* Resumen Ejecutivo del Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Paris, Francia.
- Ortiz, F. 1975.** La pesca en México. Fondo de cultura económica. Colección testimonios del Fondo, 31: 63 pág.
- Oyanedel, A; C. Valdovinos; M. Azocar; C. Moya; G. Mancilla; P. Pedreros y R. Figueroa. 2008.** Patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del río Aysen, Patagonia Chilena. *Guyana* 72 (2): 241-257.

- Paredes, C; J. Lannacone y L. Alvarino. 2004.** Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Rev. Per. Ent.* 44: 107-118.
- Patrick, R. 1949.** A proposed biological measure of stream conditions, based on a survey of the Conestoga basin, Lacaster County, Pennsylvania. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philad.* 101: 277-341.
- Patrick, R. 1950.** Biological measure of stream conditions. *Sewage and Wastes.* 22: 926-939.
- Pavé, P. y Marchese. M. 2005.** “Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)”. (en) *Ecología Austral* 15:183-197. Diciembre 2005. Asociación Argentina de Ecología. Peces en estanques - Hongos [En línea]: Estanques y Peces. [Citado el 28 de Mayo del 2009]. Disponible en: <http://www.estanquesypeces.com/peces/hongos.htm> - 35k.
- Payne, A. I. 1986.** The ecology of tropical lakes and rivers. John Wiley & Sons, Chichester, Great Britain. 245 p.
- Prat, N; I. Muñoz; G. González y X. Millet. 1986.** Comparación crítica de dos índices de calidad de aguas: ISQUA y BILL. *Tecnología del agua.* 31: 33-49.
- Pearson, D. L. y F. Cassola. 1992.** World-wide species richness patterns of Tiger Beetles (Coleoptera: *Cicindelidae*): Indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conservation Biology,* 6: 376-391.
- Pearson, T. H. y R. Rosenberg. 1978.** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol.* 16. 229-331.
- Pérez, M; P. Arreola E; R. M. Madrigal P; R. M. Ortiz M; M. A. Piñón F; V. M. Ramírez M y U. Torres G. 2006.** Análisis comparativo del índice de integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA) con el índice biológico global normalizado (IBGN) en arroyos y ríos del estado de Michoacán, en Estrada Venegas, E; J. Romero Nápoles, A. Equihua Martínez, C. Luna León y J.L.Rosas Acevedo.
- Pérez, M. R. M. 2007.** “Uso de los macroinvertebrados acuáticos en el monitoreo ambiental de ríos y arroyos”, en R. Novelo G. y P.E. Alonso Eguía Lis (eds). simposio internacional entomología acuática mexicana: estado actual de conocimientos y aplicación, México IMTA- Sociedad mexicana de entomología pp.63-77.
- Pérez, M y R. Pineda L. 2005.** Diseño de un índice de integridad biótica, para ríos y arroyos del centro de México, usando las asociaciones de macroinvertebrados. *Entomología mexicana.* Núm. 4 pp. 241-245.
- Pérez, M; R. Pineda L. y M. Medina N. 2007.** Integridad biótica de ambientes acuáticos, en M. Herzig; E. Peters Recogno; O. Sánchez; L. Zambrano y R. Márquez Huitzil (eds), perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México, Instituto Nacional de Ecología pp. 71-111.

- Pérez, M y Victoria, C. 1977.** Diversidad y macrofauna de la comunidad de las raíces sumergidas del mangle rojo en la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de Los Vásquez. Trabajo de Grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 68 p.
- Ramírez, E. R. 1988.** Laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, un sistema de estudio integrado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 64pp.
- Ramírez, G. R. 1952.** Estudio ecológico preliminar de las lagunas costeras cercanas a Acapulco, Gro. *Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat.* 13 (1-4): 199-218.
- Ramos, D. F. J; Quiroz F. A. de Jesús; Ramírez G. A. J.P. y Lot H. A. 2004.** Manual de hidrobotánica. Muestreo y Análisis de la vegetación acuática. México, D.F. Editorial AGT Editor, S.A. 158pp.
- Ray, I. 2007,** "Women, Water and Development", *Annual Review of Environment and Resources*, 32:421-49.
- Rendón, D. J. A; Ponce, P. J.T; Rojas, H. A; Arredondo, F. J. L; De La Lanza G; Flores V. F. 2011,** Morfometría, hidrodinámica y físico-química del agua de la Laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Revista Bio Ciencias Enero 2012 Vol. 1 Núm. 4 Año 2.*
- Revision and testing of bmwp scores, 2007.** Final Report Project WFD72A.SNIFFER. England. BMWP family level" analyses. Those in bold are the additional taxa required by the LIFE score system and will be included in 2006-2011 CEH audit..
- Rice, S .P; Greenwood, M. T. y Joyce, C. B. 2001.** Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58(4): 824-840.
- Rivera, V. R; Palacios, V. O. L; Chavez, M. J; Belmont, M. A; Nikolski G. I; De la Isla de Baver, M. L; Guzman, Q. A; Terrazas, O. L. y Carrillo, G. R. 2007.** Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino Tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle de México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 23: 69-77.
- Robles, V. E; Ramírez, F. E; Gallegos, N. E; Ibarra, M. R; Ramírez, G. P; Duran, D. A; Martínez, R. B. y Sainz, M. M. G. 2000.** Laguna Negra (Puerto Marqués), refugio florístico y faunístico en riesgo de extinción. En Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente: Memorias técnicas. México, D.F. 1-11pp. Morelia, México, 21-24 marzo.2000. CD-ROM.
- Rocabado, G. y J. G. Wasson. 1999.** Regionalización de la Fauna Bentónica en la Cuenca Andina del río Beni (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología* 6: 121-132.
- Rogers, C. E ; Brabander, D. J ; Barbour, M. T; Hemond, H. F. 2002.** Use of physical, chemical, and biological indices to assess impacts of contaminants and physical habitat alteration in urban streams. *Environ. Toxicol. Chem.* 21: 1156-1167.

- Roldán, P. G. 2003.** Bioindicación de la calidad de aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col. 1a. Ed. Medellín, Col: Editorial Universidad de Antioquía. 170 págs.
- Roldán, P. G. 1992.** Fundamentos de Limnología Tropical. Ciencia y tecnología Medellín, Colombia.
- Roldán, P. G. 1996.** Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. FEN-Colombia, COLCIENCIAS - Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.
- Román, C. R. 1991.** Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decápoda: Palaemonidae) en la laguna Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 18 (1):* 109-121.
- Román, C. R. 1991.** Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decápoda: Palaemonidae) en la Laguna de Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. *Anal. Inst. Cien. Mar Limnol. 3,* 87-96.
- Romero, V. F. 2001.** Capítulo 3. Plecóptera. pp. 93-109. En: Fernández, H.R. y Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos, sudamericanos. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina. 282 pp.
- Romero, V. F. 2001.** Capítulo 4. Megaloptera. Pp. 111-120. En: Fernández, H.R. y Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina. 282 pp.
- Romero, V. F. 2001.** Capítulo 5. Lepidóptera. p. 121-130. En: Fernández, H.R. y Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos, sudamericanos. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina. 282 pp.
- Rosas, I; M. Mazari; J. Saavedra y A. P. Báez. 1985.** "Benthic organisms as indicators of water quality in lake Patzcuaro", *Mexico Water, air and soil pollution, vol. 25 Num.4,* 401-414pp.
- Rosemberg, D. M. y Resh V. 1993.** Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrate. Publicación. 420: 330-354.
- Rosenberg, D. M; Davies, I. J; Cobb, D. G. y Wiens, A. P. 1997.** Ecological Monitoring and Assessment Network (EMAN) Protocols for Measuring Biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters. Dept. of Fisheries y Oceans, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba. 53, Appendices. (<http://www.cciw.ca/eman-temp/research/protocols/freshwater/benthic>),

- Rosi, M. E. J. 2004.** Decline in the quality of suspended fine particulate matter as a food resource for chironomids downstream of an urban área. *Freshwater Biology*. 49:515-525).
- Royer, T. V; Robinson, C.T; Minshall, G. W. 2001.** Development of macroinvertebrate-based index for bioassessment of Idaho rivers. *Environ. Manag.* 27: 627-636.
- Ruiz, A. P. y Pérez, Z. A. M. 1992.** Cartografía de la salinidad en la laguna costera tropical oligohalina con imágenes MSS y TM Landsat. *Geofis. Intern.* 31 (1): 95-110.
- Rzedowski, J. 2006.** *La Vegetación de México*. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (editor). México, D.F. 504 pp.
- Saldaña, F. P; L. R. López; M. J. C. Sandoval y S. E. Salcedo. 1998.** informa final estudio de indicadores biológicos en el río Pescados, Veracruz, México IMTA, convenio CNA-SGT-IMTA 78pp.
- Saldaña, F. P; J. C. Sandoval M; R. L. López y E. S. Sánchez. 2001.** utilización de un índice de diversidad para determinar la calidad del agua en sistemas lóticos. *Ingeniería hidráulica en México. Vol. 16 núm. 2* PP.57-66.
- Samboni, R. N. E; Carvajal E. y J. C. Escobar J. 2007.** Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Rev.Ing.Inv.Universidad Nacional de Colombia. Vol. 27, Número:003:* 172–181.
- Schenk, E. T. y MacMasters J. H. 1948.** Procedure in taxonomy.- New Edition. Stant. Univ. Press. Stanford, Cal.
- SE, 2000.** Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000. Análisis de agua, determinación de la conductividad electrolítica, método de prueba. Secretaría de Economía. Diario oficial de la Federación. 18 de diciembre del 2000.
- SE, 2001.** Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua, determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. 01 de agosto del 2001.
- SEDER, 2007.** Estudio para determinar la factibilidad técnica, económica, biológica, social, proyecto ejecutivo y manifestación de impacto ambiental, para el dragado del canal de intercomunicación en el sistema lagunar Mitla-Coyuca, Municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección general de fomento pesquero. Informe técnico. Chilpancingo, gro. 150 pp.
- Segnini, S. 2003.** El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Eco trópicos No. 16. Vol. (2),* Sociedad Venezolana de Ecología. Pp. 45 – 63.

SEGOB, 2010. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Gobernación. Última modificación en el Diario Oficial de la Federación. 27 de abril del 2010.

SEMARNAP-INE, 2000^a. La Calidad del Agua en los Ecosistemas Costeros de México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 407 PP.

SEMARNAT, 1996^a. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas de bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación . 06 de enero de 1997.

SEMARNAT, 2007^c. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 05 de Julio de 2007.

Shannon, C. E. y W. Weaver. 1963. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana.

Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana, IL. Pp 19-27, 82-103, 104-107.

Sheldon A. L. 1969. Equitaility indices: dependence of the species coun!. Ecology 50: 466-467.

Sheridan, R. M; G. D. Carrol; C. R. Jackson; T. C. Rasmussen y J. L. Shelton. 2009. Simple alternative methods for biological component of waterched assessments. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held, April, 23-27 2009 at the University of Georgia Athens, Georgia.

Silva, I. L; Gutiérrez, C. C; Galeana, M. L. y López, M. A. 2007. El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. Gaceta ecológica. *Instituto Nacional de Ecología, México.* 82 (2007):69- 76.

Simpson, E. H. 1949. Measurment of diversity. *Nature* 163 (4148), 688

SNET, 2013 (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). s. f. Cálculo del Índice de la Calidad de Agua en El Salvador. (en línea). El Salvador. Consultada 2 enero. 2013. Disponible en www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/ calculo ICA.pdf.

SSA, 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, aguas para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 22 de noviembre del 2000.

Tamaris, T. C. E; Turizo, C. R. R. y Zúñiga, M. del C. 2007. Distribución espaciotemporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacroneuria* (Insecta: Plecóptera: *Perlidae*) en el r ío Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia* 29(2): 375-385.

Tamayo, L. J. 1962. *Geografía General de México.* Geografía Biológica y Humana. Tomo III., PP.113-182.

- Thompson, C. J. L. 1962.** Microclimates and the distribution of terrestrial arthropods.-Ann. Rev. Ent." Vol. 7", p. 199.
- Thorp, J. H. y Covich, A. P. 2001.** Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2 ed. Academic Press. Orlando, Florida. US. 19-30 p.
- Toledo, A. 2003.** Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México / Alejandro Toledo - INE -- México, INE-SEMARNAT, 2003.
- Tomanova, S; E. Goitia y J. Helesic. 2006.** Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hidrobiología* 556: 251-264.
- Torres, R. M. 1980.** Evaluación de la contaminación por detergentes en el río Coyuca de Benítez, Estado de Guerrero. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto politécnico Nacional, México, D.F. 70 pp.
- Triplehorn, Ch. A y Johnson, F. N. 2005.** Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Thompson Brooks/Cole, Belmont. 864 pp.
- Ufnar, D; Ufnar, J; Ellender, R. D; Rebarchik, D. y Stone, G. 2006.** Influence of coastal processes on high fecal coliform counts in the Mississippi sound. *Journal of Coastal Research* Vol. 22(6):1515-1526 pp.
- UNESCO, 1985.** The international system of units (SI) in oceanography. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Tech. Pap. Mar. Sci. No. 45. Technical report. Paris, France. 131pp.
- UNESCO, 1981^a.** Escala práctica de salinidad 1978 y la ecuación internacional de estado del agua de mar 1980. Tech. Pap. Mar. Sci. No.36. Reporte Técnico. Paris, Francia. 25 pp.
- UNESCO, 1981^b.** Documentos de base y datos en la escala práctica de salinidad 1978 Tech. Pap. Mar. Sci. No.37. Reporte Técnico. Paris, Francia. 144 pp.
- UNESCO, 1985.** The international system of units (SI) in oceanography. United Nations Educational, scientific and cultural Organization. *Tech. Pap. Mar. Sci. No.45.* Reporte Técnico. Paris, Francia. 131 pp.
- UPRM, 2010 (Universidad de Puerto Rico Mayaguez).** Manual de ecología microbiana oxígeno disuelto (en línea). consultado 02 feb 2010.
- Vannote, R. L; Minshall, G. W; Cummins, K. W; Sedell, J. R. y Cushing, J. 1980.** The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Vásquez, D; R. W. Flowers y M. Springer. 2009.** Life history of five small minnow mayflies (Ephemeroptera: Baetidae) in a small tropical stream on the Caribbean slope of Costa Rica. *Aquat. Insect.* 31: 319-332.
- Vázquez G; Castro G; González I; Pérez R. y Castro T. 2006.** Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. 7 p.
- Vera, A. G. J; Vargas, Z. J. y García, C. J. 2006.** Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54 (Suppl. 1):35-48 pp.

- Wallace, J. B; Wedster, J. R. 1996.** The role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. *Ann. Rev. Entomol.* 41: 115-139.
- Ward, J; K. Tockner; D. Arscott. y C. Claret. 2002.** Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology* 47: 517-539.
- Weigel, B. M; L. J. Henne. y L. M. Martinez R. 2002.** Macroinvertebrate-based index of biotic integrity for protection of streams in West Central-Mexico, journal of north American benthological society. Núm. 21. Pp. 686-700.
- Wences, R. R. 2001.** Al rescate del factor subjetivo en el desarrollo. Memorias. VII Encuentro Nacional de Desarrollo Regional en México. Instituto Tecnológico de Acapulco, Guerrero, Mex. 24 al 26 de octubre, 2001. CD-ROM.
- Wetzel, R. G. y G. E. Likens. 1979.** Limnological análisis, 4a ed., W. B. Saunders Company (ed.), Philadelphia.
- Whitman, R. L y Nevers, M. B. 2008.** Coastal strategies to predict *E. coli* concentrations for beaches along a 35 km stretch of southern Lake Michigan. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 4454–4460.
- Wilhm, J. L y Dorris T. C. 1966.** Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. *Am. Midl. Nat.* 76: 427-449.
- Wilhm, J. L y Dorris. T. C. 1968.** Biological parameters for water quality criteria. *Bioscience* 18: 447-48.1.
- Williams, D. D. y Feltnate, B. W. 1992.** Aquatic Insects. C.A.B. International, Wallingford, UK Oxford. 358 PP.
- Williams, D. D y Feltnate, B. W. 1992.** Aquatic Insects. Division of Life Sciences. Scarborough Campus. University of Toronto. Canada. Redwood Press Ltd., Melksham. UK. 336 p.
- Yáñez-Arancibia, A. 1976b.** Fish Culture in costal Lagoon: Perspective in México. Progress in Marine Research in the Caribbean and Adjacent Regions, In: Stewart, H.B. (Ed) CICAR –II Symposiom, Caracas, Venezuela, July 12-16, 1976. FAO fish. Rep, 200: 529-547 (1977).
- Yáñez-Arancibia, A. 1975a.** Sobre los estudios de los peces en las lagunas costeras: Nota científica. An. Centro Ciencias del Mar y Limnología. *Univ. Nal. Aut. Méx.* 2 (1): 53-60.
- Yáñez-Arancibia, A. 1977.** "Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México", Anales del Centro de Ciencias del Mar y *Limnología*, vol. 2, UNAM, México, PP. 1-306.
- Yáñez-Arancibia, A. 1980.** Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la laguna de términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anal. Ins. Cien. Mar Limnol.* 7 (1), 69-18.
- Yáñez-Arancibia, A. 1986.** Ecología de la zona Costera. Análisis de siete tópicos. AGT Editor, S.A., México, D.F. 189 pp.

Zamora-Muños, C y J. Alba-Tercedor, 1996. Bioassessment of organically polluted spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 15 (3) 332-352.

PAGINAS ELECTRÓNICAS:

<http://www.unep.org/unep/partners/un/unced/>

<http://www.ciesin.org/datasets/unced/unced.html>

<http://www.snet.gob.sv/Hidrología/Documentos/calculo ICA.pdf>.