



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
PANTANOS DE CENTLA.**

TESIS DE MAESTRÍA
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA
SILVIA ARIAS GARCÍA

ASESOR
DR. LUIS JOSÉ RANGEL RUIZ

VILLAHERMOSA, TABASCO.

FEBRERO 2012.



FEBRERO 02 DE 2012

C. SILVIA ARIAS GARCÍA
PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA"**, asesorado por Dr. Luis José Rangel Ruiz, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el M. en C. José Luis Ramos Palma, Dra. Guadalupe de la Lanza Espino, Dr. Luis José Rangel Ruiz, M. en C. Andrés Arturo Granados Berber y M. en C. María del Rosaio Barragán Vázquez.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo

UJAT
DIVISION ACADÉMICAS
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCION

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día dos de febrero del año 2012.

AUTORIZO



SILVIA ARIAS GARCIA

Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Internet	457 palabras — 2%
2	sinat.semarnat.gob.mx Internet	262 palabras — 1%
3	www.yumpu.com Internet	193 palabras — 1%
4	www.semarnat.gob.mx Internet	191 palabras — 1%
5	revistas.ucr.ac.cr Internet	170 palabras — 1%
6	azm.ojs.inecol.mx Internet	162 palabras — 1%
7	cdigital.uv.mx Internet	128 palabras — 1%
8	dof.gob.mx Internet	113 palabras — < 1%
9	hdl.handle.net Internet	108 palabras — < 1%
10	www.researchgate.net	

Internet

95 palabras — < 1%

11 doczz.es

Internet

92 palabras — < 1%

12 archivos.ujat.mx

Internet

83 palabras — < 1%

13 ojs.library.okstate.edu

Internet

73 palabras — < 1%

14 biblioteca.uct.cl

Internet

69 palabras — < 1%

15 www.coursehero.com

Internet

63 palabras — < 1%

16 nanopdf.com

Internet

59 palabras — < 1%

17 repositorio.uncp.edu.pe

Internet

58 palabras — < 1%

18 www.iadb.org

Internet

58 palabras — < 1%

19 repositorio.unasam.edu.pe

Internet

57 palabras — < 1%

20 www.scielo.cl

Internet

53 palabras — < 1%

21 consultaspublicas.semarnat.gob.mx

Internet

51 palabras — < 1%

22 www.scielo.org.mx

Internet

50 palabras — < 1%

23	www.librosoa.unam.mx Internet	46 palabras — < 1%
24	ecosur.repositorioinstitucional.mx Internet	44 palabras — < 1%
25	ri.ujat.mx Internet	42 palabras — < 1%
26	ridum.umanizales.edu.co Internet	42 palabras — < 1%
27	repositorioinstitucional.uaslp.mx Internet	41 palabras — < 1%
28	www.eppetroecuador.ec Internet	40 palabras — < 1%
29	www.scielo.sa.cr Internet	38 palabras — < 1%
30	doku.pub Internet	35 palabras — < 1%
31	ri.uagro.mx:8081 Internet	35 palabras — < 1%
32	www.e-seia.cl Internet	35 palabras — < 1%
33	colposdigital.colpos.mx:8080 Internet	34 palabras — < 1%
34	repositorio.catie.ac.cr Internet	34 palabras — < 1%
35	repositoriodigital.ipn.mx Internet	31 palabras — < 1%

36	www.readbag.com Internet	31 palabras — < 1%
37	zaguan.unizar.es Internet	31 palabras — < 1%
38	canjedorbosques.org Internet	29 palabras — < 1%
39	www.scribd.com Internet	29 palabras — < 1%
40	bdigital.unal.edu.co Internet	28 palabras — < 1%
41	bdigital.zamorano.edu Internet	28 palabras — < 1%
42	ia902907.us.archive.org Internet	28 palabras — < 1%
43	parkswatch.org Internet	28 palabras — < 1%
44	issuu.com Internet	27 palabras — < 1%
45	link.springer.com Internet	27 palabras — < 1%
46	core.ac.uk Internet	26 palabras — < 1%
47	docslib.org Internet	24 palabras — < 1%
48	www.pvemtabasco.org.mx Internet	

		21 palabras — < 1%
49	doczz.net Internet	20 palabras — < 1%
50	repositorio.puce.edu.ec Internet	20 palabras — < 1%
51	sedici.unlp.edu.ar Internet	20 palabras — < 1%
52	ve.scielo.org Internet	20 palabras — < 1%
53	1library.co Internet	19 palabras — < 1%
54	documents.mx Internet	18 palabras — < 1%
55	grad.uprm.edu Internet	18 palabras — < 1%
56	oldri.ues.edu.sv Internet	18 palabras — < 1%
57	pt.scribd.com Internet	18 palabras — < 1%
58	repository.upb.edu.co Internet	18 palabras — < 1%
59	www.redalyc.org Internet	18 palabras — < 1%
60	baixardoc.com Internet	17 palabras — < 1%

61	bioone.org Internet	17 palabras — < 1%
62	www.iksadamerica.org Internet	15 palabras — < 1%
63	www.scielo.br Internet	15 palabras — < 1%
64	core-cms.prod.aop.cambridge.org Internet	14 palabras — < 1%
65	www2.clarku.edu Internet	14 palabras — < 1%
66	repositorio.unsch.edu.pe Internet	13 palabras — < 1%
67	vbook.pub Internet	13 palabras — < 1%
68	www.zaragoza.unam.mx Internet	13 palabras — < 1%
69	GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Tercer ITS de la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Social y Ambiental de la Unidad Minera Constancia-IGA0000903", R.D. N° 120-2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 Publicaciones	12 palabras — < 1%
70	espartaco.azc.uam.mx Internet	12 palabras — < 1%
71	lakes.chebucto.org Internet	12 palabras — < 1%
72	J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C. "MEIA Las Dunas que Incluye la Actualización	11 palabras — < 1%

y/o Modificación del EIA de las Concesiones Las Dunas y Dunas N°2; así como, la Integración de la Estrategia de Manejo Ambiental de Las Dunas, Dunas N°2 y Dunas 3 Segunda y los Propuestos en la MEIA Las Dunas-IGA0007017", R.D. N°319-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI , 2020

Publicaciones

73 Lopez, Lucas Lamelas. "Cambios Antropicos y Variacion Espacio-temporal en Comunidades de Macroinvertebrados Acuaticos de Lagunas Oceanicas: El Caso del Archipiélago de Las Azores", Universidade dos Acores (Portugal), 2021

ProQuest

11 palabras — < 1%

74 Victor Hugo Mendoza Sáenz, Luis E. Villafuerte-Zea, José G. Colmenares-Nataren, Luis A. Cruz-Alfaro. "Diversidad de murciélagos bajo diferentes condiciones del hábitat en Pantanos de Centla, Tabasco, México", Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca), 2024

Crossref

11 palabras — < 1%

75 bdigital.uniquindio.edu.co

Internet

11 palabras — < 1%

76 koha.corpoboyaca.gov.co

Internet

11 palabras — < 1%

77 upc.aws.openrepository.com

Internet

11 palabras — < 1%

78 www.cortolima.gov.co

Internet

11 palabras — < 1%

79 www.gob.mx

Internet

11 palabras — < 1%

80 CESEL S.A.. "EIA de la Represa Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo-

10 palabras — < 1%

- | | | |
|----|--|--------------------|
| 81 | SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Actividades del Pozo Sheshea 1X en el Lote 126-IGA0000983", R.D. N° 143-2013-MEM/AAE, 2022
Publicaciones | 10 palabras — < 1% |
| 82 | archive.org
Internet | 10 palabras — < 1% |
| 83 | cicese.repositorioinstitucional.mx
Internet | 10 palabras — < 1% |
| 84 | dspace.ups.edu.ec
Internet | 10 palabras — < 1% |
| 85 | fr.scribd.com
Internet | 10 palabras — < 1% |
| 86 | Caceres Acosta, Nancy Ma.. "Estudio Físicoquímico y Toxicológico de los Metales Pesados en los Ríos Bayamón y Guaynabo que afectan la Calidad del Agua Potable.", Universidad del Turabo (Puerto Rico), 2018
ProQuest | 9 palabras — < 1% |
| 87 | María Pía Rodríguez, Romina E. Príncipe, Javier A. Márquez, Graciela B. Raffaini. "Diversidad de macroinvertebrados fitófilos en arroyos de cabecera en pastizales de altura en Córdoba, Argentina", Revista Mexicana de Biodiversidad, 2017
Crossref | 9 palabras — < 1% |
| 88 | Rodolfo Bächler, Juan-Ignacio Pozo, Nora Scheuer. "How do teachers conceive the role of emotions in teaching and learning? An analysis of the affective component of their beliefs / ¿Cómo conciben los docentes el rol | 9 palabras — < 1% |

de las emociones en la enseñanza y el aprendizaje? Un análisis del componente afectivo de sus creencias", Infancia y Aprendizaje, 2018

Crossref

89	biodiversidad.gob.mx Internet	9 palabras — < 1%
90	distancia.udh.edu.pe Internet	9 palabras — < 1%
91	dspace.unl.edu.ec Internet	9 palabras — < 1%
92	es.scribd.com Internet	9 palabras — < 1%
93	pdfcoffee.com Internet	9 palabras — < 1%
94	repositorio.xoc.uam.mx Internet	9 palabras — < 1%
95	revistaecovida.upr.edu.cu Internet	9 palabras — < 1%
96	ri.ues.edu.sv Internet	9 palabras — < 1%
97	www.itto.int Internet	9 palabras — < 1%
98	biblioteca.usac.edu.gt Internet	8 palabras — < 1%
99	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Internet	8 palabras — < 1%

100	e-archivo.uc3m.es Internet	8 palabras — < 1%
101	lunazul.ucaldas.edu.co Internet	8 palabras — < 1%
102	mydokument.com Internet	8 palabras — < 1%
103	repositorio.unfv.edu.pe Internet	8 palabras — < 1%
104	repositorio.unne.edu.ar Internet	8 palabras — < 1%
105	repositorio.utc.edu.ec Internet	8 palabras — < 1%
106	revistas.humboldt.org.co Internet	8 palabras — < 1%
107	revistas.unimagdalena.edu.co Internet	8 palabras — < 1%
108	ri.uaq.mx Internet	8 palabras — < 1%
109	samafind.sama.gov.sa Internet	8 palabras — < 1%
110	web.archive.org Internet	8 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 8 PALABRAS

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis José Rangel Ruíz por su gran apoyo, dedicación y sobre todo por sus consejos en la dirección de este estudio.

A la maestra Jaquelina Gamboa por su apoyo y sugerencias en la realización de esta investigación.

Al Dr. Atilano Contreras Ramos del Instituto de Biología de la UNAM por haberme permitido realizar la estancia en su laboratorio, así como también por su valioso apoyo en la identificación de las especies.

A CONACYT por haberme proporcionado la beca para la realización de los estudio de maestría.

A PEMEX por haber financiado el proyecto "Evaluación de la Hidrodinámica y Comunidades Bióticas en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla" del cual forma parte este trabajo.

A la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por haberme permitido el uso de las instalaciones e instrumentales para la realización de este trabajo.

A la Coordinación de Vinculación y Servicios (COVINSE) por su apoyo para la realización de la estancia A si como al Dr. Miguel Ángel Salcedo por haberme proporcionado los datos de los parámetros fisicoquímicos.

Al comité sinodal por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis, por sus valiosas observaciones y sugerencias, M. en C. José Luis Ramos Palma, Dra. Guadalupe de la Lanza Espino, Dr. Luis José Rangel Ruiz, M. en C. Andrés Arturo Granados Berber, M. en C. María del Rosario Barragán Vázquez.

Agradezco también a mis compañeros Jimmy, Oscar, Miguelina y Armando por su valioso apoyo en las labores de campo.

Mi agradecimiento con mucho cariño a mis amigas que siempre estuvieron con migo en los mejores y peores momentos, gracias por cada palabra de aliento y apoyo cuando más lo necesité, por ser mis confidentes de mis penas y alegrías.

A mis compañeros de la maestría Carlos y Gaby.

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por estar siempre a mi lado.

A mi mamá, ya que sin su apoyo no podría haber logrado mi sueño de ser una profesional, gracias por tantos años de paciencia y comprensión, este logro te lo dedico.

A mis hermanos Natividad, Fernando y Vero gracias por su gran cariño.

A mis queridos sobrinos Alex y Gaby por los buenos momentos que me hacen pasar.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	5
III. JUSTIFICACIÓN.....	8
IV. OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS PARTICULARES.....	9
V. ÁREA DE ESTUDIO.....	10
VI. MÉTODOS.....	13
6.1 TRABAJO DE CAMPO.....	13
6.2 TRABAJO DE LABORATORIO.....	14
6.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	15
6.4 TRABAJO DE GABINETE.....	16
6.4.1.-Índice básico.....	16
Abundancia.....	16
6.4.2.-Índices ecológicos.....	16
Índice de Diversidad de Shannon (H').....	16
Índice de Equitatividad (E) de Shannon.....	16
Índice de Riqueza específica (S).....	17
6.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
6.4.4.-Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla.....	18
1.- Análisis estadísticos para la elaboración del índice.....	20
2.- Elección de las medidas que reflejan las alteraciones ambientales.....	20

3.- Categorización de las variables	28
4.- Cálculo del índice.....	29
5.-Validación del índice	30
6.-Categorización del IIB.....	33
6.4.5.-Análisis de Correspondencia Canónico (ACC).....	34
VII.-RESULTADOS.....	35
7.1.- Determinación de la composición taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados.	35
7.2.- Descripción de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en base a la abundancia e índices ecológicos en la RBPC.	37
7.2.1. Abundancia de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.	37
7.2.2. Riqueza de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC	41
7.2.3. Diversidad de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.	44
7.2.4. Dominancia de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.	50
7.3. Calidad del agua	52
7.3.1. Parámetros Físicoquímicos	52
7.3.2. Correlación entre los parámetros físicoquímicos del agua, con la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.....	56
7.3.3. Evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC).	61
7.4. Caracterización de las lagunas de muestreo.	63
VIII.- DISCUSIÓN	82
IX. CONCLUSIÓN.....	91
X. RECOMENDACIONES	92
XI. LITERATURA CITADA	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio y sitios de muestreos en la RBPC.	12
Figura 2. Regresión múltiple entre el IIB1 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos.....	30
Figura 3. Regresión múltiple entre el IIB2 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos.....	31
Figura 4. Regresión múltiple entre el IIB3 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos.....	32
Figura 5. Riqueza de familias respecto a los órdenes encontrados en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (S2006-LL2007).....	37
Figura 6. Abundancia relativa por épocas de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	37
Figura 7. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).....	38
Figura 8. Abundancia relativa promedio de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	38
Figura 9. Mapa de abundancia relativa promedio de macroinvertebrados acuáticos por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).....	39
Figura 10. Abundancia relativa de las ocho clases de macroinvertebrados acuáticos registrados en la RBPC (S2006-LL2007).....	40
Figura 11. Abundancia relativa de especies de macroinvertebrados en la RBPC (S2006-LL2007).....	40
Figura 12. Riqueza específica acumulativa en la RBPC (S2006-LL2007).....	41
Figura 13. Riqueza específica promedio por épocas de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	41
Figura 14. Riqueza específica de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).....	42

Figura 15. Riqueza específica promedio de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).....	42
Figura 16. Riqueza específica promedio de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).....	43
Figura 17. Diversidad de Shannon (H') promedio de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	44
Figura 18. Índice de diversidad (H') por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).....	44
Figura 19. Diversidad promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	45
Figura 20. Mapa de diversidad (H') promedio en la RBPC (S2006-LL2007).....	46
Figura 21. Equitatividad promedio por época de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	47
Figura 22. Equitatividad por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).....	47
Figura 23. Equitatividad promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	48
Figura 24. Mapa de Equitatividad promedio en la RBPC (S2006-LL2007).....	49
Figura 25. Dominancia de Simpson (λ) promedio por época de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	50
Figura 26. Índice de dominancia de Simpson (H') por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).....	50
Figura 27. Dominancia de Simpson (λ) promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).....	51
Figura 28. Comportamiento de la temperatura y Visibilidad del Disco de Secchi durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.	53
Figura 29. Comportamiento del oxígeno disuelto y conductividad eléctrica durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.	54
Figura 30. Comportamiento de los SST durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.	54

Figura 31. Comportamiento de la Dureza y DBO5 durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.	55
Figura 32. Diagrama de ordenamiento del ACC en la época de S2006 en la RBPC.	57
Figura 33. Diagrama de ordenamiento del CCA en la época de LL2006.	58
Figura 34. Diagrama de ordenamiento del ACC en la época de S2007.	59
Figura 35. Diagrama de ordenamiento del ACC de los en la época de LL2007	60
Figura 36. Mapa de integridad Biótica de Pantanos de Centla (S2006-LL2007)	62
Figura 37. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Loncho (S2006-LL2007). 64	
Figura 38. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna sargazal (S2006-LL2007).. ..	65
Figura 39. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Landero (S2006-LL2007)....	66
Figura 40. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Punteada (S2006-LL2007). 67	
Figura 41. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Chichicastle (S2006-LL2007).	68
Figura 42. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Tintal (S2006-LL2007).....	69
Figura 43. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Guanal (S2006-LL2007). 70	
Figura 44. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Viento (S2006-LL2007)...	71
Figura 45. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Los Ídolos (S2006-LL2007). 72	
Figura 46. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Concepción (S2006-LL2007).	73
Figura 47. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Larga (S2006-LL2007).....	74
Figura 48. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna San Isidro (S2006-LL2007). 75	
Figura 49. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Sauzo (S2006-LL2007)...	76

Figura 50. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en el Dren Narvéez Norte (S2006-LL2007).
..... 77

Figura 51. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en el Dren Narvéez Sur (S2006-LL2007). 78

Figura 52. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Narvéez (S2006-LL2007). .. 79

Figura 53. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna San Pedrito (S2006-LL2007).
..... 80

Figura 54. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Coco (S2006-LL2007)..... 81

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de las localidades muestreadas en la RBPC.....	13
Tabla 2. Variables de respuestas al ambiente propuestas.....	18
Tabla 3. Correlación de Spearman entre las variables	21
Tabla 4. Tabla de decisión para calificar las variables de respuesta al ambiente.....	29
Tabla 5. Categorías del IIBPC	33
Tabla 6. Listado Taxonómico de los macroinvertebrados en vegetación (<i>E. crassipes</i>) registrados en la RBPC (larva=l).....	36
Tabla 7. Determinaciones fisicoquímicas de la calidad del agua en 19 lagunas de la RBPC en las épocas de (S2006, LL2006, S2007 y LL2007).....	52
Tabla 8. Valores de las variables ambientales con la abundancia de macroinvertebrados en la época de lluvia y estiaje en la RBPC mediante el ACC.....	56
Tabla 9. Índice de Integridad Biótica en las lagunas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en cuatro épocas (S2006, LL2006, S2007 y LL2007).....	62

I. INTRODUCCIÓN

De los estuarios costeros y los deltas de México a los lagos de Centroamérica y de los ríos Pantanal en el Brasil, la región de América Latina y el Caribe presenta vastos y diversos ecosistemas de agua dulce. La diversidad de especies que se encuentran en esos ecosistemas es extraordinaria. Los invertebrados y las plantas son también diversos (Bucher, 1997).

Estos ecosistemas, sirven de hábitat para una amplia variedad de especies, son productivos y proporcionan diversos beneficios al hombre. Las marismas, los lagos y los ríos son ecosistemas relacionados entre sí que abastecen de agua a la región, previenen y regulan las inundaciones, previenen la intrusión de agua salada, reducen los efectos de la erosión al mantener sedimentos, retienen sustancias nutritivas y eliminan sustancias tóxicas, estabilizan el microclima, sirven de sumidero de carbono para el mundo, sirven de medio de transporte y constituyen excelentes lugares turísticos (Bucher *et al.*, 1997). Los sistemas de agua dulce (lenticos y loticos) más que ningún otro ecosistema son sensibles a modificaciones antrópicas.

Desde la antigüedad los ecosistemas han sido empleados por el hombre como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos ocasionando de esta manera una degradación de los ecosistemas, cuya consecuencia principal ha causado la desaparición o reducción de manera sustancial de algunas especies que conforman las comunidades bióticas (Alonso y Camargo, 2005 y Lozano, 2005). Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que las alteraciones en los sistemas acuáticos como la regulación de cauces, la presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos persistentes inducen la degradación de la calidad de agua y afectan las comunidades biológicas provocando cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (Bartram y Ballance, 1996).

Por lo anterior, además de los servicios ambientales que la flora y fauna brindan, resulta imperioso y prioritario proteger y conservar los ecosistemas y hábitat representativos del país, para así procurar la sustentabilidad de los recursos naturales que en la actualidad enfrentan una de las crisis ambientales más severas (Zamorano, 2009) lo cual ha provocado la proliferación de Áreas Naturales Protegidas con diversas categorías como Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Reservas Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios, Parques y Reservas Estatales y Reservas de la Biosfera. Actualmente, México cuenta con 134 sitios Ramsar, por lo que ocupa el segundo lugar a nivel mundial en números de sitios declarados, solo después del Reino Unido, entre la que destaca la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) fue creada el 6 de agosto de 1992, por decreto del Ejecutivo de la República Mexicana, con una superficie de 302,706 ha que representa el 12.27% de la superficie total de la entidad, teniendo como objetivo fundamental propiciar su conservación y el desarrollo socioeconómico a los habitantes que la integran. La Reserva se localiza en la llanura aluvial en el delta de los ríos Grijalva- Usumacinta, en el Estado de Tabasco, México. Abarca la mayor parte del municipio de Centla con 225,108 ha; y parte de los municipios de Jonuta

al este con 65,651 ha y en menor proporción el municipio de Macuspana al sur con 6,280 ha (SEMARNAP-INE, 2000)

La RBPC representa el área de humedal más extenso de México y el más importante de Mesoamérica. Es considerada como un área prioritaria para su conservación y un ecosistema de una alta biodiversidad ecológica, alberga un elevado número de especies vegetales y animales de interés biológico económico y cultural. Este humedal presenta problemas particulares para su manejo integral, ya que convergen principalmente, actividades económicas primarias como la pesca, ganadería y la extracción de petróleo, lo que origina la disminución drástica de biotopos que albergan una diversidad biológica alta, así como la reducción de la diversidad y abundancia de algunas especies de invertebrados y vertebrados acuáticos.

Para el monitoreo de la biota en los sistemas acuáticos se han diseñado distintos índices; entre los más comunes están los índices de diversidad, los índices de similitud y los índices bióticos (incluyendo los índices saprobícos). De los índices de diversidad, el más utilizado es el de Shannon y Wiener (H') el cual, para el caso de ambientes acuáticos, se ha hallado correlacionado con la calidad del agua en cuanto a la contaminación orgánica (Pérez-Munguía *et al.*, 2007). Los índices de diversidad son uno de los conceptos más utilizados en la evaluación de la contaminación la cual utiliza tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equitatividad (uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies) y abundancia (número total de organismos presentes), para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente (Marques *et al.*, 2009). La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad, riqueza de especies, una moderada a alta cantidad de individuos y una distribución uniforme de individuos entre las especies (MECA, 2006). Los índices de diversidad más utilizados para medir la calidad del agua son: Índice de Shannon-Wiener, Índice de Simpson, y el Índice de Margalef (MECA, 2006).

Índices bióticos

Los métodos que emplean macroinvertebrados como indicadores de calidad de los ecosistemas fluviales han sido empleados en Europa a principios del siglo XX, estos métodos están más desarrollados para determinar la calidad del agua de los sistemas lóticos (ríos y arroyos). Se basan principalmente sobre la tolerancia o nivel de respuesta de los organismos, se pueden encontrar organismos "sensibles" que no soportan las nuevas condiciones impuestas, otros pueden ser "tolerantes" no se ven afectados por estos cambios. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes. Estas variaciones en la composición y estructura de las comunidades de organismos de los ecosistemas acuáticos son signos evidentes de contaminación (Alba-Tercedor, 1996).

Muchos de los métodos numéricos basados en la asignación de puntajes a la biota acuática, tienen su origen en los primeros trabajos desarrollados por Kolkwitz y Marson en 1908, propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones) como: Trent Biotic Index (TBI) ideado para su uso en el río Trent en Inglaterra, pero desde entonces se ha adaptado para su uso en muchos países y parece constituir la base para los índices bióticos más modernos, el Belgium Biotic Index (BBI) se deriva del Índice Biótico Francés (IB). El BBI se basa en el número total de unidades sistemática y el número de unidades en diferentes grupos faunísticos.

Dentro de los índices más ampliamente aplicados se pueden mencionar los siguientes: TBI (Trent biotic Index), EBI (Extended Biotic Index); BS (Biotic Score), BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ASPT (Average Score per Taxon) desarrollados para los ríos de Gran Bretaña; el índice VeT (Verneaux y Tuffery, 1967) para los ríos de Francia; IBE (Índice Biótico Estesio) para los ríos italianos; BBI (Belgian Biotic Index) para los ríos de Bélgica (DMA, 2005). El índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera) aplicado en el Río Angosturita en Argentina y el Índice Biótico de Familia el cual fue desarrollado por Chutter (1972) para ríos de Sudáfrica y levemente modificado por Hilsenhoff (1988) para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF).

Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo, destacan los macroinvertebrados bentónicos ($>500\mu\text{m}$) (Rosenberg y Resh, 1993). Comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) dominando principalmente los insectos (en especial sus formas larvares); también se encuentran oligoquetos, hirudíneos y moluscos (DMA, 2005). Los macroinvertebrados presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas destacan: su presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo (Rosenberg y Resh, 1993). Además su muestreo es relativamente sencillo al igual que su identificación (sólo requiere identificar a nivel de familia).

Los indicadores de calidad biológica basados en los invertebrados bentónicos están menos desarrollados en lagos y humedales. En general se han usado los macroinvertebrados de los fondos (oligoquetos y quironómidos) como indicadores de eutrofia y en particular de las condiciones de oxigenación del hipolimnion. En el proyecto ECOFRAME propuesta metodológica para la determinación del estado ecológico en lagos someros, se analiza la comunidad de macroinvertebrados del litoral de los lagos mediante la toma de muestras en tallos sumergidos de macrófitos emergentes y los sedimentos finos. Los organismos se determinan hasta familia (o grupo en el caso de los quironómidos) y se realizan recuentos a nivel de grupo (DMA, 2005).

El índice QAELS (index de qualitat de l'aigua d'ecosistemas lenitics somers) elaborado para la determinación del estado ecológico de los sistemas lagunares someros de Cataluña, aúna aspectos de riqueza taxonómica con otros de abundancia. Este índice se compone de dos métricas: ACCO basado en la abundancia de cladóceros, copépodos y ostrácodos., y el RIC basado en la riqueza de insectos y crustáceos (DMA, 2005). Los índices bióticos, frecuentemente llamados índices bióticos rápidos o protocolos rápidos de biovaloración, parecen ser los mejores métodos para evaluar la calidad del ambiente de los sistemas acuáticos (Mandaville, 2002). Algunas de estas técnicas de evaluación biológica rápida se han normalizado, de modo que las comparaciones de la calidad del agua se pueden realizar entre los arroyos y lagos.

Índices multimétricos.

Entre los conceptos y aproximaciones metodológicas más recientes se encuentra el de integridad biótica, que conjuga elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos para conocer el estado aproximado de sus procesos ecológicos y evolutivos. (Blocksom *et al.*, 2002) desarrollaron y evaluaron un Índice multimétrico de integridad biótica para lagos y embalses de Nueva Jersey basados en macroinvertebrados bentónicos. (O'Connor *et al.*, 2000) describieron un método de integración e interpretación de indicadores biológicos de 19 lagos de Nueva Inglaterra, utilizando cinco grupos taxonómicos (diatomeas, bentos, zooplancton, peces y aves). El método detecta una variación en la respuesta a las graves condiciones ambientales de los lagos que se correlacionan a través de los taxones y métrica. Los Valores de tolerancia de macroinvertebrados para su aplicación en los últimos años han sido modificados por (Plafkin *et al.*, 1989, Bode *et al.*, 1996, Hauer y Lamberti, 1996, Hilsenhoff, 1988; Barbour *et al.*, 1999;) incluyendo en la lista nuevas especies.

Los índices multimétricos se llaman así porque combinan en una puntuación final el valor independiente de diversas métricas que pueden ser métricas simples o índices bióticos como los descritos en el apartado anterior. La combinación de métrica es característica de cada índice y se suele adaptar para cada región. La forma de construir el índice puede ser muy variada con dos estrategias principales, la de los índices de integridad biótica (IIB) y la de aquellos que combinan varias métricas de forma específica dándoles pesos diferentes (Prat *et al.*, 2008)

La valoración de la integridad biótica de los ríos ha sido definida como “la capacidad de un ecosistema acuático de soportar y mantener balanceada e integrada con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable a la comunidad de los ecosistemas naturales dentro de la misma región” (Karr y Dudley, 1981). Los índices de integridad biótica (IIB) fueron propuestos por Karr (1991) y fueron diseñados específicamente para peces. Se genera para una ecorregión determinada y se seleccionan las métricas que responden a las perturbaciones por contaminación o deterioro del hábitat. Se han aplicado solo para el hemisferio Norte, y actualmente es una de las metodologías más utilizadas en estudios para definir la calidad biológica de los ríos, ya que reúnen en una única medida la variabilidad funcional y estructural de los componentes bióticos de un ecosistema fluvial para conocer el estado aproximado de sus procesos ecológicos y evolutivos (Segnini, 2003).

Todos los IIB desarrollados son aproximaciones multimétricas que estiman y valoran diferentes aspectos de la estructura y función de una comunidad acuática, basados en expectativas cuantitativas construidas a partir de una comunidad con alta integridad biótica en un hábitat y región particular. Todas las versiones incluyen “métricas” relacionadas con la riqueza de especies y composición, especies indicadoras, función trófica, aspectos reproductivos, y/o abundancia y condición individual de los organismos (Carrasco, 2008).

II. ANTECEDENTES

Experiencias en Latinoamérica

En Latinoamérica los índices mayormente aplicados han sido el BMWP' (Biological Monitoring Working Party) adaptado y modificado para la fauna del sur occidente de Colombia por la Universidad del Valle. Este índice ha sido también adaptado para Costa Rica y a otros países como Cuba (Muñoz-Riveaux, 2003), Perú y Chile. Otros índices que se han implementado, han sido los de Hilsenhoff (1988) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) Carrera y Fierro (2001) aplicado en el río Angosturita en Argentina.

En Chile Figueroa *et al.* (2003), realizaron un estudio en La Cuenca Hidrográfica del Río Damas, en el sur de Chile en el cual analizaron la distribución espacial de la macrofauna bentónica y determinaron la viabilidad de utilizar el Índice Biótico de Familias (IBF) de Hilsenhoff para evaluar la calidad de las aguas. Los resultados de este estudio sugirieron que el IBF es un buen indicador de las aguas de los ríos de cuencas agrícolas y ganaderas del sur de Chile.

Leiva, (2004) determinó la composición taxonómica de las comunidades bentónicas de la cuenca del estero Peu Peu en Chile. Utilizando el Índice Biótico de Familia (IBF) de Hilsenhoff (1988). Complementariamente a este índice se aplicaron el EPT, BMWP y BMWP' con el objetivo de comparar los resultados obtenidos por el IBF. Se observó que entre los índices IBF y BMWP existe un 86% de similaridad y entre el índice BMWP' y IBF la semejanza alcanza un 84%. Finalmente con respecto a los índices IBF y EPT, estos registran una similaridad del 73 %.

El uso del IIB en México

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.

En nuestro país se emplea de manera oficial el índice de calidad del agua (ICA), para determinar la condición de los ecosistemas acuáticos (Pérez-Munguía *et al.*, 2007). Sin embargo la necesidad de evaluar los recursos hídricos y tomar acciones para su conservación, ha exigido la utilización de nuevos métodos alternativos como es el uso de macroinvertebrados.

En México los índices que se han venido aplicando son los de integridad biótica en ríos y arroyos utilizando comunidades de peces en el occidente de México (Peralta, 2007). Lyons *et al.* (2000) desarrollaron de manera preliminar un índice de integridad biótica, para evaluar la condición de los lagos en el Centro de México basado en comunidades de peces, concluyendo que los resultados reflejan claramente el grado de degradación de estos ecosistemas. Siendo el único estudio realizado para evaluar sistemas lénticos.

De igual manera, Mercado-Silva *et al.* (2002) realizaron un estudio con peces para la validación del índice de integridad biótica para ríos y arroyos del centro del país lo cual permitió identificar los niveles de perturbación presente en los sistemas en que se aplicaron.

Weigel *et al.* (2002) desarrollaron un índice de integridad biótica (IIB), para evaluar ríos y arroyos en la zona centro occidental de México. Eligieron Ocho métricas, *a priori*, incluida el IIB: captura por unidad de esfuerzo, riqueza genérica, el porcentaje de géneros de los órdenes de Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (%EPT-G), Porcentaje de Chironomidae (individuos) por muestra, usando el índice Biótico de Hilsenhoff, porcentaje de individuos depredadores, y porcentaje de géneros recolectores. Los resultados de este estudio demostraron que los macroinvertebrados usados con el IIB demostraron ser una buena propuesta para desarrollar estándares biológicos ya que facilita el monitoreo y mejora de la integridad ecológica de los ríos de México.

Henne *et al.* (2002) han utilizado y desarrollado índices de integridad biótica con macroinvertebrados en el centro de México, utilizando el índice biótico de Hilsenhoff para desarrollar un índice a nivel de familia, teniendo como resultado la utilización de macroinvertebrados en el monitoreo de la integridad biótica para ríos y arroyos.

Pérez-Munguía *et al.* (2004) desarrolló un Índice de Integridad Biótica con Coleópteros Acuáticos (IIBACA) para manantiales cársticos en la Huasteca mexicana, concluyendo que los coleópteros acuáticos son buenos en el monitoreo ambiental.

Peralta (2007) desarrolló un índice de Integridad Biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz. Con la finalidad de conocer el grado de perturbación en que se encuentran estos sistemas. Concluyendo que el IIB puede ser útil en el biomonitoreo, así como en la conservación de la biodiversidad de estos ecosistemas.

Entre los estudios realizados para el estado de Tabasco sobre macroinvertebrados se encuentra el de Barba y Juárez (2003) quienes realizaron un estudio con macroinvertebrados dulceacuícolas en los ríos de Teapa y Tacotalpa y dos canales. En este trabajo se plantea el conocer la composición, distribución y abundancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Barba *et al.* (2010) realizaron un estudio sobre "Distribución y abundancia de crustáceos en humedales de Tabasco, México" se presenta un inventario de crustáceos recolectados en las subregiones Sierra, Ríos y Pantanos en 14 localidades (ambientes lóticos y lénticos). Reportan a *Discapseudes holthuisi*, *Macrobrachium acanthurus*, *Leptochirus* *sp* y *Palaemonetes vulgaris* como las especies más abundantes.

Para la RBPC las investigaciones que se han realizado incluyen específicamente a la malacofauna (moluscos) de la reserva, son de tipo taxonómico-biogeográfico sobre moluscos dulceacuícola desarrollados en los proyecto denominados: "Estudio Taxonómico de Moluscos Terrestres y Dulceacuícolas de la Región Maya de México I; Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla" Rangel y Gamboa, (2000) donde se registró un total de 19 especies, recolectadas en 38 localidades. Cruz-Asencio, (2006) quien determino la distribución y densidad de gasterópodos en dos hábitat contrastantes de tres lagunas en la RBPC, registrando siete especies. Gamboa-Aguilar, (2008) estudio las comunidades de gasterópodos asociados a la vegetación acuática en 27 estaciones registrando 17 especies., así mismo, Ortiz-Lezama, (2009)reporto 11 especies de las cuales tres fueron gasterópodos y ocho bivalvos al evaluar la estructura y composición de moluscos bentónicos en 19 lagunas en la RBPC.

Montalvo-Urgel *et al.*(2010) registraron 13 especies de crustáceos capturados en 18 lagunas predominando la clase Malacostraca distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del golfo de México.

El Estado de Tabasco, presenta un ecosistema costero único, ya que además de poseer lagunas costeras, cuenta con una importante red hidrológica, las cuales funcionan como un reservorio natural para una gran biodiversidad de fauna y flora. Estas áreas actualmente se encuentran bajo la presión del desarrollo en donde sobresalen dos clases de actividades, las del petróleo (extracción y producción) y las agrícolas-ganaderas, que en conjunto representan casi el 90% de los rubros productivos del Estado. Dichas actividades, han dado como resultado singulares impactos sobre la productividad de estos ecosistemas y más aún en algunos casos sus impactos se han tornado irreversibles, creando problemas ecológicos y socio-económicos. Respecto al estudio de macroinvertebrados acuáticos, este es el primer trabajo dentro de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

III. JUSTIFICACIÓN

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla es una zona de humedales considerada prioritaria para México y para la Convención Internacional RAMSAR. Es uno de los reservorios de agua más importantes del país, ya que se ubica en el tramo final de confluencia de dos de los más importantes ríos de la región, el Usumacinta y el Grijalva. Este humedal presenta problemas particulares para su manejo en donde convergen actividades primarias como la pesca, ganadería y principalmente la extracción de petróleo ocasionando un deterioro que contribuye a la disminución de biotopos que albergan una gran diversidad biológica. Es por ello que en las últimas décadas surge el interés de conocer y proteger estos ecosistemas desarrollando criterios biológicos que permiten estimular el efecto de las intervenciones humanas.

La importancia de realizar estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en México, especialmente para el Estado de Tabasco radica en la escasez de información taxonómica, debido a la carencia de conocimiento y a la complejidad taxonómica de las especies que componen estas comunidades. Además, las modificaciones antrópicas ocasionadas a los ecosistemas dulceacuícolas, aceleran su degradación y pérdida de la biodiversidad.

Por lo tanto, se consideró de gran importancia la realización de un estudio en la RBPC con la finalidad de conocer el estado actual de la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos a fin de detectar los posibles cambios en las comunidades biológicas y el papel que desempeñan en el medio acuático. Esta información permitirá determinar las especies que puedan ser utilizadas como indicadores de la calidad del agua y poder ser utilizadas en la aplicación de un Índice de Integridad Biótica, lo cual ayudará a evaluar el grado de perturbación de las lagunas de la RBPC, información que permitirá contribuir a establecer medidas y criterios principalmente ecológicos y otras más orientadas a la protección de las especies en particular.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla a través de la utilización de macroinvertebrados asociados al lirio acuático (*Eichornia crassipes*) como bioindicadores.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la composición taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados a nivel familia, género y/o especie en la RBPC.
- Describir las comunidades de macroinvertebrados en base a la abundancia de especies e índices ecológicos: Diversidad, Riqueza específica, Equitatividad y Dominancia.
- Correlacionar la abundancia de los macroinvertebrados con los factores físico-químicos a través del Análisis de Correspondencia Canónica (ACC).
- Evaluar la calidad del agua mediante la aplicación del Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC).

V. ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, se localiza al noreste del estado de Tabasco, abarcando 302,706 hectáreas que corresponde el 12.27% de la superficie total de la entidad. Ocupa los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana. Se ubica entre las coordenadas geográficas 17°57'53' y 18°39'03' de latitud norte y 92°06'39' y 92°47'58' de longitud oeste, limita al norte con el Golfo de México en la desembocadura del Río San Pedro y San Pablo, y con la ciudad de Frontera; al este con el Estado de Campeche. Al sur con el río Bitzal, al Oeste con el arroyo las Porfías y la carretera Villahermosa-Ciudad del Carmen (Figura 1) (SEMARNAP-INE, 2000).

El área está dividida en dos zona núcleos, la primera se ubica al sur del área ocupando una superficie de 57,738ha., la segunda al norte con 75,857 ha., y la tercera de Amortiguamiento envuelve a las zonas núcleo manteniendo una extensión de 169,111 ha (SEMARNAP-INE, 2000).

Clima

La Reserva presenta clima Am (f) cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, con una precipitación media anual de 1,500 - 2,000 mm. Con variaciones a lo largo del año en la época fría y cálida: durante los meses de mayo a octubre la precipitación es de 1,200 a 1,400 mm. Las temperaturas oscilan entre 33° y 34° C, y durante los meses de noviembre a abril varían de 28.5° a 30° C (SEMARNAP-INE, 2000).

Geología

Los pantanos de Centla se localizan en la provincia geológica del sureste de México, dentro de la subprovincia de la cuenca terciaria del sureste, es el centro de conjunción de diferentes alineamientos tectónicos así como la comunicación con la península de Yucatán. Dentro de esta subprovincia están las cuencas del terciario de Tabasco. La Reserva está representada por depósitos aluviales y palustres de edad cuaternaria de origen sedimentario, éstos son el resultado del sistema fluvial Usumacinta-Grijalva que drena la Reserva (SEMARNAP-INE, 2000).

Hidrología

La Reserva se encuentra ubicada en la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta, la cual abarca parte de tres cuencas: Usumacinta al Norte y centro de la Reserva; Laguna de Términos, al este; Río Grijalva- Villahermosa, al sur y al oeste de la Reserva. Los ríos más importantes de la Reserva son el Grijalva, con un volumen anual de 27,013 millones de m³ y el Usumacinta con 55,832 millones de m³ el más caudaloso de México. Esta Reserva es drenada por causes del Usumacinta como el Palizada, San Pedrito y San Pedro y San Pablo. Otros ríos importantes son el Bitzal, el Naranjos y Palomillal que drenan hacia el río Grijalva al Suroeste. La longitud total de los causes activos de la Reserva es aproximadamente de 463 km(SEMARNAP-INE, 2000).

En cuanto a sistemas lénticos se localizan 110 cuerpos de agua dulce que abarcan una superficie de 13,665 ha; destacando las zonas centro y sur donde se concentran el 84% de las aguas tales como: El Viento, El Campo, San Pedrito, Chichicastle, Tintal, Concepción, Tasajera y el Retiro; ocupando depresiones entre los ríos Usumacinta y San Pedro y San Pablo; y las lagunas el Chochal, Narvéez

y Alegre al este. Además de su importancia para la pesca, también lo son por sus paisajes y como vasos naturales reguladores de las inundaciones (SEMARNAP-INE, 2000).

Por su nivel de descarga, hidrológicamente el delta Usumacinta–Grijalva, está considerado como el sistema más importante de norte y Centroamérica ocupando el séptimo lugar a nivel mundial.

En cuanto a las lagunas costeras destacan la el Cometa, que drena hacia el río San Pedro y San Pablo; el Coco, hacia el Grijalva, y el Corcho (municipio del Centro) que desaloja sus aguas hacia la laguna Santa Anita. Son de extensión reducida, sin embargo juegan un papel primordial en el ciclo de vida de muchas especies marinas, además de su valor paisajístico y para la pesca. Un patrón de drenaje adicional es el de drenes artificiales al este, sureste y sur de la Reserva, de acceso a pozos petroleros lacustres, calculados con una longitud de 128 km (SEMARNAP-INE, 2000).

Edafología

Los suelos de la Reserva son el resultado de tres factores fundamentales: la acumulación de sedimentos, el agua aportada por los ríos debido a las altas precipitaciones en la cuenca media y alta, así como a los tipos de vegetación. Para la Reserva se determinaron cinco unidades edáficas, dentro de las cuales el Gleysol mólico y el Gleysol éutrico son las mayormente representadas (SEMARNAP-INE, 2000).

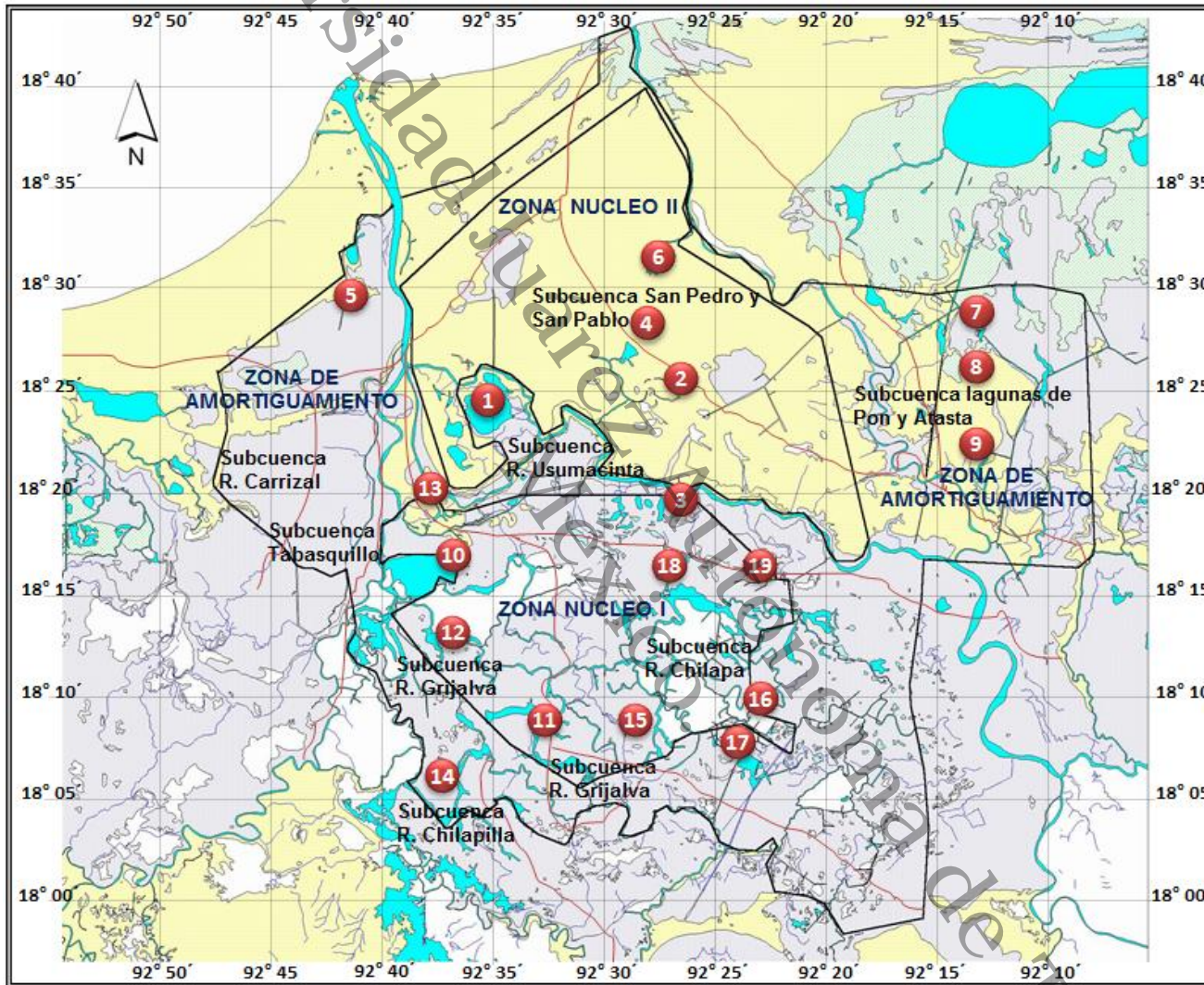
Fisiografía y Topografía

Se ubica en la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo del Sur y en la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños; predominan las topoformas de llanuras de barreras de playas hacia la costa, y sobre toda la llanura costera inundable. La topografía va desde plana con rango altitudinal de 0 msnm, junto al Golfo de México, a 7 msnm, al sur junto al río Bitzal; también se localizan sitios de -1-msnm, en las depresiones de las llanuras fluviales.

Los elementos que mejor caracterizan la fisiografía y accidentes del relieve son los sistemas morfogénicos y unidades geomorfológicas; definidos como: llanura litoral, llanura fluvio-marina, llanura fluvio-palustre y llanura fluvial presentadas como las cuatro unidades para la Reserva (IREBIT, 1994).

Vegetación

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, está compuesta por nueve asociaciones vegetales que ocupa el 68,1%, las cuales son comunidades hidrófilas emergentes caracterizadas por masas puras de espadaño o nea (*Typha latifolia*), siba (*Cladium jamaicense*) y chintul (*Cyperus articulatus*); vegetación hidrófila flotante que se concentra en ambientes lacustres asociados a los palustres como son: Jacinto (*Eichornia crassipes*), oreja de ratón (*Lemna minor*), hojas de sol (*Nymphaea ampla*), (*Nymphaea odorata*), lechuga de pantano (*Pistia stratiotes*) y la vegetación subacuática representada por el zargazo (*Ceratophyllum demersum*), (*Ceratophyllum echinatum*) y (*Utricularia sp*) (IREBIT, 1994).



1. L. San Pedrito
2. L. Punteada
3. L. El Guanal
4. L. San Isidro
5. L. El Coco
6. L. El Cometa
7. Dren Narváez Norte
8. L. Narváez
9. Dren Narváez Sur
10. L. El Viento
11. L. Concepción
12. L. Larga
13. L. Los Ídolos
14. L. El Tintal
15. L. Landeros
16. L. Sargazal
17. L. El Loncho
18. L. Chichicastle
19. L. El Sauzo

Figura 1. Mapa del área de estudio y sitios de muestreos en la RBPC.

VI. MÉTODOS

Para la selección de las 19 localidades de muestreo (Tabla 1) se consideró su tamaño, su dispersión en la RBPC, accesibilidad, ser cuerpos de agua permanentes y principalmente debido a que este estudio forma parte del Programa de Monitoreo de Fauna Acuática que la UJAT tiene en convenio con PEMEX.

Tabla 1. Listado de las localidades muestreadas en la RBPC.

Zona núcleo I	Zona núcleo II	Zona de amortiguamiento
L. El Guanal	L. San Isidro	L. San Pedrito
L. Larga	L. Punteada	L. El Coco
L. Los Ídolos	L. El Cometa	L. El Viento
L. Concepción		L. El Tintal
L. Landeros		L. El Loncho
L. Sargazal		L. Narváez
L. Chichicastle		Dren Narváez Norte
L. El Sauzo		Dren Narváez Sur

L. = Laguna

6.1 TRABAJO DE CAMPO

El material de estudio comprende las muestras recolectadas en cuatro muestreos en los periodos de mayo (secas) y septiembre (lluvias) de 2006 y 2007, en una red de 19 localidades: distribuidas en el interior de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

La metodología de muestreo es la utilizada desde el 2003 en el Programa de MONITOREO BIOTICO (MOLUSCOS) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, PEMEX-UJAT el cual se encuentra inserto en el proyecto "Evaluación de la Hidrodinámica y Comunidades Bióticas en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla" y "Evaluación del Cumplimiento a términos y condicionantes establecidos en dictámenes resolutorios y elaboración de estudios de impacto ambiental". Esta metodología ha sido empleada en México por Rangel-Ruiz y Gamboa-Aguilar (2000) y en Cuba por Perera *et al.* (1986) y Perera *et al.* (1995) la cual ha sido utilizada para moluscos, sin embargo se ha comprobado que a lo largo de 20 años de experiencia este método permite la recolección de macroinvertebrados superiores a 0.5 mm (Rangel-Ruiz, com. personal).

En cada una de las 19 localidades la elección de los sitios de muestreos fue al azar, con el objeto de contar con muestras representativas (independientes) evitando que las muestras estén viciadas. El número de muestras por localidades fue de 10 que represento el número mínimo de muestra obtenido al inicio del monitoreo (época de lluvias 2003).

La recolecta de los macroinvertebrados fue de manera manual, durante un periodo de 10 minutos. Las muestras fueron tomadas de las raíces de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), se obtienen plantas de lirio acuático las cuales son introducidas en cubetas de plástico con un poco de agua donde son lavadas las raíces, se saca la planta y se revisan las raíces para obtener algún organismo que pudiera haber quedado sobre ésta y posteriormente lo que queda en la cubeta se filtra en un colador de luz de malla de 0.5 mm y por último las muestras son almacenadas en bolsas de plástico, rotuladas y fijadas en alcohol al 70% para su traslado al Laboratorio de Malacología en la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT.

Los datos que se tomaron en campo fueron los siguientes: nombre de la localidad, coordenadas geográficas (latitud, longitud), estos datos se obtuvieron con un GPS (SCOUT GPS), fecha y número de colecta.

6.2 TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio los macroinvertebrados fueron cuantificados e identificados hasta el nivel taxonómico posible género y/o especie con excepción de (Olygochaeta, Polychaeta, Ostrácoda y Lepidóptera que se quedaron a nivel de orden). En algunos grupos de macroinvertebrados solo se identificaron hasta género debido a que son formas larvianas o juveniles, a que la taxonomía es muy compleja y sobre todo por la falta de claves de identificación a nivel de especies en especial para el grupo de los insectos.

La identificación taxonómica se realizó en la mayoría de los casos por medio de claves taxonómicas y por comparación con las especies descritas hasta el momento en la literatura especializada Blackwelder (1944), Chu (1949), Wiggins, (1977), Merrit y Cummins (2008), McCafferty (1998), Thorp y Covich (2000), De la Lanza *et al.*, (2000), Pennak (2001), Borror y DeLong's (2005), además se consultó a especialistas en taxonomía de cada grupo para confirmar o solicitar su identificación a nivel genérico o específico. Dr. Atilano Contreras Ramos y M. en C. Raúl Zapata Mata (Insectos), M. en C. Serapio López (Hirudineos), Dr. Fernando Álvarez y M. en C. José Luis Ramos (Crustáceos), M. en C. Jaquelina Gamboa (Moluscos).

Los datos obtenidos fueron anotados en hojas de registro, con los que posteriormente se obtuvieron los índices ecológicos y el Índice de Integridad Biótica para Pantanos de Centla (IIBPC). El material recolectado fue depositado en el laboratorio de Malacología en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

6.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

En cada localidad se tomaron los parámetros fisicoquímicos correspondientes, este trabajo fue realizado por el personal del Laboratorio de Fisicoquímicos de la D.A.C.BIOL. Todos estos parámetros fueron obtenidos a través de las técnicas propuesta por APHA (1992) y EPA (1990).

PARÁMETRO	CLAVE DE IDENTIFICACION	MÉTODO	BASE ANALÍTICA
Temperatura del agua	TA	2550	Instrumental
pH	pH	4500-H+	Potenciometría
Visibilidad al disco de Secchi*	VDS	EPA (1990)	Visual
Oxígeno disuelto	OD	4500-O-C	Titulométrico
Conductividad Eléctrica	CE	2510	Instrumental
Sólidos suspendidos totales	SST	2520-B	Gravimétrico
Alcalinidad Total	AT	2320	Titulométrico
Dureza	D	2340-C	Titulométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	5210-B	Titulométrico
Demanda Química de Oxígeno	DQO	5220-B	Titulométrico
Nitratos	NA	4500-NO ₃	Colorimétrico
Amonio	A	4500-NH ₃ -B-D	Colorimétrico
Fósforo total	FT	4500-P-D	Colorimétrico

Los métodos sin asteriscos son: por APHA (1992) y con asteriscos por EPA (1990).

6.4 TRABAJO DE GABINETE.

6.4.1.-Índice básico

Abundancia

La abundancia se expresa en términos absolutos o sea el tamaño poblacional (N = número de individuos en la población) o densidad poblacional (D = número promedio de individuos por unidad de tiempo) (Ojasti, 2000).

6.4.2.-Índices ecológicos

Con los datos obtenidos en las hojas de registro de cada localidad se determinaron los siguientes índices ecológicos:

Índice de Diversidad de Shannon (H').

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas. El índice de Shannon es una medida de heterogeneidad, toma en cuenta la abundancia y riqueza de especies y es utilizado comúnmente para estudios de muestreos de comunidad. Mientras mayor sea el valor de diversidad (H'), más diversa es una comunidad (Magurran, 2004) se expresa como:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H' = Diversidad

Σ = Sumatoria

p_i = Proporción de individuos hallados en la especie i éxima ($p_i = n_i/N$).

\ln = Logaritmo natural

Índice de Equitatividad (E) de Shannon.

El índice de equitatividad de Shannon (E) considera la uniformidad de la abundancia de especies y se expresa como:

$$E = H' / \ln S$$

Dónde:

H' = Diversidad de Shannon

S = Número total de las especies

Índice de Riqueza específica (S)

El índice de riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Magurran, 2004).

Índice de dominancia de Simpson:

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

$$= \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001).

Este índice otorga mayor peso a las especies abundantes que a las raras. Varía entre un valor mínimo de 0 (cuando los individuos pertenecen a la misma especie) y un máximo de $(1-1/S)$ cuando los individuos se reparten equitativamente entre especies.

Los índices ecológicos de Diversidad fueron obtenidos con el software Bio-DAP. Ecological diversity and its measurement (Magurran, 1988) para Windows.

6.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para establecer la existencia de diferencias significativa entre las temporadas de muestreo con respecto a la abundancia, diversidad y riqueza específica se aplicó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis. El análisis se realizó con el programa estadístico de Statgraphics © versión 5.1.

Previamente se realizó un análisis exploratorio de los datos con una ANOVA simple para verificar si los datos cumplían con los estándares estadísticos de normalidad y homocedasticidad ya que si la asimetría y/o curtosis estandarizadas están fuera del rango de $(-2$ a $+2)$ indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola la asunción de que los datos proceden de distribuciones normales por lo tanto se procede a realizar una prueba de Kruskal-Wallis.

6.4.4.-Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla.

La determinación de la integridad biótica en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla se realizó en base en el protocolo desarrollado por (Pérez-Munguía, 2005 y Carrasco, 2008) este índice está construido por variables de respuesta ligados a la calidad ambiental. Para la propuesta de las medidas se construyó una matriz con las abundancias de las familias de invertebrados en cada sitio, además del hábito, gremio trófico y grado de tolerancia.

Los valores de tolerancia de las familias, son un reflejo de los modelos adaptativos para enfrentar cambios en la calidad del agua, provocados principalmente por contaminación orgánica. El grado de tolerancia usado para los diferentes grupos de invertebrados en este trabajo se obtuvo con los criterios de Mandaville (2002). El hábito y el gremio trófico de los organismos se obtuvieron de Merrit y Cummins (2008).

Con los datos extraídos del material biológico muestreado en 16 lagunas y dos drenes, se propusieron 13 métricas que miden la riqueza, estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, tolerancia, gremios tróficos de las familias que conforma esa comunidad y hábitos (Tabla 2) el cual se adaptó para el tipo de ambiente de la RBPC (humedales). Estas medidas deben ser ecológicamente significativas y predecibles en presencia de un impacto ambiental (Carrasco, 2008).

Tabla 2. Variables de respuestas al ambiente propuestas.

CATEGORÍA	VARIABLES DE RESPUESTAS AL AMBIENTE	TENDENCIA CON LA ALTERACION DEL AMBIENTE
Medidas de riqueza	Riqueza de taxa	Disminuye
Medidas de estructura y composición	Abundancia relativa de la familia dominante	Aumenta
	Abundancia relativa de chironomidos	Aumenta
Medidas de tolerancia	Número de taxones tolerantes	Aumenta
	Porcentaje de tolerantes	Aumenta
	Tolerancia media de la familia	Disminuye
Medidas tróficas	Abundancia relativa de tolerantes	Aumenta
	Abundancia relativa de predadores	Disminuye
	Número de familias predadores	Disminuye
	Porcentaje de recolectores	Aumenta
	Número de taxones recolectores	Aumenta
Medidas de Hábitos	Número de taxones fijos	Disminuye
	Porcentaje de taxones fijos	Disminuye

Se integró una matriz en la que se acomodaron los diferentes taxa ordenados para cada sitio de muestreo por abundancia y por gremios tróficos indicando su valor de tolerancia.

Estas variables se definen como sigue:

- **Riqueza de taxones.** Es el número total de familias presentes en una muestra. Generalmente se incrementa conforme la calidad del agua es mayor y el hábitat está en mejores condiciones.
- **Abundancia relativa de la familia dominante.** Usa la abundancia del taxón numéricamente dominante en relación a la abundancia total del resto de organismos encontrados en el sitio como una medida del balance de la comunidad. Una comunidad dominada por una o dos familias, generalmente es un indicador de estrés ambiental. Se calcula dividiendo la abundancia de la familia dominante entre la abundancia total y multiplicada por 100.
- **Abundancia relativa de chironómidos.** Usa la abundancia de los chironómidos en relación a la abundancia total del resto de organismos
- **Número de taxones tolerantes.** Con base en la calificación de tolerancia, los taxones que tienen valores de 1 a 5 se consideran en la categoría de tolerantes. Únicamente se cuenta el número de taxones que son tolerantes.
- **Porcentaje de taxones tolerantes.** Es el porcentaje de los taxones tolerantes en la muestra.
- **Abundancia relativa de organismos tolerantes.** Usa la sumatoria de la abundancia de las familias tolerantes en relación a la abundancia total de organismos multiplicado por 100.
- **Abundancia relativa predadores.** Usa la sumatoria de la abundancia de las familias predatoras en relación a la abundancia total de organismos multiplicado por 100.
- **Número de taxones predadores.** Se cuenta el número de taxones predadores. Un mayor número de ellos supone una comunidad mejor estructurada.
- **Número de taxones fijos.** Es el número de taxones cuyos modelos adaptativos les permiten vivir fijos al substrato, que generalmente son rocas o estructuras de plantas acuáticas vivas. Implica la presencia de sustrato adecuado para que puedan vivir sobre ellos.
- **Porcentaje de taxones fijos.** Representa el porcentaje de organismos cuyos modelos adaptativos les permiten vivir pegados a un substrato sumergido.
- **Número de recolectores.** es el número de taxones recolectores
- **Porcentaje de recolectores.** Se emplea el número de taxones colectores entre la abundancia total multiplicado por 100.
- **Tolerancia media de las familias.** Se obtiene un promedio de los valores de la tolerancia asignados a cada familia presente en la muestra.

1.- Análisis estadísticos para la elaboración del índice.

Se utilizó estadística Univariada (test de ANOVA y correlaciones múltiples); estadística multivariada (Análisis de Componentes Principales y regresión múltiple), con los paquetes estadístico JMP 7 y MVSP. Para la validación del índice se usaron las medidas ecológicas diversidad (H'), riqueza específica (S), equitatividad (E) y abundancia (A), así como el índice Simplificado de Calidad del Agua (ISCA) obtenido mediante cinco parámetros físico-químicos: temperatura, oxidabilidad (de la materia orgánica), materias suspendidas, oxígeno disuelto en el agua y conductividad eléctrica (Perez-Mungía *et al.*, 2007)

En función de estos parámetros se establece una clasificación en la que el ISCA varía entre 0 y 100. Cuanto mayor es el índice, mejor es la calidad del agua. Así pues, un agua para todos los usos debe tener un ISCA superior a 85, en tanto que por debajo de 30 no es apta para ningún uso.

2.- Elección de las medidas que reflejan las alteraciones ambientales.

Se desarrolló una matriz en la que se incluyó el cálculo de las medidas propuestas para cada una de las lagunas en estudio. Con el paquete estadístico JMP y MVSP esta matriz de datos fue sometida a un análisis de correlación y de componentes principales (PCA) para eliminar aquellas que estuvieran fuertemente correlacionadas y que aportaran información redundante. Se usó una ANOVA de una sola vía para determinar las variables sensibles al impacto ecológico. A continuación se detalla el proceso:

Como primer paso se realizó una correlación entre todas las variables de los sitios en estudio para determinar cuáles de ellas aportan información redundante. De este análisis se escogieron dos variables que menos correlaciones tenían con las otras.

Posteriormente se efectuó un análisis de componentes principales (PCA) con todas las variables de respuesta para eliminar aquellas que estuvieran fuertemente correlacionadas y que aportaran información redundante, de este análisis se seleccionaron 10 variables. Después se corrió un segundo PCA con las variables seleccionadas en el primer PCA y en la correlación, de las cuales se seleccionaron siete variables que no aportaban información redundante es decir que presentaron una baja correlación.

Luego se corrió una ANOVA de una sola vía, entre todas las variables de respuestas contra los índices ecológicos. De este análisis se escogieron cuatro variables que explican bien los cambios de la calidad ecológica en las estaciones estudiadas.

De todo el grupo de variables escogidas (13) con los tres análisis anteriores, algunas se repitieron en uno u otro análisis, quedando 10 variables en total. Con ellas se efectuó una correlación no paramétrica de Spearman para determinar cuáles de las variables escogidas son redundantes, es decir aportan la misma información (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación de Spearman entre las variables

Correlations										
Variable	Riqueza	A. r. chiro	Núm. tax predador	Núm. Taxa fijo	% taxa fijo	Núm. taxa tole	% taxa tole	Tole media	Núm. recol	% recol
Riqueza		0.3848	0.8102	0.8189	-0.1139	0.8689	0.8641	0.2226	0.5926	-0.7559
A. r. chiro			0.4601	0.2929	0.0880	0.2957	0.2466	0.0111	0.1371	-0.3157
Núm. tax predador				0.8314	0.0411	0.6181	0.5884	0.0563	0.2782	-0.6813
Núm. tax fijo					0.1389	0.5794	0.5534	-0.0330	0.1715	-0.8264
% tax fijo						-0.2786	-0.2727	-0.2378	-0.2067	-0.1756
Núm. tax tole							0.9936	0.6493	0.8277	-0.6992
% tax tole								0.6500	0.8455	-0.6927
Tole media									0.6626	-0.3866
Núm. recol										-0.3221

A. r. de chiro	Abundancia relativa de chironomidos
Núm. taxa predador	Número de taxa depredadores
Núm. taxa fijo	Número de taxa fijo
% taxa fijo	Porcentaje de taxa fijo
Núm. taxa tole	Número de taxa tolerante
% taxa tole	Porcentaje de taxa tolerante
Tole media	Tolerancia media
Núm. Recol	Número de recolectores
% recol	Porcentaje de recolectores

Por último, se efectuó una regresión múltiple usando las 10 variables de respuesta contra los parámetros ecológicos y la calidad físico-química del agua (ISCA). Fueron estadísticamente significativas las siguientes: número de taxa predador, número de taxa fijo, número de taxa tolerante, % taxa tolerante, número de recolectores, % de recolectores y tolerancia media.

De todos estos análisis estadísticos se seleccionaron las variables que responden bien a las variaciones ambientales y que no aportan información redundante. Estas variables son parte de medidas tróficas, de riqueza, de estructura, composición y de hábito de la comunidad de invertebrados acuáticos.

A partir de estos análisis se propusieron tres índices incluyendo las variables.

IIB1	IIB2	IIB3
Regresión múltiple	ANOVA	Correlación de Spearman
Número de taxa predador	Número de taxa predador	Número de taxa predador
Número de taxa fijo	Número de taxa fijo	Número de taxa fijo
Número de taxa tolerante	Número de taxa tolerante	Número de taxa tolerante
% taxa tolerante		% taxa tolerante
% recolectores		% recolectores
		Número de recolectores
		Abundancia relativa de chironomidos
	Tolerancia media	Tolerancia media
	Riqueza	

3.- Categorización de las variables

Con las nueve variables de respuesta al ambiente calculadas para todos los sitios de muestreo se efectuó un análisis de cuartiles, mediante la distribución de Y's en el universo de datos de las variables de respuesta, lo que permite obtener los rangos de distribución de los datos y con ello estandarizar los valores obtenidos en cuatro categorías (Tabla 4).

Tabla 4. Tabla de decisión para calificar las variables de respuesta al ambiente.

VARIABLES	RANGO 1	RANGO 2	RANGO 3	RANGO 4
Riqueza	$Y < 17$	$17 \leq Y < 18$	$18 \leq Y < 20$	$Y \geq 20$
A.r. de chironomidos	$Y \geq 2.57$	$1.30 \leq Y < 2.57$	$0.11 \leq Y < 1.30$	$Y < 0.11$
Número de taxa predador	$Y < 6$	$6 \leq Y < 8$	$8 \leq Y < 8$	$Y \geq 8$
Número de taxa fijo	$Y < 6$	$6 \leq Y < 8$	$8 \leq Y < 8$	$Y \geq 8$
Número de taxa tolerante	$Y \geq 13$	$12 \leq Y < 13$	$10 \leq Y < 12$	$Y < 10$
% taxa tolerante	$Y \geq 4.73$	$4.32 \leq Y < 4.73$	$3.69 \leq Y < 4.32$	$Y < 3.69$
Número de recolectores	$Y < 5$	$5 \leq Y < 5$	$5 \leq Y < 6$	$Y \geq 6$
% recolectores	$Y < 1.07$	$1.07 \leq Y < 1.71$	$1.71 \leq Y < 4.49$	$Y \geq 4.49$
Tolerancia media	$Y < 6.94$	$6.94 \leq Y < 7.05$	$7.05 \leq Y < 7.14$	$Y \geq 7.14$

VARIABLES	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4
Riqueza	1	2	3	4
A .r. de chironomidos	1	2	3	4
Número de taxa predador	1	2	3	4
Número de taxa fijo	1	2	3	4
Número de taxa tolerante	1	2	3	4
% taxa tolerante	1	2	3	4
Número de recolectores	1	2	3	4
% recolectores	1	2	3	4
Tolerancia media	1	2	3	4

4.- Cálculo del índice

Usando la tabla de decisión anterior se creó una matriz en la que se sustituyeron los valores de cada una de las variables de respuestas con los valores correspondientes para cada categoría.

Luego de ello se calcularon los índices propuestos. El algoritmo del índice es una suma no ponderada de las variables de respuesta al ambiente de los invertebrados acuáticos. Proponiéndose entonces la siguiente fórmula:

$$IIB = \Sigma VRA$$

Dónde:

IIB = Índice de Integridad Biótica

ΣVRA = Sumatoria de las Variables de Respuesta Ambiental

5.-Validación del índice

Se validó cada uno de los índices mediante una regresión múltiple con los parámetros ecológicos: Diversidad (H'), Riqueza específica (S), Equitatividad (E) y Abundancia (N), y el índice Simplificado de Calidad del Agua (ISCA) (Variables independientes).

Como se observa en las Figuras 2 y 4 el índice de calidad (ISCA) y los parámetros ecológicos no se correlacionó con el IIB1 y IIB3. Con respecto al IIB2 la riqueza específica fue el único parámetro que se correlaciono muy bien con este índice (Figura 3).

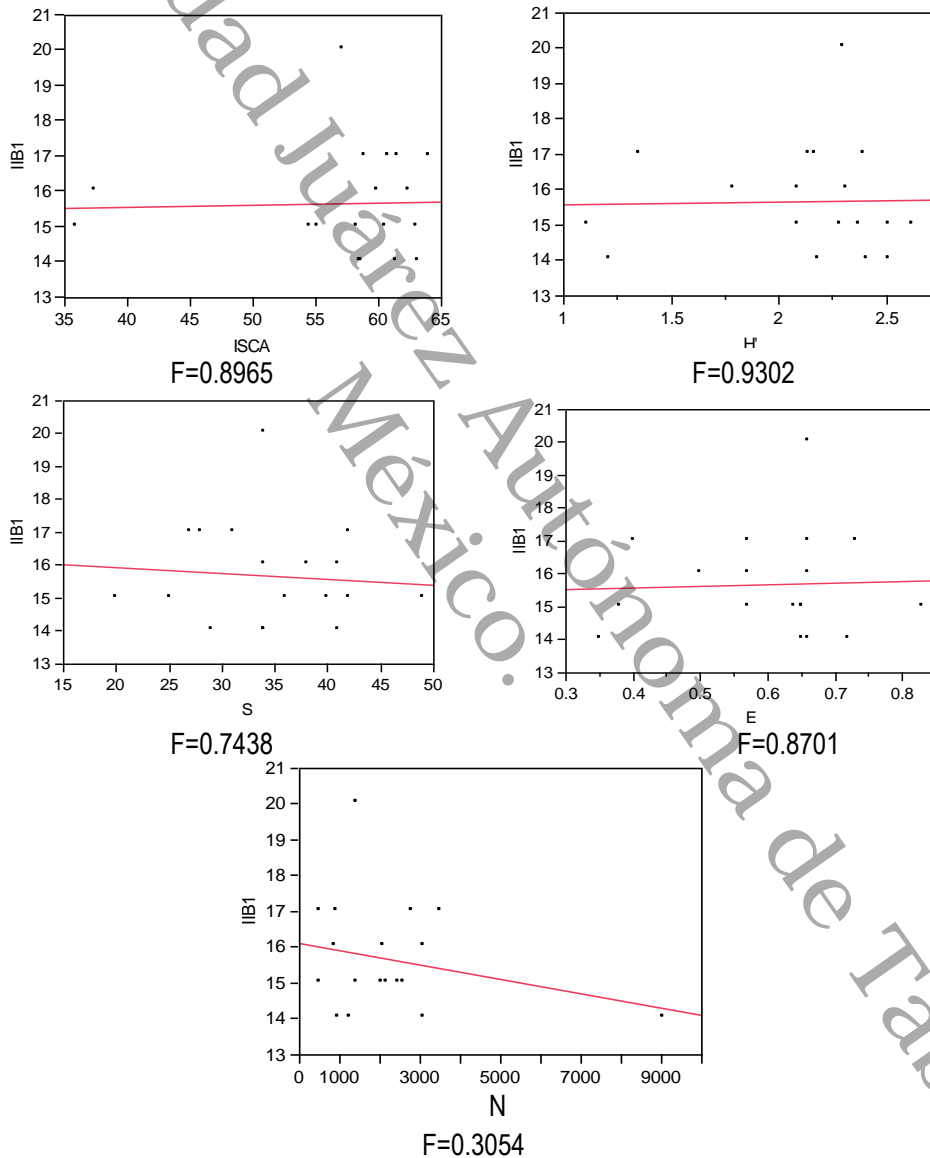


Figura 2. Regresión múltiple entre el IIB1 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos.

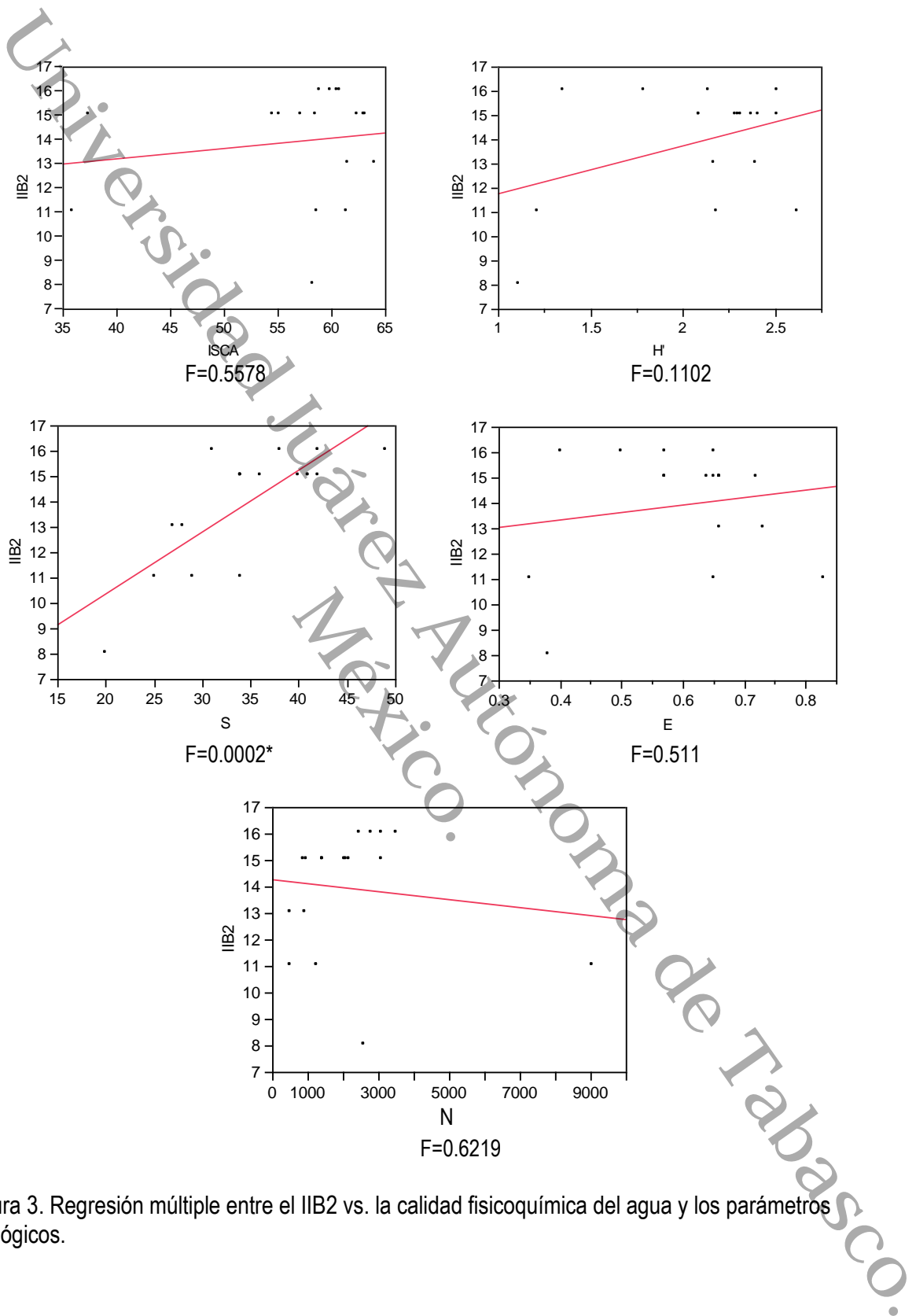


Figura 3. Regresión múltiple entre el IIB2 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos.

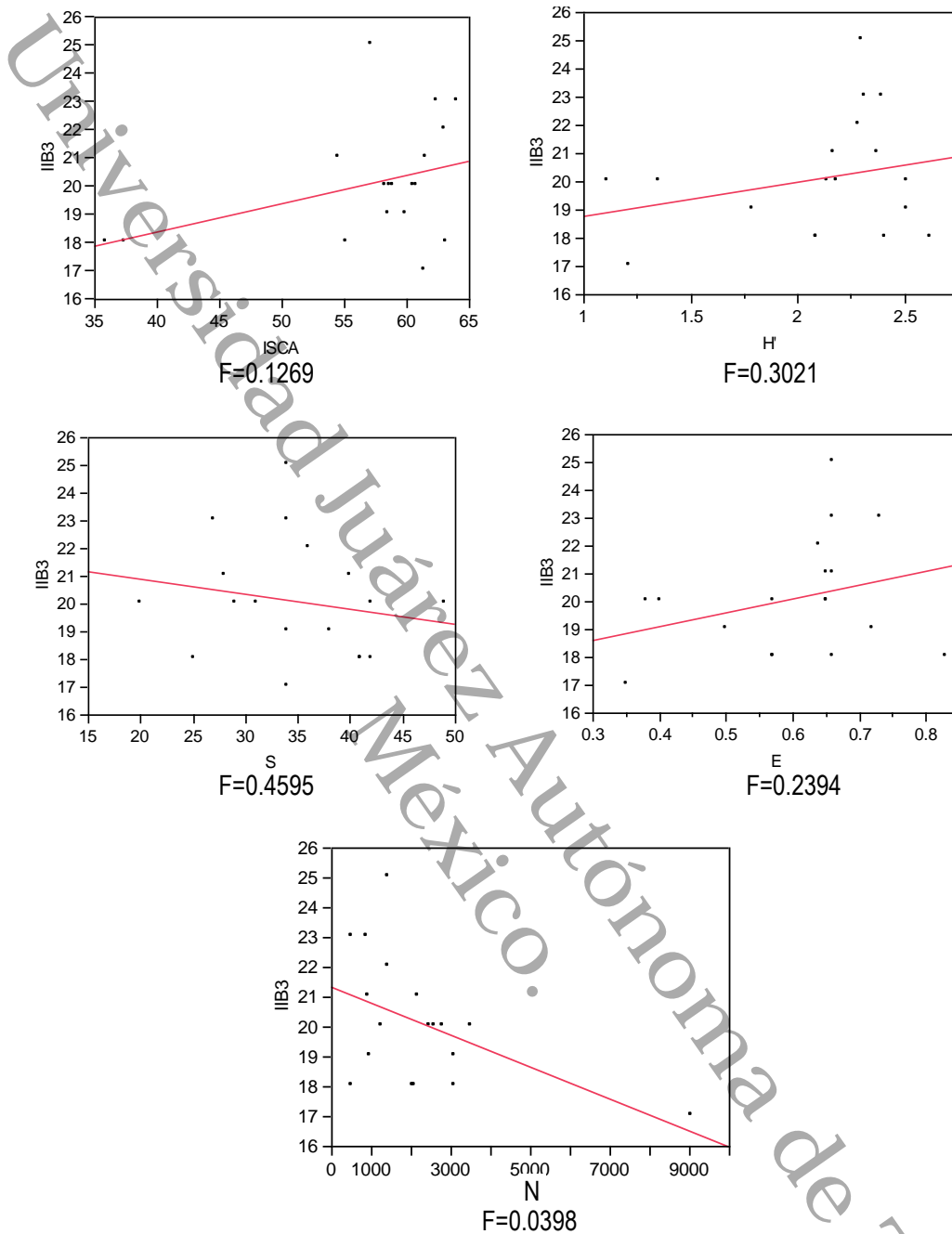


Figura 4. Regresión múltiple entre el IIB3 vs. la calidad fisicoquímica del agua y los parámetros ecológicos

De los tres índices evaluados se seleccionó el IIB2 por estar fuertemente correlacionado con la riqueza específica, dicho índice tiene como variables de respuestas al ambiente las siguientes métricas: Riqueza, número de taxa predador, número de taxa fijo, número de taxa tolerante y tolerancia media.

6.-Categorización del IIB

Con un análisis de cuartiles se obtiene las categorías del índice, lo que también permite nominar a las mismas de acuerdo a la integridad biótica del sitio en estudio (Tabla 5).

Tabla 5. Categorías del IIBPC

IIB	CLASE 4	CLASE 3	CLASE 2	CLASE 1
Y'S	$Y \leq 10$	$10 < Y \leq 12$	$12 < Y \leq 15$	$Y > 15$
Rango	0-10	11-12	13-15	>15
Código	Pobre	Regular	Buena	Excelente

Valores del índice entre 0 y 10 puntos significan una integridad biótica pobre, entre 11 y 12 puntos es regular, entre 13 y 15 buena, mayor de 15 excelente.

6.4.5.-Análisis de Correspondencia Canónico (ACC).

Para obtener las asociaciones entre la abundancia de las comunidades de los macroinvertebrados acuáticos y las variables fisicoquímicas se realizó un (ACC) el cual es un modelo estadístico multivariado que facilita el estudio de las interrelaciones entre múltiples variables dependientes y múltiples variables independientes.

El paquete estadístico usado para el análisis mencionado fue:

El software CANOCO para Windows ver. 4 (Canonical Community Ordination).

El Análisis de Correlación Canónica es una técnica basada en la interpretación de los coeficientes de correlación y por lo tanto requiere que las relaciones existentes entre ambos conjuntos de variables sean de tipo lineal (Fernández-Gómez *et al.*, 1996). Supone una respuesta unimodal de los taxos con respecto a la combinación lineal de cada variable ambiental. A través de la proyección ortogonal sobre cada flecha (variable ambiental) se establece una posición relativa de cada punto (taxón), lo cual permite establecer mayor o menor grado de correlación dependiendo de su cercanía a la punta de la flecha. También es posible establecer una correlación positiva o negativa según su magnitud. Una posición del punto cercana al centro del diagrama indicara escasa o ninguna correlación con variables ambientales (CCEAH 2006).

VII.-RESULTADOS

7.1. Determinación de la composición taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados.

Durante las épocas de secas (mayo) y lluvias (septiembre) del 2006 y 2007, se muestrearon un total de 17 lagunas y dos drenes distribuidas en el interior de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC). Se contabilizaron un total de 178,889 organismos.

Al analizar la composición taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC, se registró un total de 85 taxa distribuidas en tres Phyla, diez clases, 21 órdenes, 51 familias y 31 especies. El grupo de los Arthropoda estuvo compuesta con cinco clases: Arachnida, Insecta, Malacostraca, Ostracoda y Branchiopoda; Annelida con tres: Oligochaeta, Polychaeta y Hirudinea., Mollusca con dos: Gastropoda y Bivalvia, (Tabla 6). Los ostrácodos, poliquetos y oligoquetos se identificaron hasta el nivel de clase.

La clase Arachnida registro tres familias, tres géneros y dos morfoespecies; la clase Insecta estuvo representada por ocho órdenes, 26 familias, 34 géneros, una especie y seis morfoespecies a su vez la clase Malacostraca registro cuatro órdenes, nueve familias, ocho especies y 2 morfoespecies, los ostrácodos dos morfoespecies y los Branchiopodos una especie.

El Phylum Annelida estuvo compuesto por tres clases, dos órdenes, dos familias, dos géneros y tres especies.

Dentro del grupo de los moluscos la clase Gastropoda estuvo constituida por tres órdenes, siete familias, y 13 especies. Por su parte, la clase Bivalva presento dos órdenes, cuatro familias y cinco especies.

Tabla 6. Listado Taxonómico de los macroinvertebrados en vegetación (*E. crassipes*) registrados en la RBPC (larva=l)

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie		
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Unionicolidae	<i>Koenikea</i> <i>Neumania</i> <i>Hydrachna</i>			
			Hydrachnidae	<i>Hydrachna</i>			
	Insecta	Coleoptera	Arrenuridae	Arrenuridae	<i>Arrenuridae sp1</i> <i>Arrenuridae sp2</i>		
			Noteridae	<i>Hydrocanthus sp1</i> <i>Hydrocanthus sp2</i>			
				Hydrophilidae	<i>Enochrus</i> <i>Derallus</i> <i>Tropisternus</i> <i>Tropisternus (l)</i> <i>Hydrophilidae sp</i> <i>Paracymus</i>		
			Hydraenidae	<i>Hydraena</i>			
				Dytiscidae	<i>Celina</i> <i>Desmopachria (l)</i> <i>Cybister</i> <i>Cybister (l)</i> <i>Hydrovatus</i>		
			Diptera	Diptera	Staphylinidae		
					Curculionidae		
					Scirtidae		
					Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i> <i>Chironomus</i>	
					Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	
	Culicidae	<i>Culex</i>					
	Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>					
	Tabaenidae	<i>Chrysops</i>					
	Hemiptera	Hemiptera			Veliidae		
					Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	
			Gerridae	<i>Gerris</i>			
			Hebridae	<i>Hebrus</i>			
			Pleidae	<i>Paraplea</i>			
	Odonata	Odonata	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	<i>B. flumineum</i>		
			Hydrometridae	<i>Hydometra</i>			
			Corixidae	<i>Tenagobia</i>			
			Mesovelidae				
			Libellulidae	<i>Libellula (ninfa)</i>			
	Eferoptera	Eferoptera	Coenagrionidae	<i>Argia (ninfa)</i>			
			Caenidae	<i>Caenis(ninfa)</i>			
	Trichoptera	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>			
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>			
	Collembola	Collembola	Isotomidae	<i>Isotomurus</i>			
Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	<i>M. acanthurus</i>			
		Cambaridae	<i>Procambarus</i>	<i>P. llamasii</i>			
		Glyptograpsidae	<i>Platychoirapsus</i>	<i>P. spectabilis</i>			
		Trichodactylidae	<i>Avotrichodactylus</i>	<i>A. constrictus</i>			
		Panopeidae	<i>Rhithropanopeus</i>	<i>R. harrisii</i>			
		Portunidae	<i>Callinectes</i>	<i>C. sapidus</i> <i>C. rathbunae</i>			
		Amphipoda	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	<i>H. azteca</i>	
				Asellidae	<i>Caecidotea</i>		
		Isopoda	Isopoda			Isopoda sp	
						Apseudidae	
		Ostracoda	Ostracoda			Ostracoda sp1	
						Ostracoda sp2	
		Annelida	Branchiopoda	Diplostraca	Cyclestheriidae	<i>Cyclestheria</i>	<i>C. hislopi</i> Oligochaeta sp Polychaeta sp
				Oligochaeta			<i>H. stagnalis</i> <i>H. triserialis</i> <i>E. triannulata</i>
				Hirudinea	Rhynchobdellidae	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>
Bivalvia	Bivalvia	Arhynchobdellidae	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	<i>R. cuneata</i> <i>L. tampicoensis</i>		
		Veneroidea	Dreisseneidae	<i>Mytilopsis</i>	<i>A. clenchi</i>		
			Sphaeriidae	<i>Spharium</i>	<i>A. theiocrenetus</i> <i>P. coronatus</i> <i>C. franceasa</i> <i>Hydrobido sp</i> <i>M. tuberculata</i> <i>P. flagellata</i> <i>B. obstructa</i> <i>Biomphalaria sp</i> <i>D. lucidum</i> <i>Drepanotrema sp</i> <i>H. duryi</i> <i>Helisoma sp</i> <i>M. impluviata</i> <i>M. polita</i> <i>H. excentricus</i> <i>N. reclivata</i>		
Mollusca	Gastropoda	Unionida	Mactridae	<i>Rangia</i>			
			Unionidae	<i>Lampsilis</i>			
			Mesogastropoda	<i>Aroapyrgus</i>			
				<i>Aphaostracon</i> <i>Pyrgophorus</i> <i>Cochliopina</i>			
			Basommatophora	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		
		Pilidae		<i>Pomacea</i>			
		Planorbidae		<i>Biomphalaria</i>			
				<i>Drepanotrema</i>			
				<i>Helisoma</i>			
		Neritina	Neritina	Physidae	<i>Mexinauta</i> <i>Mayabina</i>		
Ancylidae	<i>Hebetancylus</i>						
		Neritidae	<i>Neritina</i>				

Los órdenes más comunes fueron Hemiptera (15%), Coleóptera y Decápoda (12%) respectivamente de las familias registradas (Figura 5).

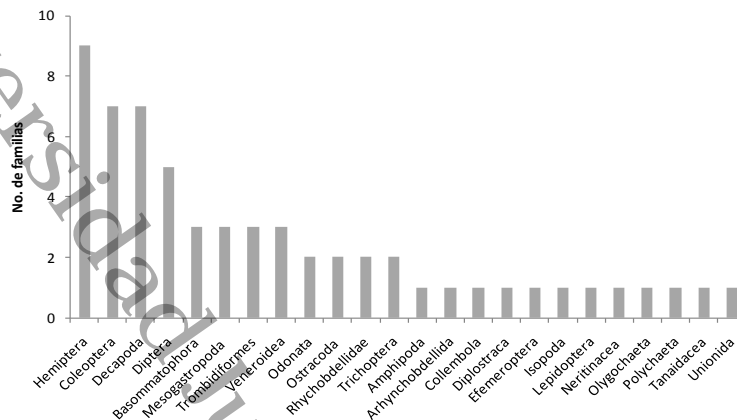


Figura 5. Riqueza de familias respecto a los órdenes encontrados en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (S2006-LL2007).

7.2.- Descripción de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en base a la abundancia e índices ecológicos en la RBPC.

7.2.1. Abundancia de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.

Abundancia relativa (%) de macroinvertebrados acuáticos por época

La mayor abundancia se presentó en la época de lluvia con 101,093 macroinvertebrados y en secas 77,796. La abundancia relativa por épocas muestra un comportamiento cíclico y estacional en donde la mayor abundancia se presenta en las épocas de lluvias (LL2006-LL2007), sin embargo estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre las dos épocas ($P > 0.05$) (Figura 6).

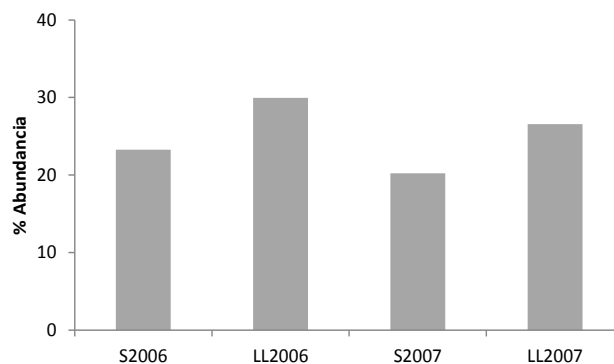


Figura 6. Abundancia relativa por épocas de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

En cuanto al comportamiento general de la abundancia en las lagunas, se observó un comportamiento cíclico y estacional en 14 de las 19 lagunas los valores altos se registraron en las épocas de lluvias. Las lagunas que presentaron mayor abundancia fueron Guanal y Loncho y las de menor abundancia Dren Narvárez Norte, Cometa, Dren Narvárez Sur, Landero, San Pedrito, Tintal, Viento, Concepción e Ídolos (Figura 7).

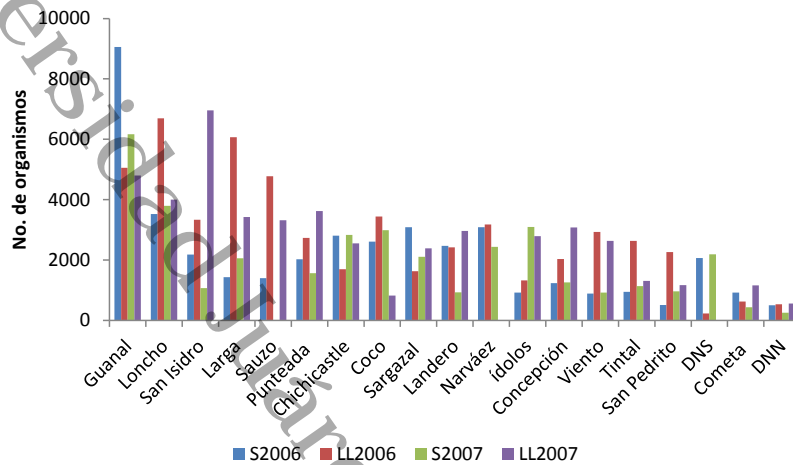


Figura 7. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).

Abundancia relativa (%) por localidad

Las lagunas que presentaron las máximas abundancias relativas promedio fueron Guanal (14.03%) y Loncho (10.9%), y las de menor abundancia Dren Narvárez Norte (1.03%), Cometa (1.75 %), Dren Narvárez Sur (2.51 %), San Pedrito (2.74%), Tintal (3.37%), Viento (4.12%), Concepción (4.25%) e Ídolos (4.53%) (Figura 8), de acuerdo al análisis de varianza existe diferencias significativas de la abundancia entre las lagunas ($P < 0.05$).

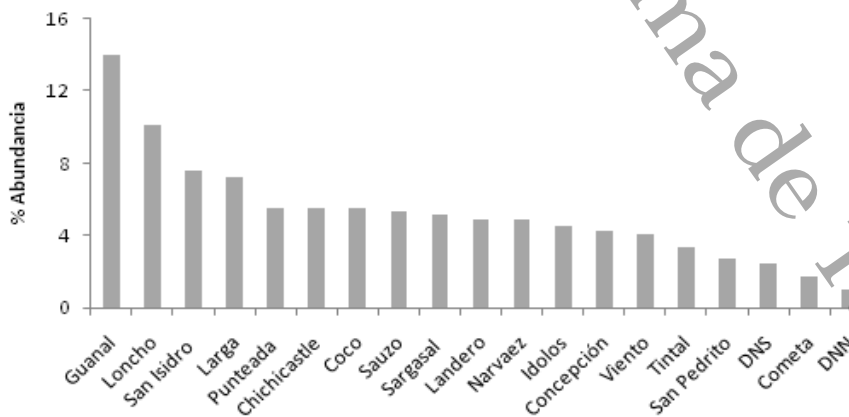


Figura 8. Abundancia relativa promedio de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

La RBPC está caracterizada por presentar abundancias medias y bajas, con excepción de Guanal y Loncho quienes presentaron abundancias altas. No se observa un patrón de distribución de la abundancia claro ni por zonas (núcleo o amortiguamiento), ni por área geográfica (norte, sur, este, oeste) ni por subcuencas hidrológicas (Figura 9).

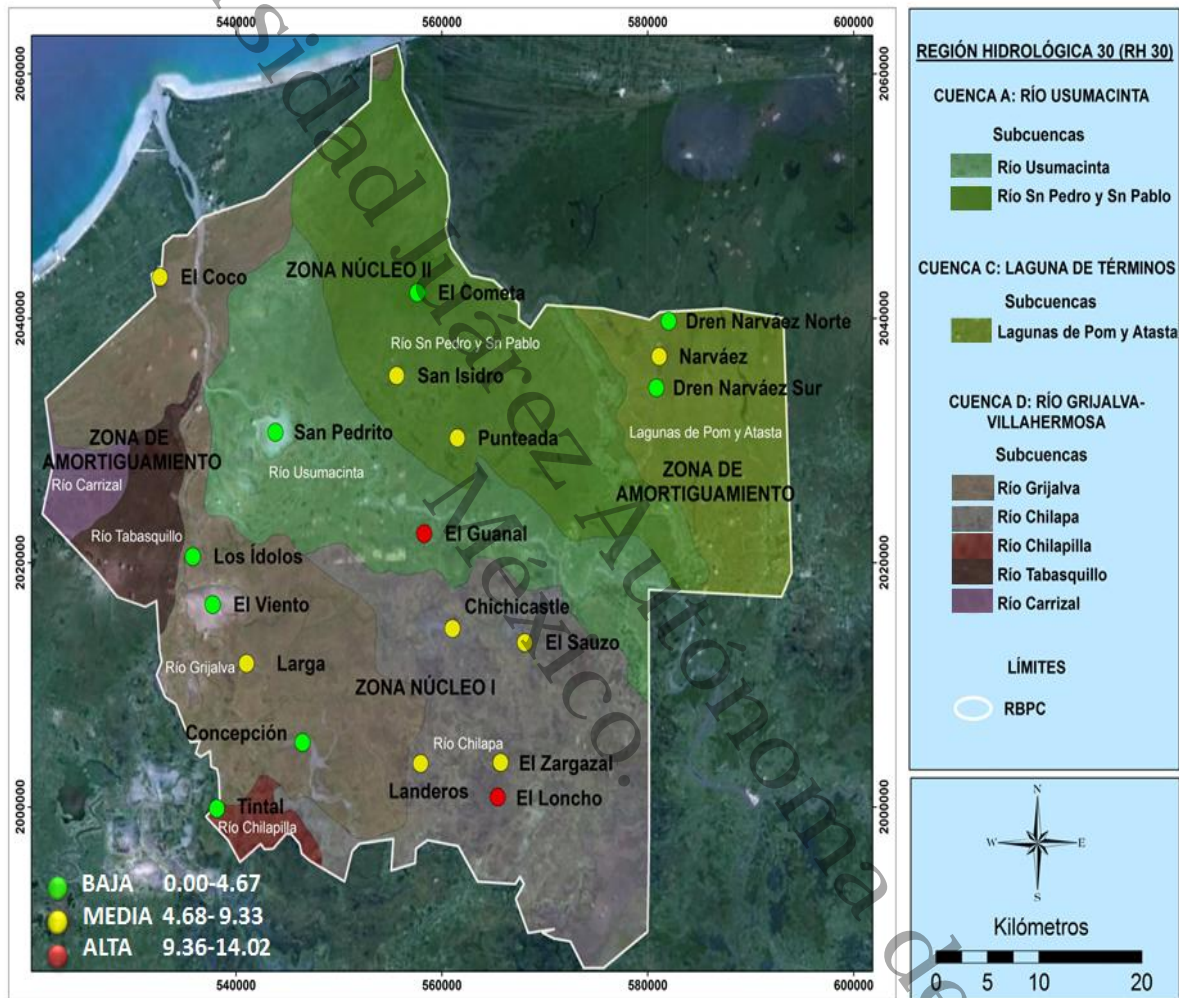


Figura 9. Mapa de abundancia relativa promedio de macroinvertebrados acuáticos por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).

Abundancia relativa (%) de especies por clase

La abundancia en la RBPC está dominada principalmente por la clases: Gastropoda (66.79%), Branchiopoda (10.60%), Malacostraca (9.36 %) y Insecta (6.47%) y las de menor abundancia Polychaeta (0%), Olygochaeta (0.05%) y Arachnida (0.31%) (Figura 10).

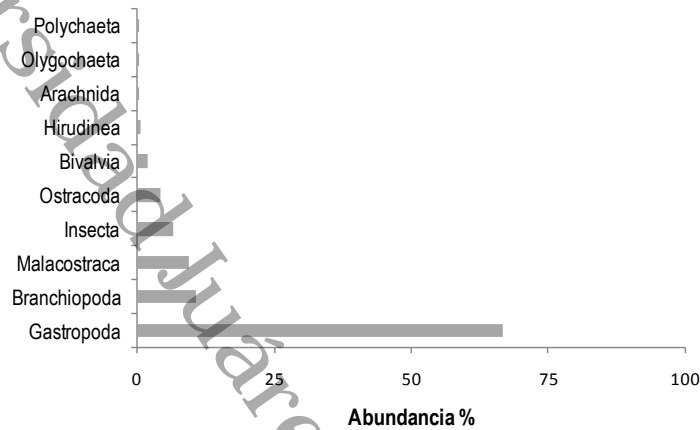


Figura 10. Abundancia relativa de las ocho clases de macroinvertebrados acuáticos registrados en la RBPC (S2006-LL2007).

Las especies que presentaron la mayor abundancia relativa fueron para la clase Gastropoda: *P. coronatus* (19.26%), *A. clenchi* (17.07%), *A. tehiocrenetus* (12.45%), y *M. tuberculata* (5.90%) y para la clase Branchiopoda: *C. hislopilii* (10.60%) y Malacostraca *H. azteca* (7.47%), las especies de menor abundancia son *M. polita*, *N. reclivata*, Ostracoda sp1 y sp2, Hydrobido sp1, *Caenis*, *M. impluviata*, *Libellula*, *Caecidotea* y *S. transversum* (Figura 11).

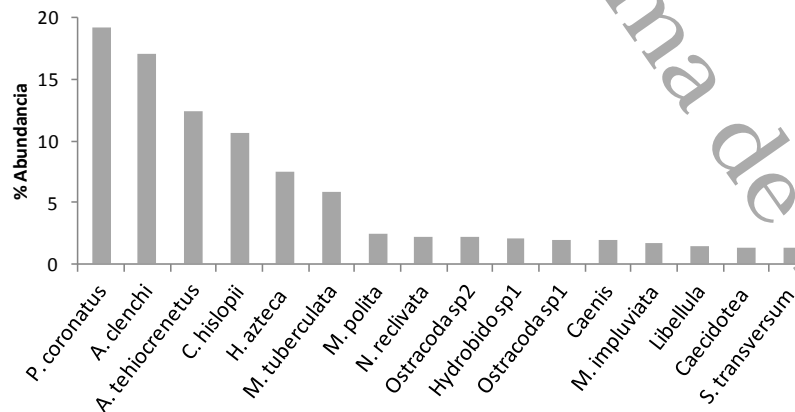


Figura 11. Abundancia relativa de especies de macroinvertebrados en la RBPC (S2006-LL2007).

7.2.2. Riqueza de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC

Riqueza específica (S)

La riqueza específica es entendida como el número de especies (S) que presenta en cada comunidad, las localidades con mayor riqueza específica total son Punteada (74), Tintal (73), Dren Narvárez Sur (71) y Landero (71) y las de menor riqueza fueron Cometa (1) y Dren Narvárez Norte (50) (Figura 12).

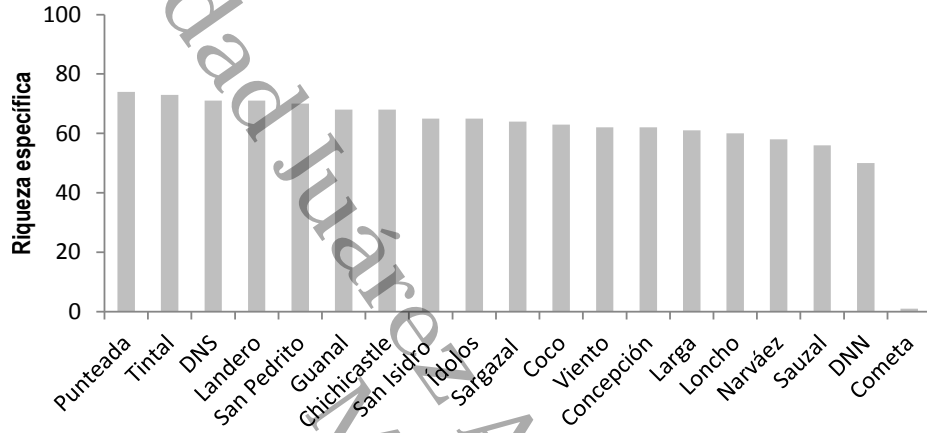


Figura 12. Riqueza específica acumulativa en la RBPC (S2006-LL2007).

La riqueza específica promedio por época vario de 29 en LL2007 a 33 especies en S2006. Las épocas de secas presentaron valores ligeramente superiores a los de lluvias observándose un comportamiento cíclico y estacional (Figura 13).

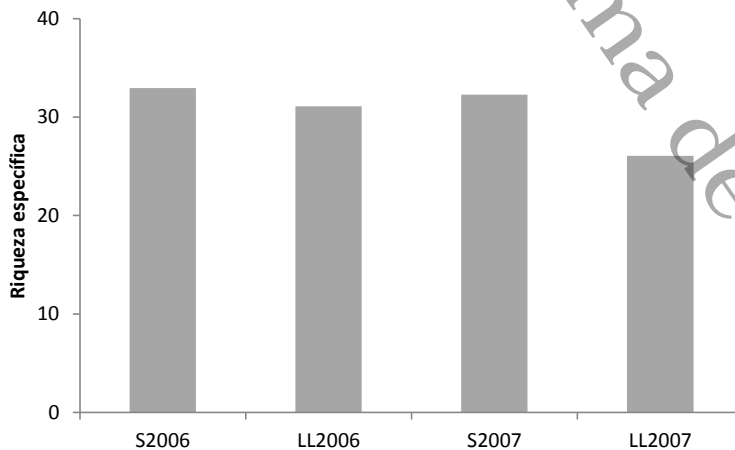


Figura 13. Riqueza específica promedio por épocas de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

El comportamiento general de la riqueza específica se presentó en siete de las 19 localidades Puntedada, Sargazal, Dren Narvárez Sur, Viento, Guanál Narvárez y Dren Narvárez Norte, se observa un comportamiento cíclico en donde los valores altos se presentan en la época de secas (Figura 14).

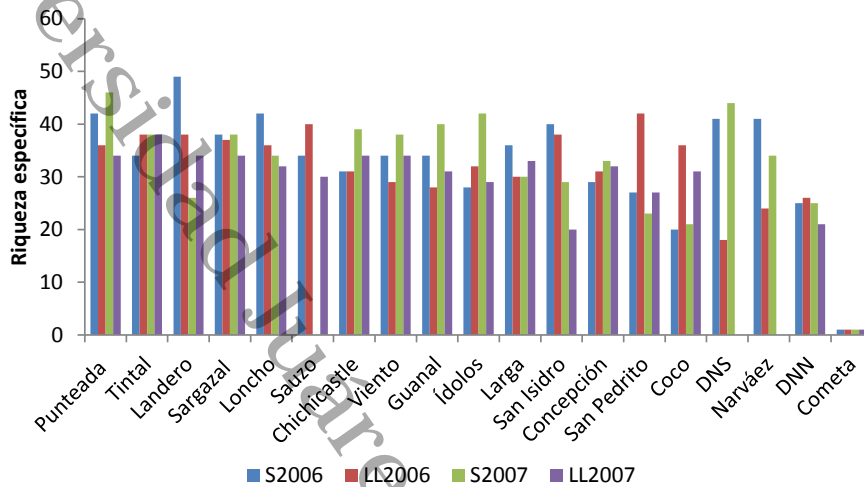


Figura 14. Riqueza específica de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).

La riqueza específica promedio por lagunas varió de 1 a 40 especies, se observó una alta riqueza en la mayoría de las lagunas. Los máximos valores se presentaron en: Punteada (40), Tintal (37), Landero (37) y Sargazal (37); los valores mínimos se registraron en Cometa (1) Dren Narvárez Norte (24), Narvárez (25) y Dren Narvárez Sur (26), de acuerdo al análisis de varianza indicó que no existe diferencias significativas de la riqueza específica entre las lagunas ($P > 0.05$) (Figura 15).

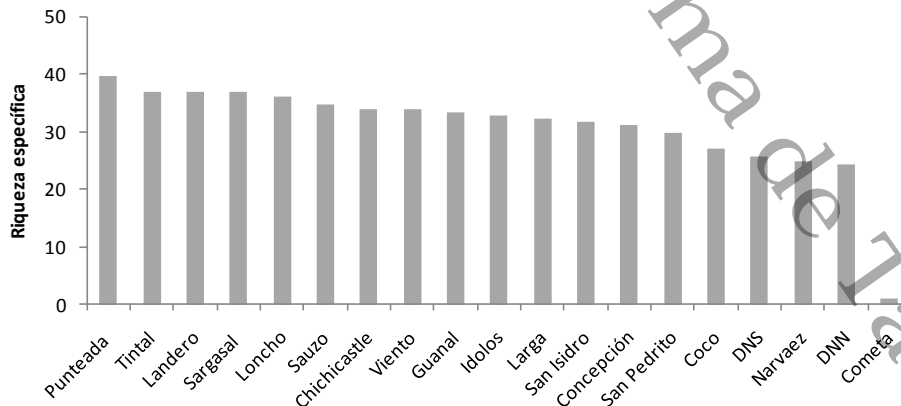


Figura 15. Riqueza específica promedio de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).

La RBPC está caracterizada por presentar valores de riqueza de media a alta abarcando las zonas núcleos y amortiguamiento, con excepción de Cometa (Figura 16).

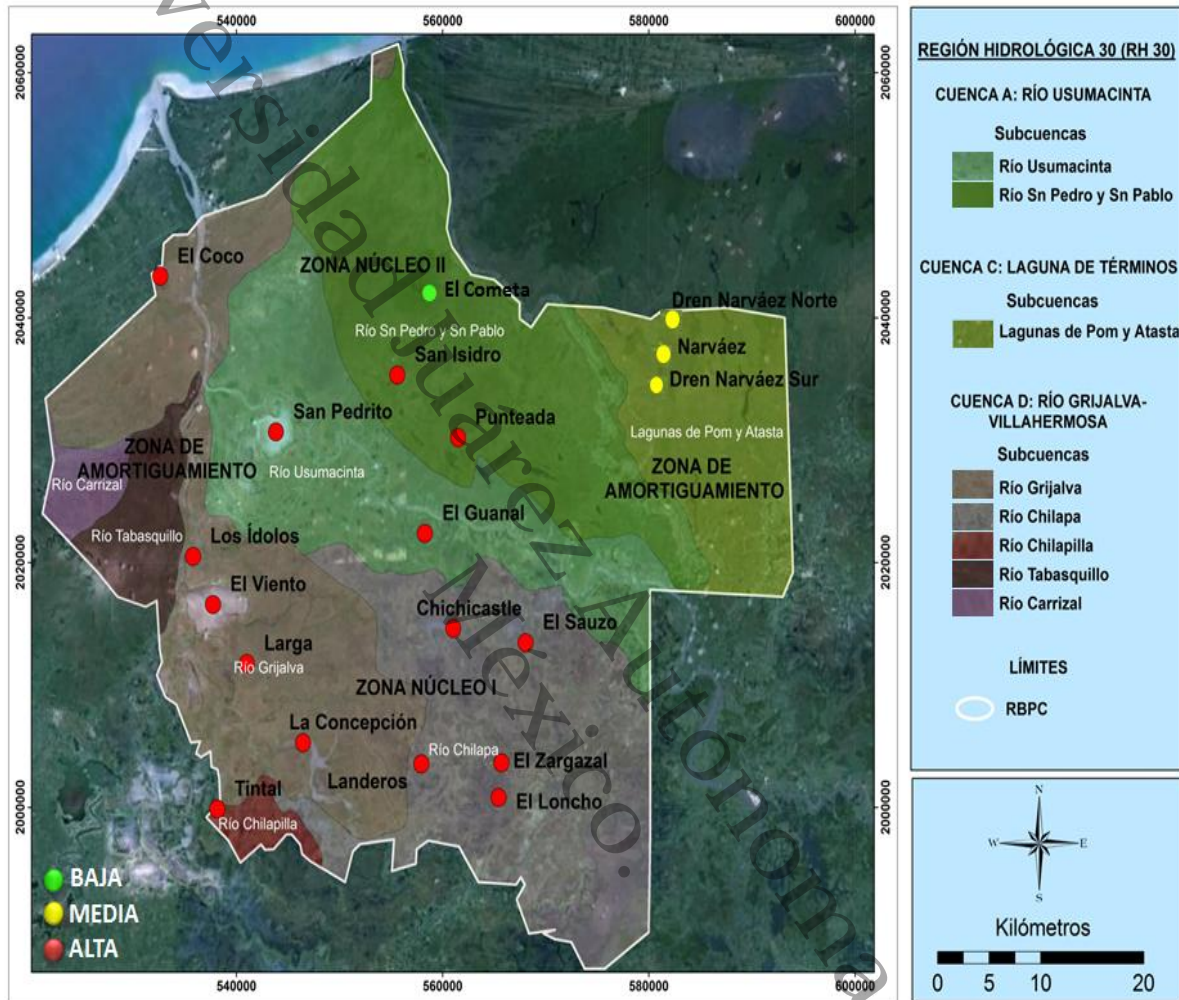


Figura 16. Riqueza específica promedio de macroinvertebrados acuáticos en 19 localidades de la RBPC (S2006-LL2007).

7.2.3. Diversidad de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.

Índice de Diversidad de Shannon (H').

Para conocer el índice de Diversidad en la RBPC se obtuvo el índice de Diversidad de Shannon, a continuación se detalla su comportamiento.

La diversidad promedio por época vario de 1.52 en LL2007 a 2.10 en S2006, no se presentaron grandes variaciones en el comportamiento de la diversidad (Figura 17), por lo que no existieron diferencias significativas entre las temporadas ($P > 0.05$).

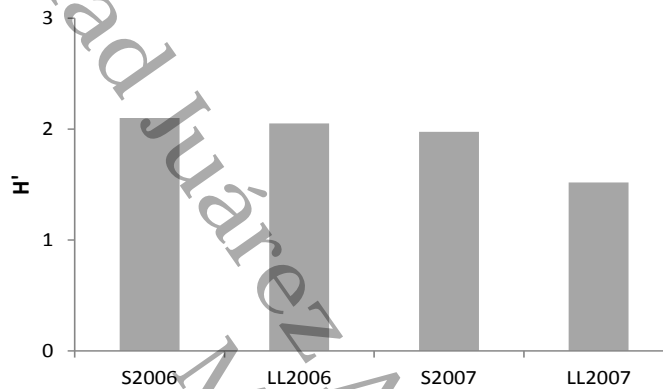


Figura 17. Diversidad de Shannon (H') promedio de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

El comportamiento cíclico y estacional, con valores mayores en la época de secas se registró en 6 de las 19 localidades Tintal, Dren Narvárez Norte, Ídolos, Concepción, San Isidro y Narvárez (Figura 18).

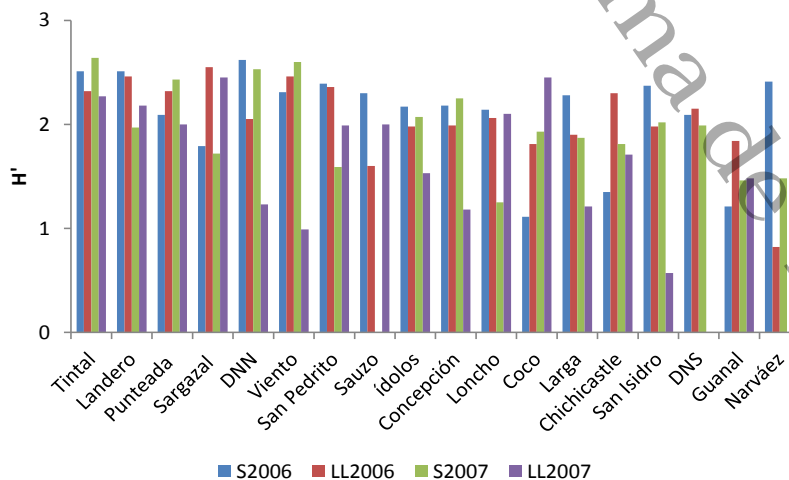


Figura 18. Índice de diversidad (H') por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).

La diversidad promedio por lagunas vario de 1.18 a 2.44, se observo una alta diversidad en la mayoría de las lagunas. Los máximos valores se presentaron en: Tintal (2.44), Landero (2.28), Punteada (2.21) y Sargasal (2.13); los valores minimos se registraron en Narváez (1.18), Guanal (1.50) y el Dren Narváez sur (1.56), por lo que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las temporadas (Figura 19).

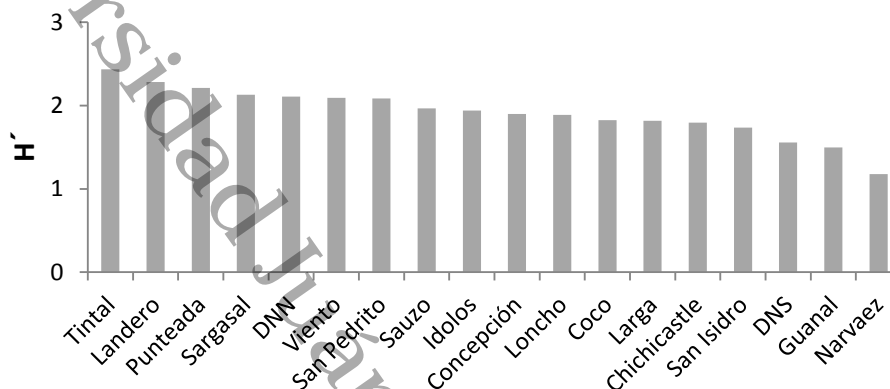


Figura 19. Diversidad promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

La RBPC está caracterizada por presentar valores de diversidad de media a alta abarcando las zonas núcleo y amortiguamiento, con excepción de las lagunas Guanal y Narvárez y el Dren Narvárez Sur que presentaron una diversidad media (Figura 20).

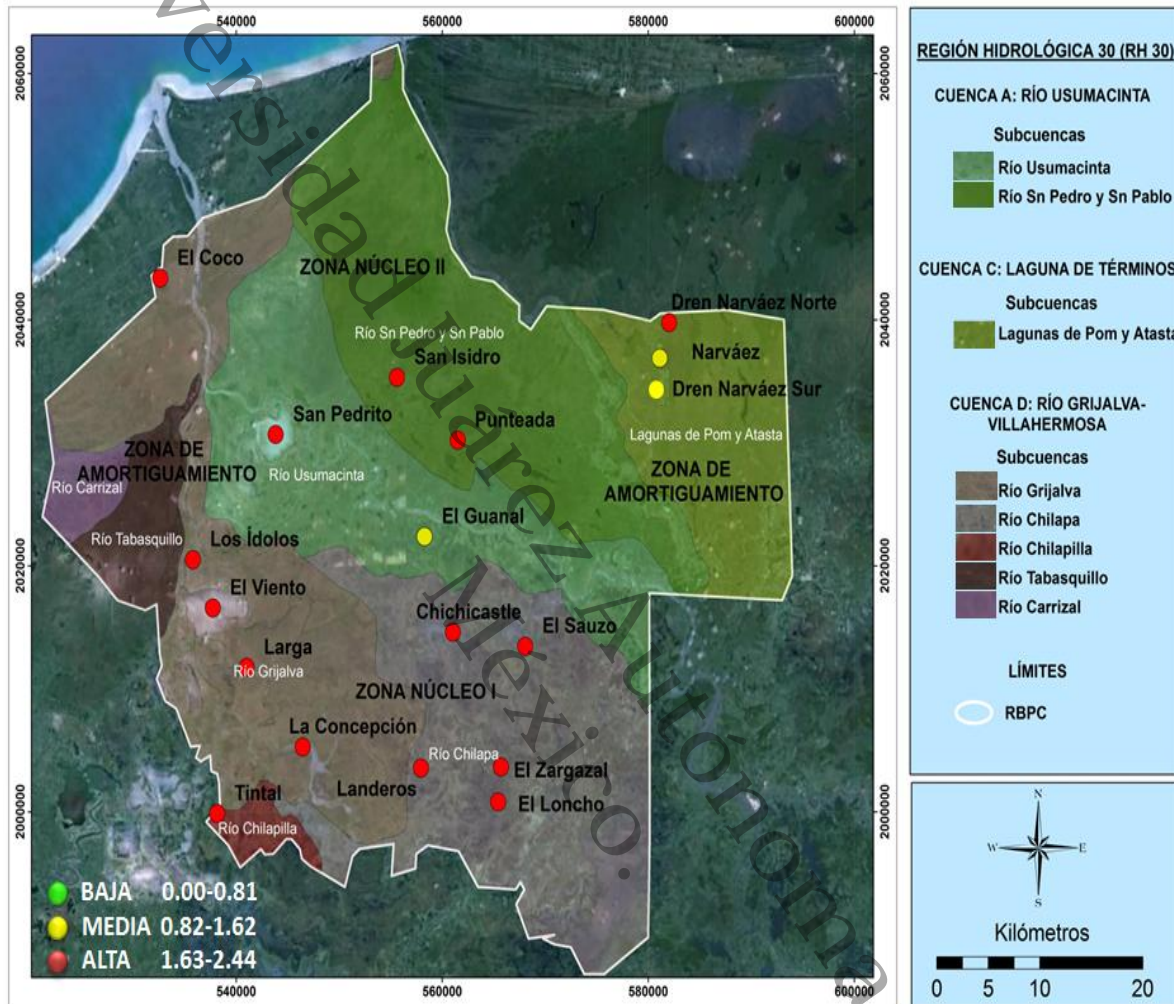


Figura 20. Mapa de diversidad (H') promedio en la RBPC (S2006-LL2007).

Índice de Equitatividad (E).

La equitatividad promedio por época vario de 0.5 en LL2007 a 0.6 en S2006, no se observó variaciones importantes, por lo que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las temporadas. (Figura 21).

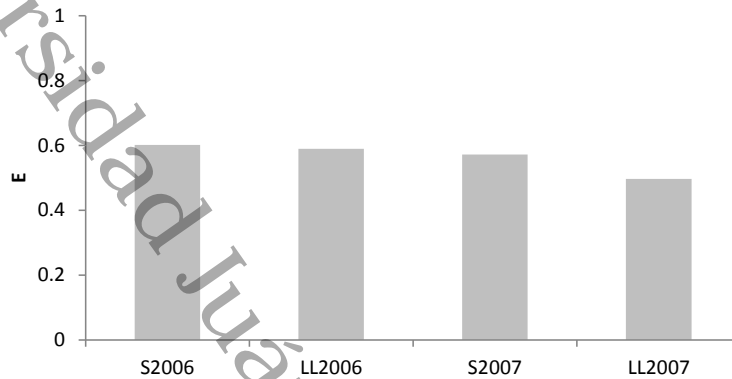


Figura 21. Equitatividad promedio por época de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

El comportamiento cíclico y estacional, con valores mayores en la época de secas se registraron en seis de las 19 localidades Tintal, Dren Narvárez Norte, Ídolos, Concepción, San Isidro y Narvárez (Figura 22).

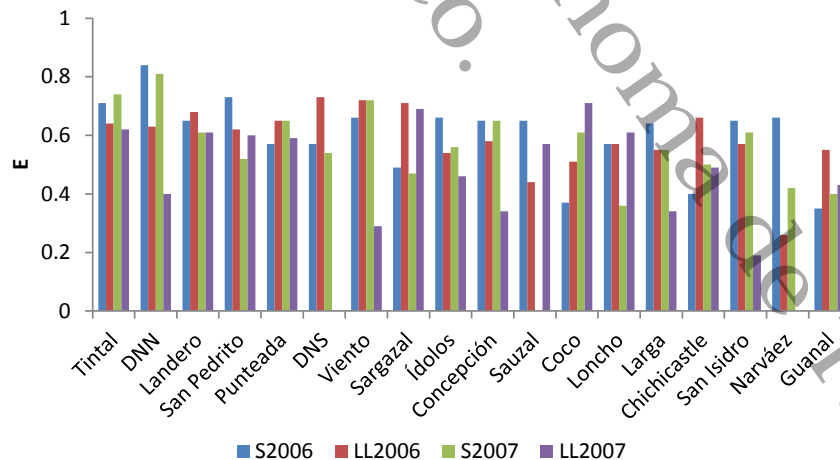


Figura 22. Equitatividad por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).

La equitatividad promedio por localidades vario de 0.43 a 0.68, se observo una equitatividad de media a alta. Los máximos valores se presentaron en Tintal (0.68), y Dren Narvéez Norte (0.67), los valores mínimos se registraron en Landero (0.64), Narvéez (0.45), Guanál (0.43), por lo que no existieron diferencias significativas entre las lagunas ($P > 0.05$). (Figura 23).

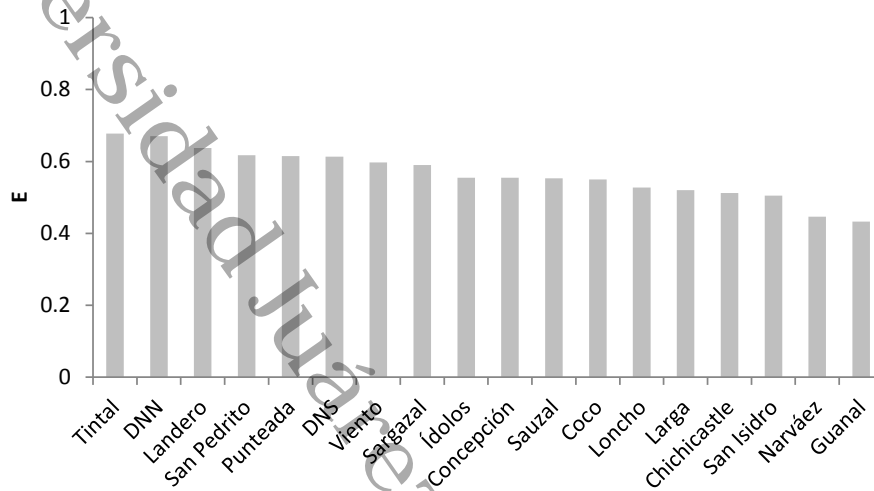


Figura 23. Equitatividad promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

La RBPC está caracterizada por presentar valores de equitatividad de media, con excepción de la laguna Tintal y el Dren Narváz Norte que presentaron una equitatividad alta (Figura 24).

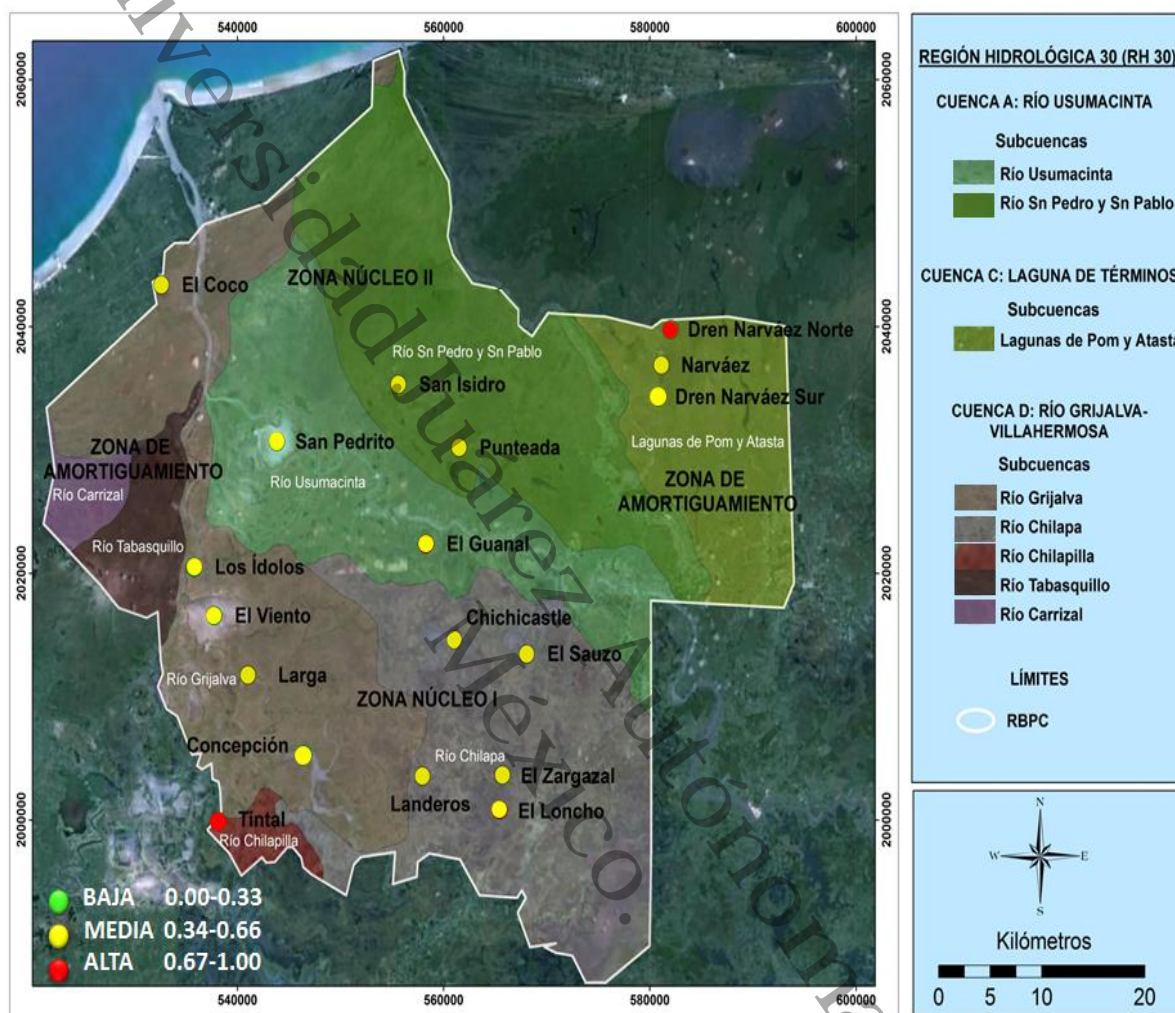


Figura 24. Mapa de Equitatividad promedio en la RBPC (S2006-LL2007).

7.2.4. Dominancia de las comunidades de macroinvertebrados en la RBPC.

Índice de Dominancia de Simpson (λ)

El índice de dominancia de Simpson se reporta en un rango que va de 0 a 1; es decir, cuando se presenta un valor de cero significa que no existen especies dominantes y, cuando los valores son de uno, la dominancia de algunas especies es máxima. Por lo tanto, las comunidades con buena diversidad de especies, presentarán valores bajos de dominancia.

La dominancia promedio por época presento un rango de variación muy bajo este vario de 0.22 en LL2006 a 0.29 en LL2007, no se presentó grandes variaciones en el comportamiento de la dominancia (Figura 25).

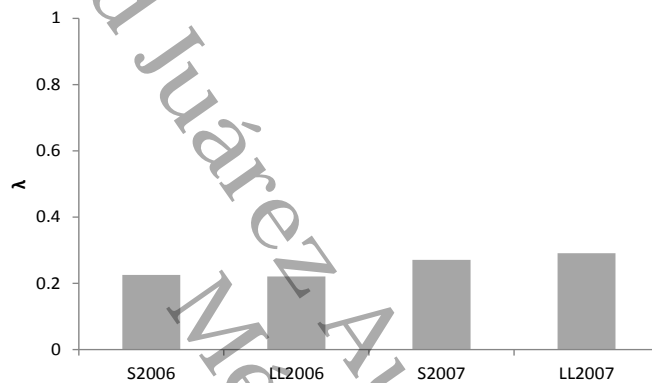


Figura 25. Dominancia de Simpson (λ) promedio por época de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

El comportamiento de la dominancia en cada laguna fue muy variable. En general podemos observar que los valores registrados para las 19 localidades presentan valores bajos con excepción de San Isidro con valores altos en LL2007 y Narváez en LL2006(Figura 26).

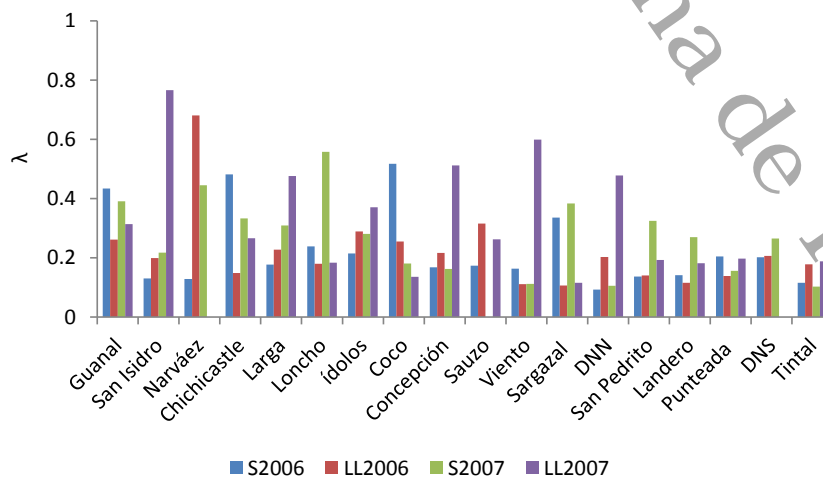


Figura 26. Índice de dominancia de Simpson (H') por localidad en la RBPC (S2006-LL2007).

La dominancia promedio vario de 0.15 a 0.35, las lagunas que presentaron los valores mas altos fueron Guanal (0.35) y San Isidro (0.33) y los mas bajos Landeros (0.18), Punteada (0.17), Dren Narvaéz Sur (0.17) y Tintal (0.15) (Figura 27).

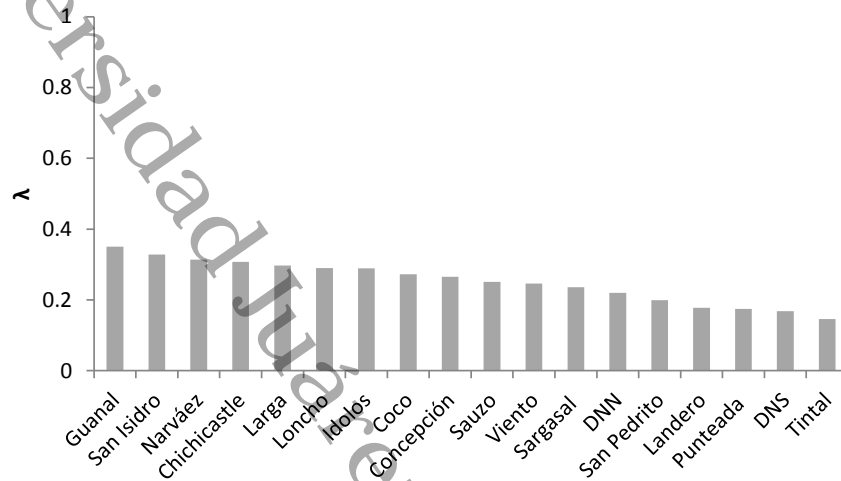


Figura 27. Dominancia de Simpson (λ) promedio por localidad de los macroinvertebrados acuáticos en la RBPC (S2006-LL2007).

7.3. Calidad del agua

A continuación se describen los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua evaluados en las 19 localidades de la RBPC durante las épocas de S2006, LL2006, S2007 y LL2007. Los resultados se resumen en la Tabla 7 que incluyen: rango mínimo-máximo, promedio y desviación estándar, lo que permite visualizar la variabilidad de los resultados.

7.3.1. Parámetros Fisicoquímicos

Tabla 7. Determinaciones fisicoquímicas de la calidad del agua en 19 lagunas de la RBPC en las épocas de (S2006, LL2006, S2007 y LL2007).

Parámetro	S2006		LL2006		S2007		LL2007	
	Rango	Promedio DE	Rango	Promedio DE	Rango	Promedio DE	Rango	Promedio DE
Temperatura del agua (°C)	25-27	26±0.6	26-29	27±1	26-30	28±0.8	24-44	29±4.6
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	258-13920	1438±3220	219-490	324±57	216-2590	550±612	253-1317	397±227
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4.38-7.78	6.3±0.94	1.17-6.61	2.96±1.71	1.36-7.10	5.44±1.32	0.39-6.22	3.3±1.62
Nitratos (mg/L)	0.000-0.117	0.032±0.04	0.000-0.481	0.034±0.109	0.000-0.013	0.011±0.02	0.000-0.013	0.002±0.004
Nitritos (mg/L)	0.013-0.058	0.032±0.013	0.002-0.056	0.019±0.015	0.009-0.135	0.049±0.03	0.000-0.09	0.002±0.002
Amonio (mg/L)	0.000-0.654	0.151±0.195	ND	ND	0.073-0.795	0.369±0.186	0.200-0.831	0.591±0.219
Fósforo Total (mg/L)	0.000-0.465	0.068±0.139	0.000-0.085	0.011±0.023	0.000-0.079	0.008±0.023	0.000-0.034	0.004±0.009
Alcalinidad Total (mg/L)	124-178	154±13.02	122-150	139±8.87	122-208	147±21.05	116-170	143±14.9
Dureza (mg/L)	188-1.460	357±287	152-246	191±26	130-570	268±100	140-272	193±31
SST (mg/L)	3-87	24±20	3-121	27±34	5-146	26±31	4-88	17±19
pH	7.7-8.2	8±0.10	7.0-7.7	7.3±0.2	7.3-8.7	8±0.4	6.2-7.8	7.2±0.5
DQO (mg O ₂ /L)	4.0-173.0	28.9±36.60	3.0-56.0	20.6±15	12.0-48.0	27.4±10	4.0-40.0	21.2±11
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	0.4-3.6	1.9±0.80	0.8-7.7	2.3±1.7	1.2-4.7	2.6±1.3	0.6-2.8	1.4±0.6
VDS (m)	0.2-1.4	0.7±0.30	0.2-3.0	1.21±0.7	0.1-0.9	0.5±0.2	0.3-3.1	0.9±0.7

La temperatura del agua durante la época de secas 2006-2007 fluctuó de 25°C a 30°C. En cuanto a la época de lluvias 2006-2007 la temperatura osciló entre 26°C a 44°C. La temperatura del agua permanece casi invariable sin embargo el valor más alto de temperatura se registró en la laguna San Isidro en LL2007. De acuerdo a este resultado se clasifican estas lagunas como ambientes tropicales (De la Lanza y Lozano 1999). (Tabla 7, Figura 28).

En la época de secas los valores del potencial de Hidrogeno (pH) fluctuaron de 7.3 a 8.2, y en la de lluvias de 6.2 a 7.7. Las aguas en ambas épocas se caracterizaron principalmente como ligeramente básicas, aunque en la época de lluvias se registraron en menor grado aguas ligeramente ácidas pH (5 a 7) en Guanal, Chichicaste y Sauzo y neutras (7.0) San Pedrito, Punteada y San Isidro. Se presentaron niveles dentro de los límites permisibles. La alcalinidad total, en la época de secas se presentó de 124 mg/L a 208 mg/L, en lluvias osciló 122 mg/L a 170 mg/L.

La transparencia del agua (VDS) durante la época de secas fluctuó desde 0.1 m a 1.4 m, y en la de lluvias de 0.2 a 3.1 m. En ambas épocas se caracterizaron como sistemas cercanos a ser productivos (Tabla 7, Figura 28).

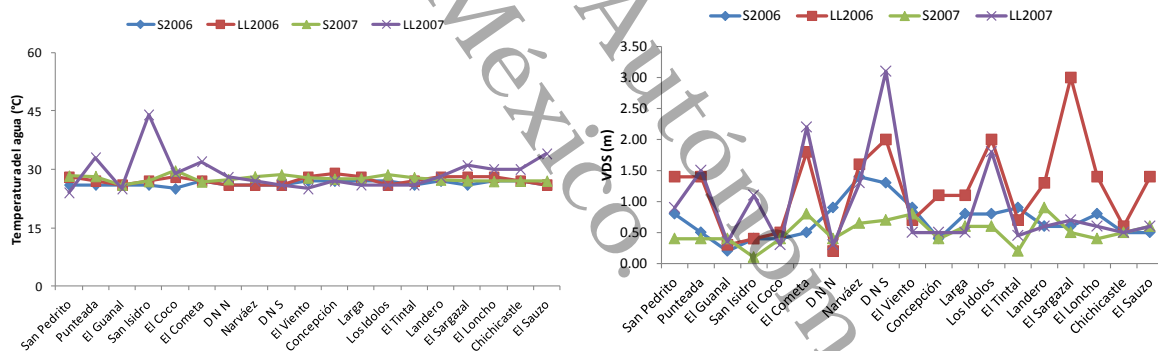


Figura 28. Comportamiento de la temperatura y visibilidad del disco de secchi durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.

El oxígeno disuelto (OD) durante la época de secas fluctuó de 1.36 a 7.78 mg/L, y para la época de lluvias de 0.39 a 6.61 mg/L (Tabla7, Figura 29). En la época de secas todas las localidades presentaron contenidos de oxígeno adecuados para la vida acuática, con excepción del Dren Narvárez Sur que presentó condiciones de escasa aireación. Sin embargo en la época de lluvias las lagunas con menor contenido de OD fueron Punteada, Cometa, Viento, Concepción, Ídolos, Landero y Sargazal.

La conductividad eléctrica (CE) durante la época de secas, osciló de 216 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 13920 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en lluvias de 219 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2590 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En ambas épocas las lagunas se caracterizaron como aguas limnéticas. En la época de secas las lagunas San Pedrito, Coco y Cometa, presentaron aguas oligohalinas, este comportamiento se debió a la concentración de sales por la entrada de agua marina durante la temporada de mínima inundación. Para la época de lluvias el Coco presentó agua oligohalina (Tabla7, Figura 29).

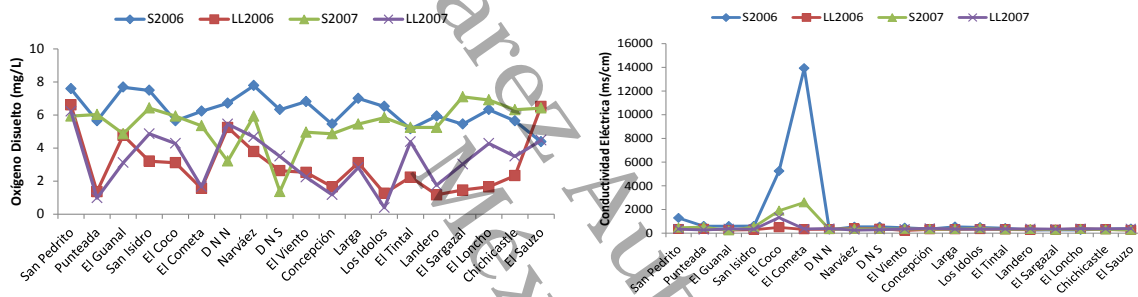


Figura 29. Comportamiento del oxígeno disuelto y conductividad eléctrica durante las épocas (S2006-LL2007) en la RBPC.

Los contenidos de sólidos suspendidos totales (SST) en la época de secas fluctuaron de 3 mg/L a 146 mg/L y en lluvias fue de 4mg/L a 121 mg/L. Las localidades con elevados contenidos de (SST) en la época de secas superando el lineamiento para la protección vida acuática (30 mg/L) fueron: Punteada, Guanajal, San Isidro, Coco, Narvárez, Tintal y Dren Narvárez Norte y en lluvias la laguna Concepción y el Dren Narvárez Norte (Tabla7, Figura 30).

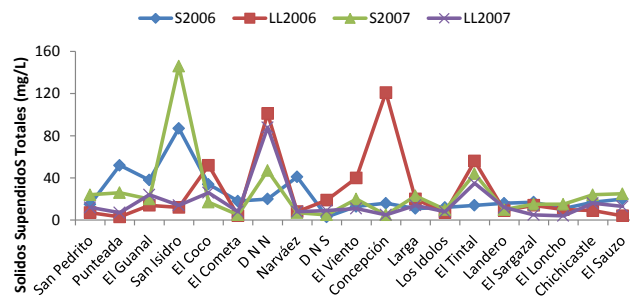


Figura 30. Comportamiento de los SST durante las épocas(S2006-LL2007) en la RBPC

La dureza del agua en la época de secas oscilo de 130 mg/L a 1,460 mg/L y en la de lluvias de 140 mg/L a 246 mg/L. En secas la mayoría de las lagunas se caracterizaron por presentar aguas duras y un menor número de localidades presentaron aguas muy duras (>300 mg/L) presentándose en San Pedrito, Punteada, el Guanajal, San Isidro, Coco, Cometa, Larga, Loncho y el Dren Narvárez Norte (Tabla7, Figura 31). En la época de lluvias, también se caracterizaron por presentar aguas duras (<300 mg/L). Sin embargo se registraron aguas moderadamente duras(>150mg/L) en Punteada y el Dren Narvárez Sur.

La demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅) en la época de secas el valor de la DBO₅ vario de 0.4 mg/L a 4.7mg/L, y en lluvias de 0.6 mg/L a 7.7 mg/L. En ambas épocas, los contenidos no superan el lineamiento establecido para la protección vida acuática, ya que sus valores indicaron aguas de buena a excelente calidad (Tabla7, Figura 31).

Por otra parte las concentraciones de la demanda química del oxígeno (DQO) en la época de secas vario de 4.0 mg/L a 48.0 mg/L y en lluvias de 3.0 a 40.0 mg/L. En ambas épocas, la mayoría de las localidades los contenidos no superan el lineamiento para la protección de la vida acuática, ya que sus valores indicaron aguas de buena a excelente calidad. Con excepción de las lagunas San Pedrito, Punteada, San Isidro, Cometa, Landero y Dren Narvárez Surque presentaron altos valores.

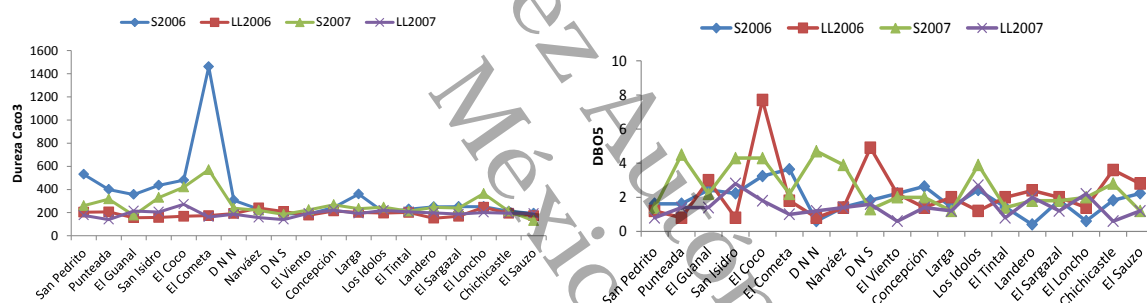


Figura 31. Comportamiento de la Dureza y DBO₅ durante las épocas(S2006-LL2007) en la RBPC.

Los nitratos (NO₃) comúnmente no se detectaron, en la época de secas fluctuó de 0.000 a 0.117 mg/L y en lluvias de 0.000 a 0.481 mg/L. El mayor nivel de NO₃ se registro en la Laguna el Cometa. En ambas épocas los niveles de los NO₃ permanecieron por debajo del nivel frecuente de las aguas superficiales (<1.0 mg/L) de acuerdo con De la Lanza, (1990).

El amonio fluctuó desde 0.000 mg/L a 0.795 mg/L durante la época de secas, los niveles del amonio fueron menores al nivel frecuente (< 0.5) con excepción de Concepción, Larga, Landero, Chichicastle y el Dren Narvárez Surque presentaron altas concentraciones. En la época de lluvia 2007 el amonio fluctuó desde 0.200 mg/L hasta 0.831 mg/L, los niveles fueron mayores al nivel frecuente de 0.5 mg/L.

Los contenidos del fósforo total (PT) frecuentemente no se detectaron, sin embargo el nivel máximo fue de 0.465 mg/L en secas de 2006, que caracteriza el estado hipertrófico (>0.1 mg/L). Las localidades hipertróficas fueron: San Isidro, Viento y Concepción. Los niveles de fósforo total caracterizaron principalmente aguas ultraoligotróficas.

7.3.2. Correlación entre los parámetros fisicoquímicos del agua, con la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Con el objeto de determinar el o los parámetros fisicoquímicos limitantes de la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en los diferentes cuerpos de agua de la RBPC, se desarrolló el análisis de Correlación Canónica (CCA), empleando los parámetros fisicoquímicos y la abundancia de las especies de macroinvertebrados registradas en las cuatro temporadas de muestreo.

Con un análisis de Monte Carlos con 5000 permutaciones (interacciones), se determinó la participación de las diferentes variables ambientales, se eliminaron los factores ambientales que no demostraron una alta correlación con los ejes principales, quedando los factores: Conductividad eléctrica (CE), Visibilidad del Disco de Secchi (VDS), Oxígeno Disuelto (OD), Nitratos (NA), Fosforo Total (FT), Alcalinidad Total (AT), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Amonio (A) y pH, (Tabla 9).

Por medio de la función de restricciones en el programa CANODRAW se suprimieron todas las especies con un peso <4, que es la suma de las abundancias en las 19 lagunas.

Tabla 8. Valores de las variables ambientales con la abundancia de macroinvertebrados en la época de lluvia y estiaje en la RBPC mediante el ACC.

		Efectos condicionales			
	Variables	Var.N	LambdaA (λ)	P	F
S2006	CE	5	0.770	0.003	8.20
	VDS	3	0.440	0.000	5.87
	OD	4	0.220	0.002	3.45
LL2006	NA	12	0.930	0.011	15.31
	FT	15	0.130	0.064	2.16
S2007	CE	5	0.140	0.008	2.73
	CE	5	0.650	0.000	4.39
	FT	15	0.400	0.007	3.03
	DQO	11	0.270	0.013	2.72
	AT	8	0.200	0.044	2.34
LL2007	DBO ₅	10	0.170	0.048	2.30
	VDS	3	0.290	0.077	2.53
	A	14	0.360	0.024	3.68
	pH	2	0.250	0.018	2.95
	OD	4	0.210	0.027	2.81

λ Grado de asociación de la relación entre las especies y las variables ambientales, **P** valor de significancia (≤ 0.05) y **F** Estadístico de Fisher.

Para S2006 se observó una fuerte correlación y significativa entre la Conductividad eléctrica con *N. reclinata* (>0.8), una baja correlación no significativa entre la Visibilidad del Disco de Secchi con *H. azteca*, *Ostracoda sp1*, *Ostracoda sp2*, *Caecidotea*, *Ceratopogonidae*, *Chironomus*, *Koenikea*, *Argia*, *H. stagnalis*, *Hydraena*, *Enochrus*, *Libellula*, *H. triserialis*, *E. triannulata*, *C. hislopii*, *Drepanotrema sp*, *Biomphalaria sp*, *P. flagellata*, *M. impluviata*, *H. excentricus*, *Ablabesmyia*, *M. polita*, *A. theiocenethus* (<0.2) y una correlación media negativa entre el Oxígeno Disuelto con *M. tuberculata* (<0.5) y baja no significativa con *P. coronatus* y *A. clenchi* (<0.2) (Figura 32).

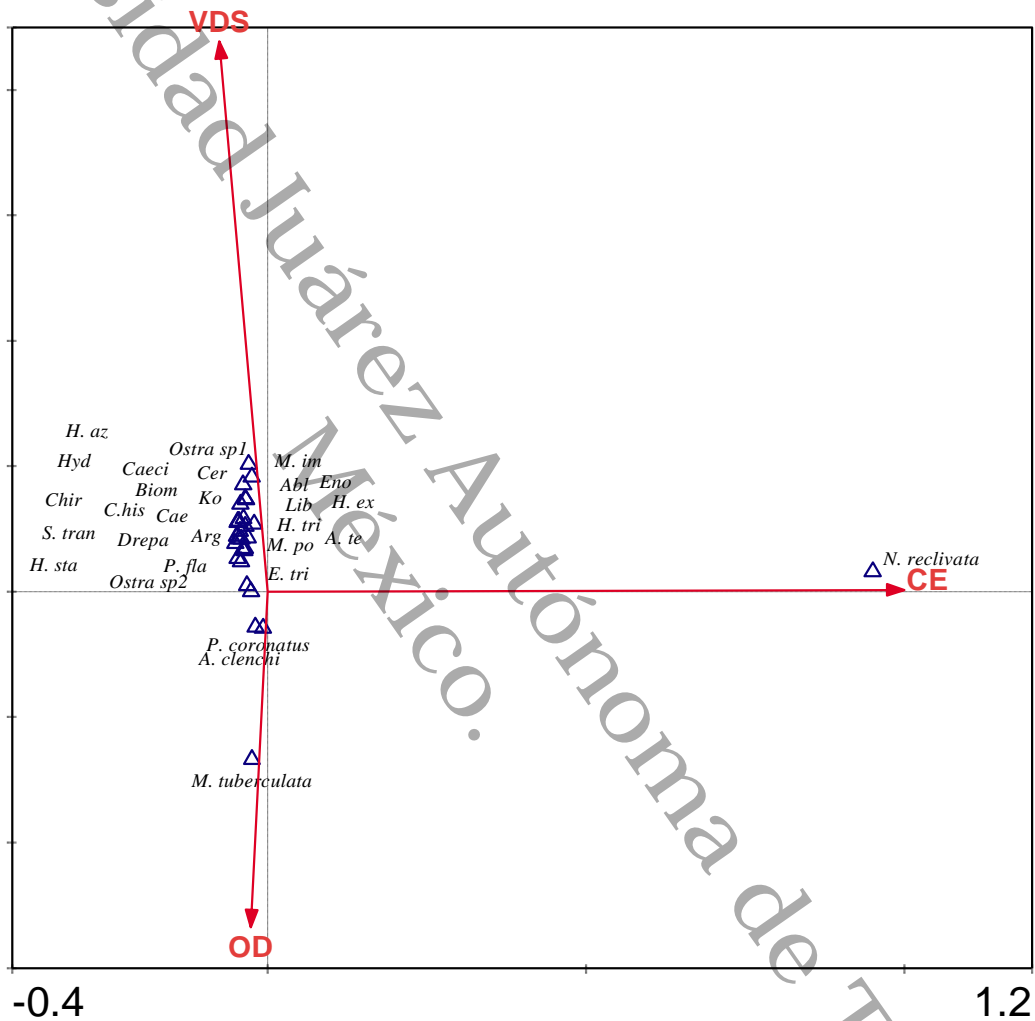


Figura 32. Diagrama de ordenamiento del ACC en la época de S2006 en la RBPC.

Para LL2006 se observa una correlación alta y significativa entre los Nitratos para *N. reclinata* (>0.8), una correlación no significativa entre el Fosforo Total con *Desmopachria*, *Argia* y *H. stagnalis* (<0.2) y una correlación negativa no significativa entre la Conductividad Eléctrica con *H. azteca* y *Koenikea* (<0.2) (Figura 33).

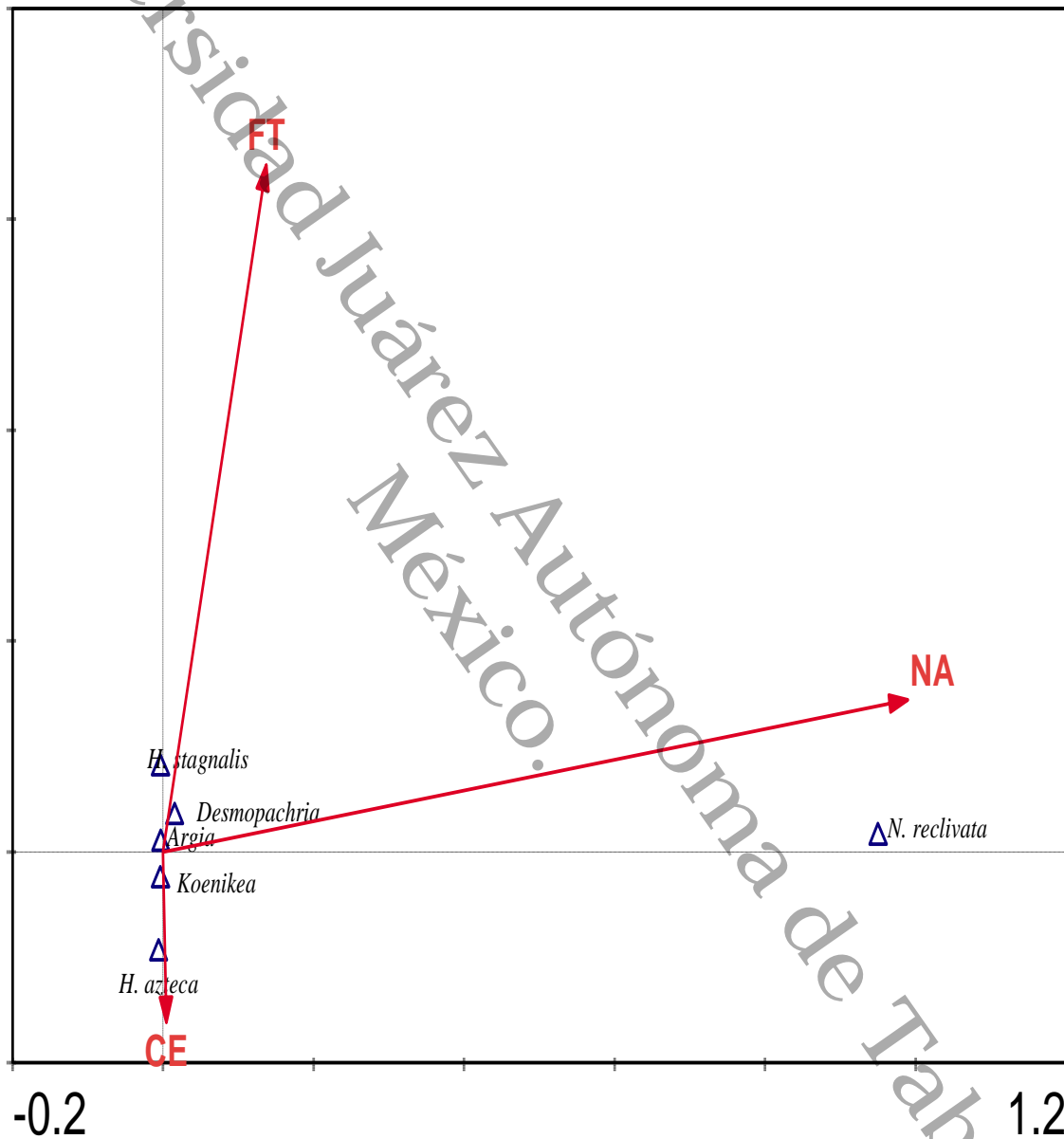


Figura 33. Diagrama de ordenamiento del CCA en la época de LL2006.

Para S2007 se vuelve a observar una fuerte correlación y significativa entre la Conductividad Eléctrica con *N. reclinata* (>0.9) y media con *R. harrisi*, *Caecidotea* y *M. leucophaeta* (< 0.6) le sigue la Alcalinidad Total con una correlación baja no significativa entre *C. hislopilii*, *B. flumineum*, *Hydraena*, *Drepanotrema sp*, *M. impluviata*, *H. stagnalis*, *Caenis*, *Enochrus*, *H. azteca*, *Chironomus*, *Ostracoda sp1*, *B. obstructa*, *Koenikea*, *Hydrachna*, *Argia*, *Libellula*, *H. excentricus* y *M. polita* (< 0.3), así como, una correlación media negativa entre el Fosforo Total para *M. tuberculata* y baja no significativa con *Ostracoda sp2*, *A. clenchi*, *A. theiocrenetus*, *P. flagellata* y (<0.3), y por último una correlación baja entre la DBO₅ con *P. coronatus*, *Celina*, *M. acanthurus*, *S. transversum* y *H. duryi* (< 0.3) (Figura 34).

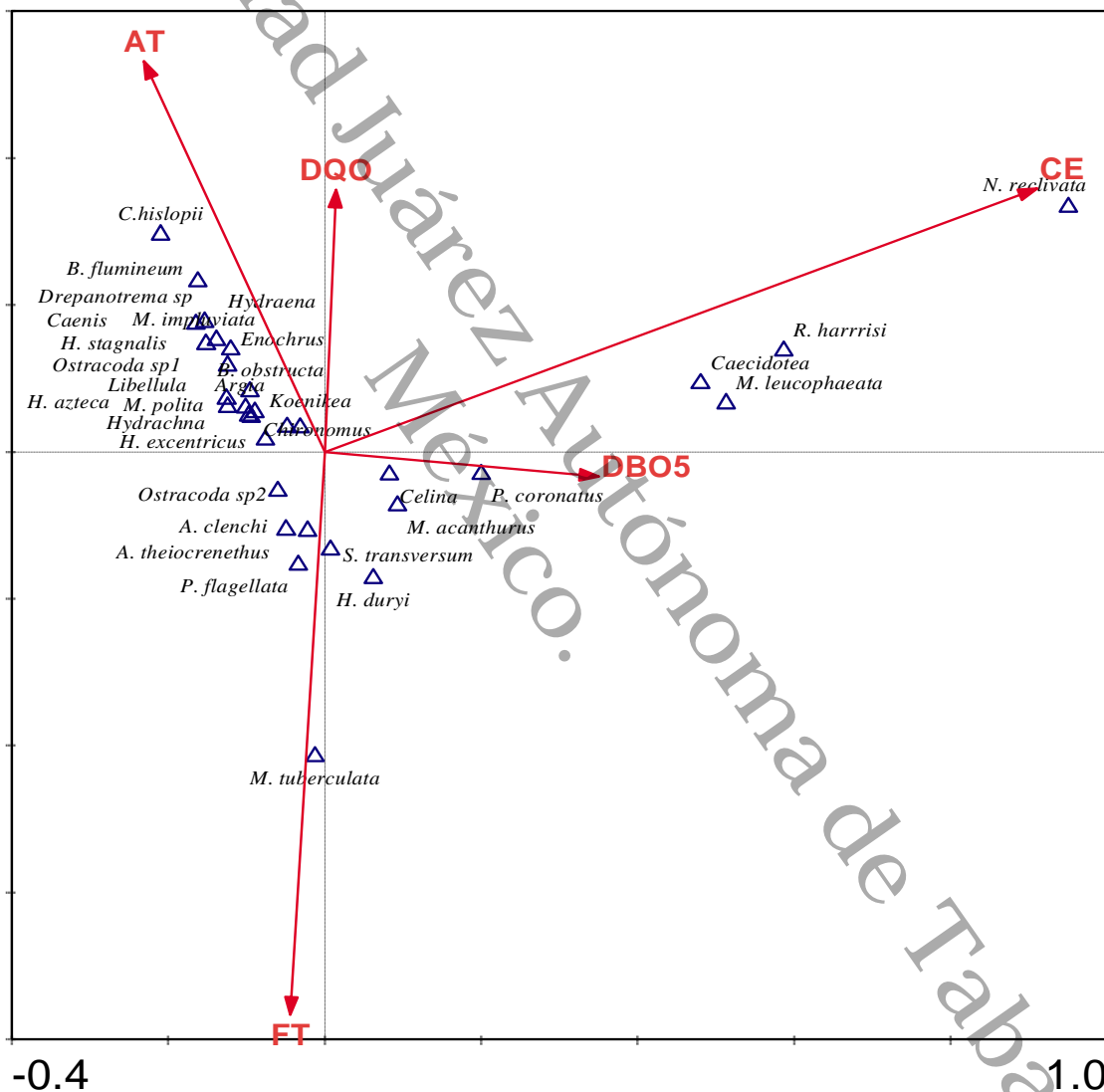


Figura 34. Diagrama de ordenamiento del ACC en la época de S2007.

Para LL2007 se observa una fuerte correlación entre la Visibilidad del Disco de Sechi con *N. reclivata* (1.0), y una correlación baja no significativa con *Hydraena* (< 0.2), así mismo, se observó una correlación baja no significativa entre el pH, Amonio y Oxígeno Disuelto con *C. hislopii*, *Biomphalaria* sp, *M. impluviata*, *Drepanotrema* sp, *Caecidotea*, Ostracoda sp1, *Libellula*, *Chironomus*, *H. excentricus*, *A. theiocrenetus*, *H. azteca* y *P. flagellata* (< 0.3) (Figura 35).

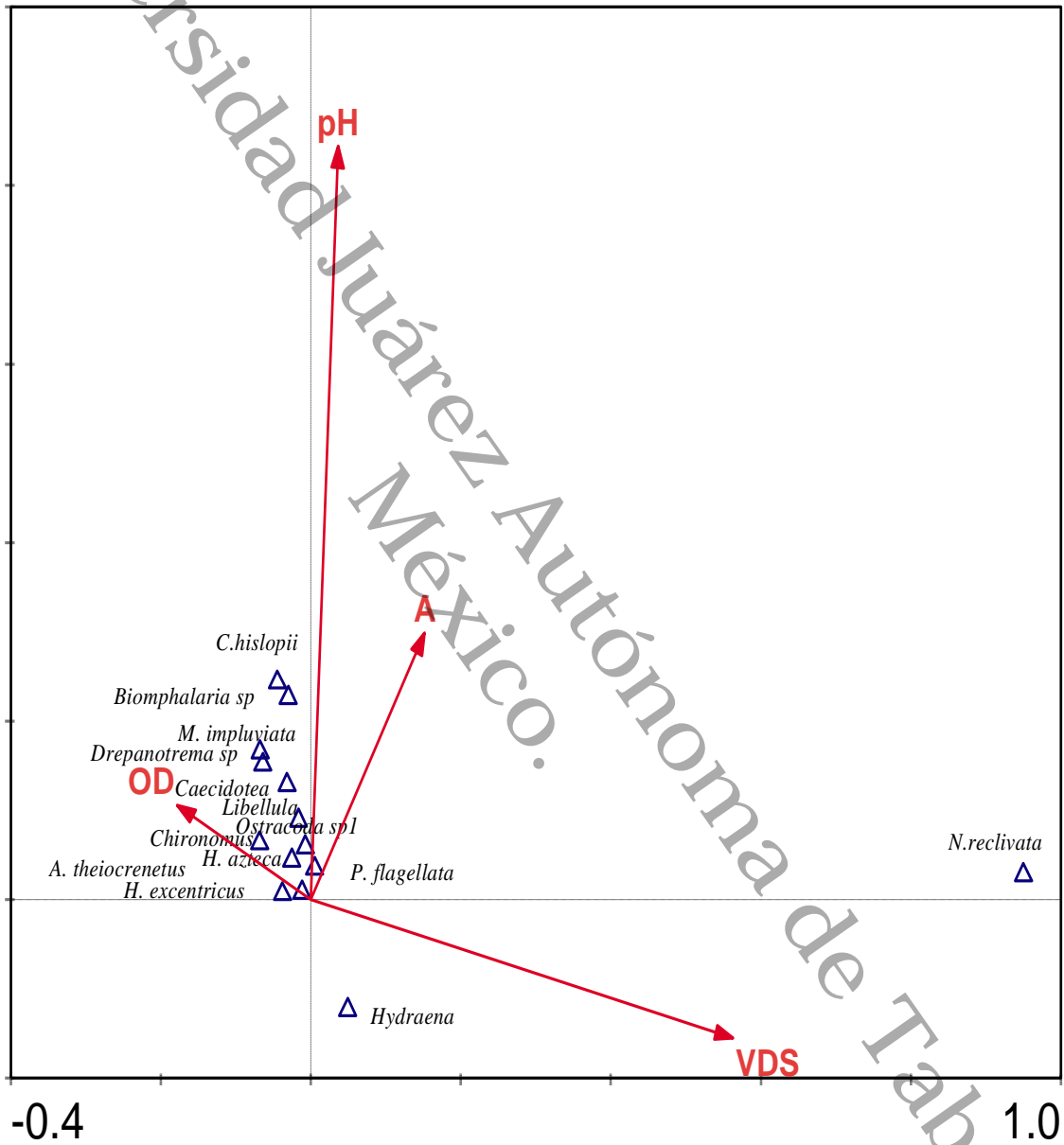


Figura 35. Diagrama de ordenamiento del ACC de los en la época de LL2007

7.3.3. Evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC).

El análisis de la calidad del agua de los sitios evaluados, se determinó mediante, el Índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC). De las 19 localidades muestreadas solo se seleccionaron 16 lagunas y dos drenes, dejando fuera del análisis a la laguna el Cometa debido a que se registró una especie (*N. reclinata*), ya que presenta condiciones de salinidad lo que impide la colonización de especies que no están adaptadas a este ambiente.

La selección del índice biótico se llevó a cabo tomando en cuenta los siguientes criterios: es una herramienta fácil, relevante y simple de entender, ofrece resultados rápidos científicamente justificable y sobre todo rentable. Los resultados obtenidos del índice de integridad biótica para las lagunas en la RBPC se presentan en la Tabla 8 y Figura 36.

Con base en los resultados obtenidos por el IIBPC se observó que nueve de las 18 localidades presentaron variación estacional (Loncho, Punteada, Chichicastle, Viento, Ídolos, Concepción, Narvárez, Dren Narvárez Norte y Dren Narvárez Sur).

Para la laguna el Loncho su integridad biótica vario de buena a excelente con un promedio de (excelente). Sargazal, Landeros, y Chichicastle su integridad fue de regular a excelente (buena). Tintal va de regular a buena (buena), para Punteada se observa una integridad de regular a excelente (buena). El Guanaj, Viento y los Ídolos su integridad fue de pobre a buena (buena).

En cuanto a la laguna Larga su integridad fue de pobre a buena (regular), San Isidro de regular a buena (regular), Sauzo de pobre a buena (regular). Para la laguna Narvárez su integridad vario de pobre a buena (regular), Dren Narvárez Sur su integridad vario de pobre a excelente (regular), el Dren Narvárez Norte de pobre a buena (regular), San Pedrito de pobre a buena (regular) y el Coco de pobre a regular (pobre).

Tabla 9. Índice de Integridad Biótica en las lagunas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en cuatro épocas (S2006, LL2006, S2007 y LL2007).

Lagunas	IIBPC S2006	Categoría	IIBPC LL2006	Categoría	IIBPC S2007	Categoría	IIBPC LL2007	Categoría	IIBPC Promedio	Categoría
Loncho	16	Excelente	13	Buena	18	Excelente	15	Buena	16	Excelente
Sargazal	16	Excelente	12	Regular	14	Buena	16	Excelente	15	Buena
Landeros	16	Excelente	12	Regular	14	Buena	15	Buena	14	Buena
Punteada	15	Buena	13	Buena	17	Excelente	11	Regular	14	Buena
Chichicastle	16	Excelente	8	Pobre	16	Excelente	15	Buena	14	Buena
Tintal	15	Buena	11	Regular	14	Buena	15	Buena	14	Buena
Guanal	11	Regular	10	Pobre	15	Buena	15	Buena	13	Buena
Viento	15	Buena	8	Pobre	16	Excelente	11	Regular	13	Buena
Ídolos	13	Buena	9	Pobre	17	Excelente	11	Regular	13	Buena
Concepción	11	Regular	9	Pobre	17	Excelente	12	Regular	12	Regular
Larga	15	Buena	10	Pobre	10	Pobre	13	Buena	12	Regular
San Isidro	15	Buena	11	Regular	11	Regular	11	Regular	12	Regular
Sauzo	15	Buena	11	Regular	ND	ND	9	Pobre	12	Regular
Narváz	15	Buena	10	Pobre	13	Buena	8	Pobre	12	Regular
DNS	15	Buena	7	Pobre	16	Excelente	8	Pobre	12	Regular
DNN	11	Regular	9	Pobre	14	Buena	11	Regular	11	Regular
San Pedrito	13	Buena	13	Buena	9	Pobre	12	Regular	12	Regular
Coco	8	Pobre	11	Regular	10	Pobre	10	Pobre	10	Pobre

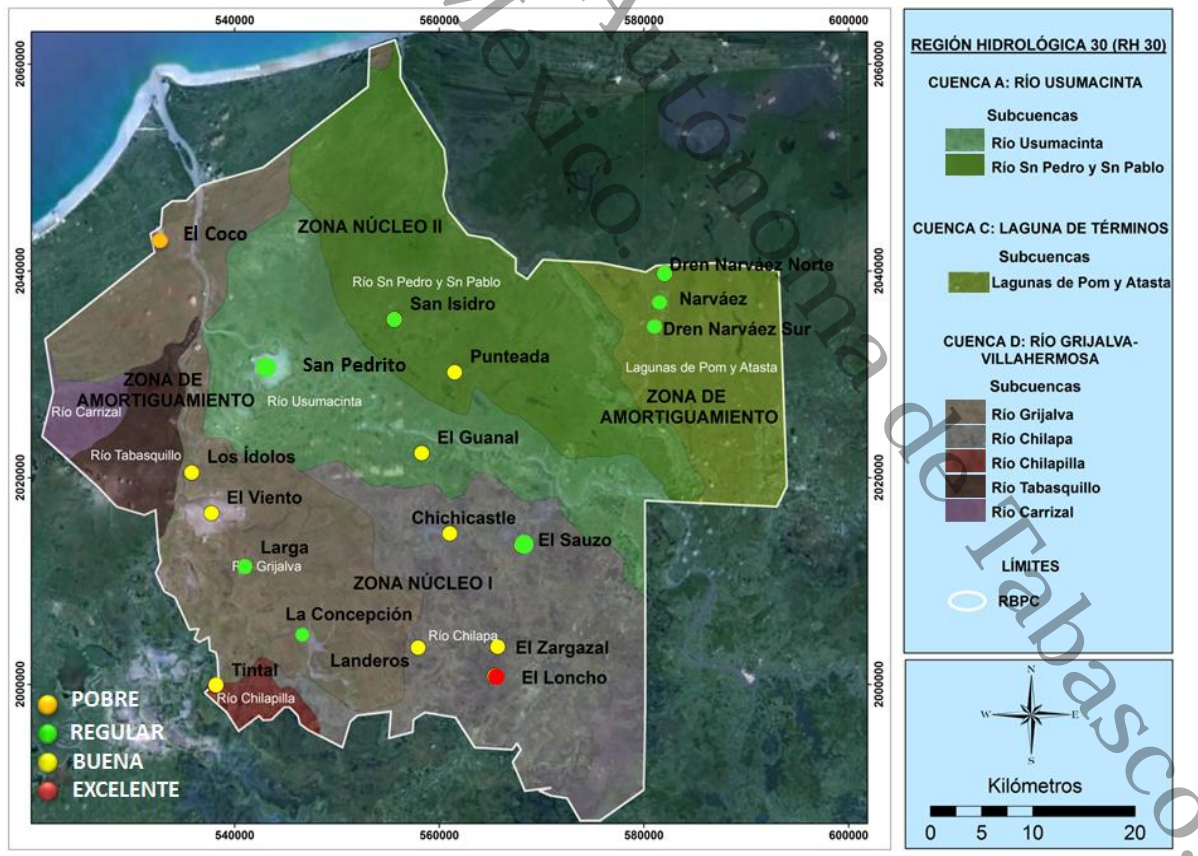


Figura 36. Mapa de integridad Biótica de Pantanos de Centla (S2006-LL2007)

7.4. Caracterización de las lagunas de muestreo.

En este apartado se caracterizó cada una de las estaciones, incluyendo breves descripciones de la estructura de la comunidad como: abundancia, se resume en que época se presentaron las 10 especies más abundantes. En el grafico que hace referencia a los índices ecológicos a la izquierda corresponde a la riqueza específica, diversidad, equitatividad y dominancia, a la derecha el índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC).

La composición de la fauna de macroinvertebrados fue típica de ambientes dulceacuícolas en la mayoría de las lagunas con excepción del Coco, San Pedrito y el Cometa, lagunas costeras con influencia temporal de las corrientes de marea donde la salinidad alcanza su máximo en la temporada de mínima inundación, afectando de esta manera a los organismos dulceacuícolas como (insectos y algunas especies de anélidos).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Laguna el Loncho

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presenta en las épocas de lluvias LL2006 (6,696), LL2007 (4,000). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *C. hislopilii* (1554.75), *A. clenchi* (744.25), *A. theiocrenethus* (635.75), *H. azteca* (389.25), *P. coronatus* (189.00), *M. impluviata* (179.25), *D. lucidum* (142.00), Ostracoda sp1 (128.25), *M. polita* (91.25), y *Drepanotrema* sp (65) (Figura 37).

La riqueza específica varió de 32 a 42 especies, la mayor riqueza se observó en S2006. La diversidad varió de 1.25 a 2.14, la equitatividad de 0.36 a 0.61 observándose una mayor diversidad en S2006 y equitatividad en LL2007. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.18 a 0.56 su comportamiento fue similar a la diversidad. Su integridad biótica varió de buena a excelente (Figura 37).

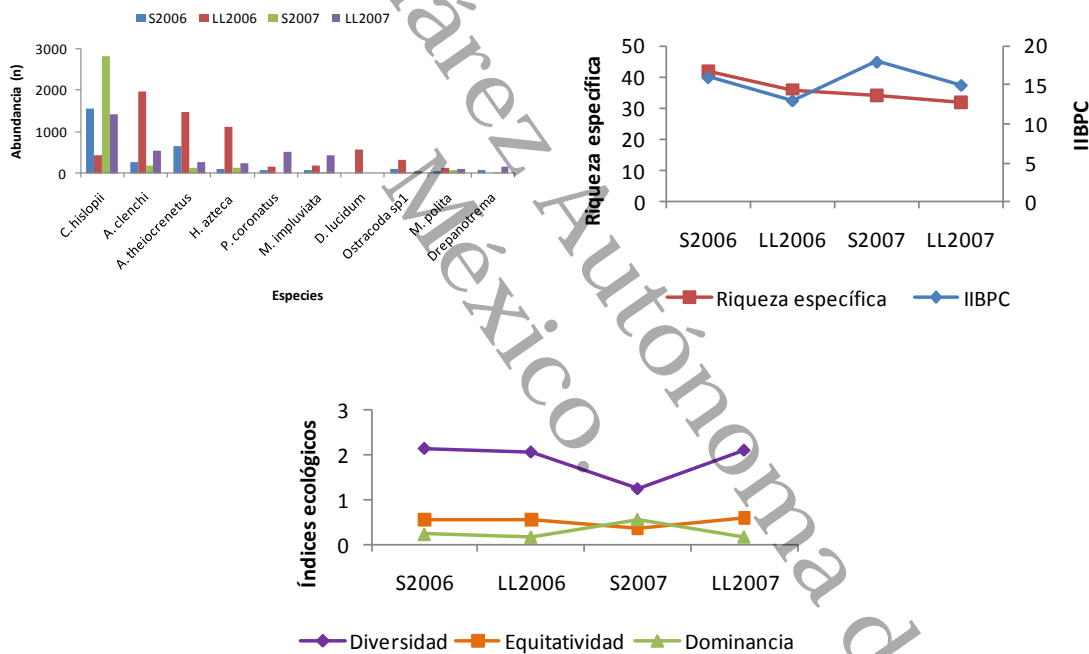


Figura 37. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Loncho (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBP con una integridad biótica promedio de excelente.

Laguna Sargazal

Se localiza en la zona núcleo I y se ubica en la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de secas S2006 (3,084), lluvias LL2007 (2,389). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *C. hislopii* (880.00) *A. clenchi* (204.75), *A. theiocrenethus* (187.00), *M. impluviata* (133.00), *Caenis* (130.50), *P. coronatus* (130.00), *H. azteca* (116.50), *Libellula* (77.50), Ostracoda sp1 (65.50) y *Drepanotrema* sp (60.00) (Figura 38).

La riqueza específica varió de 34 a 38 especies observándose una estabilidad de la riqueza a lo largo de los cuatros muestreos. La diversidad varió de 1.72 a 2.55, la equitatividad de 0.50 a 0.71 observándose una mayor diversidad y equitatividad en LL2006 ambos presentan el mismo comportamiento y la dominancia tuvo un rango de variación de 0.11 a 0.38 su comportamiento es inverso a los índices anteriores. La integridad biótica fue de regular a excelente (Figura 38).

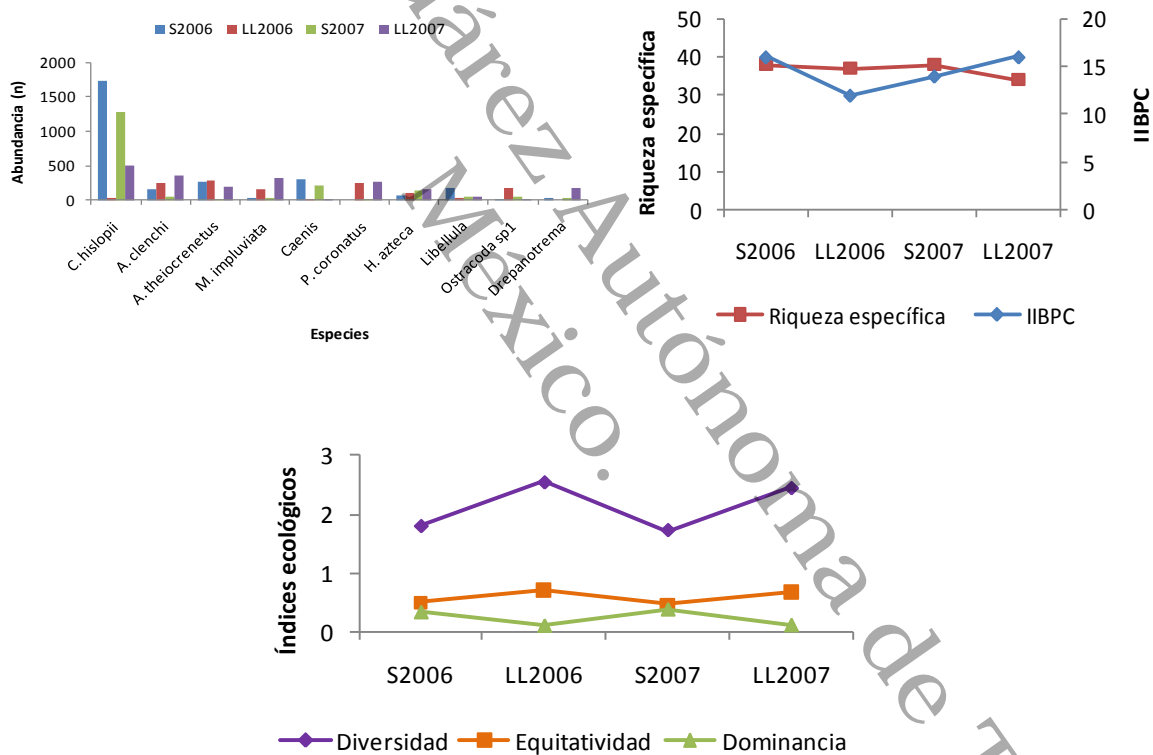


Figura 38. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna sargazal (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC de buena.

Laguna Landero

Se localiza en la zona núcleo I y se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de LL2007 (2,958), S2006 (2,467). Las especies con mayor abundancia promedio fueron, *C. hislopai* (648.25), *A. clenchi* (349.50), *A. theiocrenethus* (176.00), *H. azteca* (170.25), *M. impluviata* (101.75), Ostracoda sp1 (98.50), *M. polita* (88.50), *Caenis* (84.25), *P. coronatus* (79.25) y *Drepanotrema* sp (73.00) (Figura 39).

La riqueza específica varió de 26 a 49 especies, la mayor riqueza se observó en S2006. La diversidad varió de 1.97 a 2.51, la equitatividad de 0.61 a 0.68 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.12 a 0.27. La integridad biótica fue de regular a excelente observándose una disminución muy importante en la época de LL2006 (Figura 39).

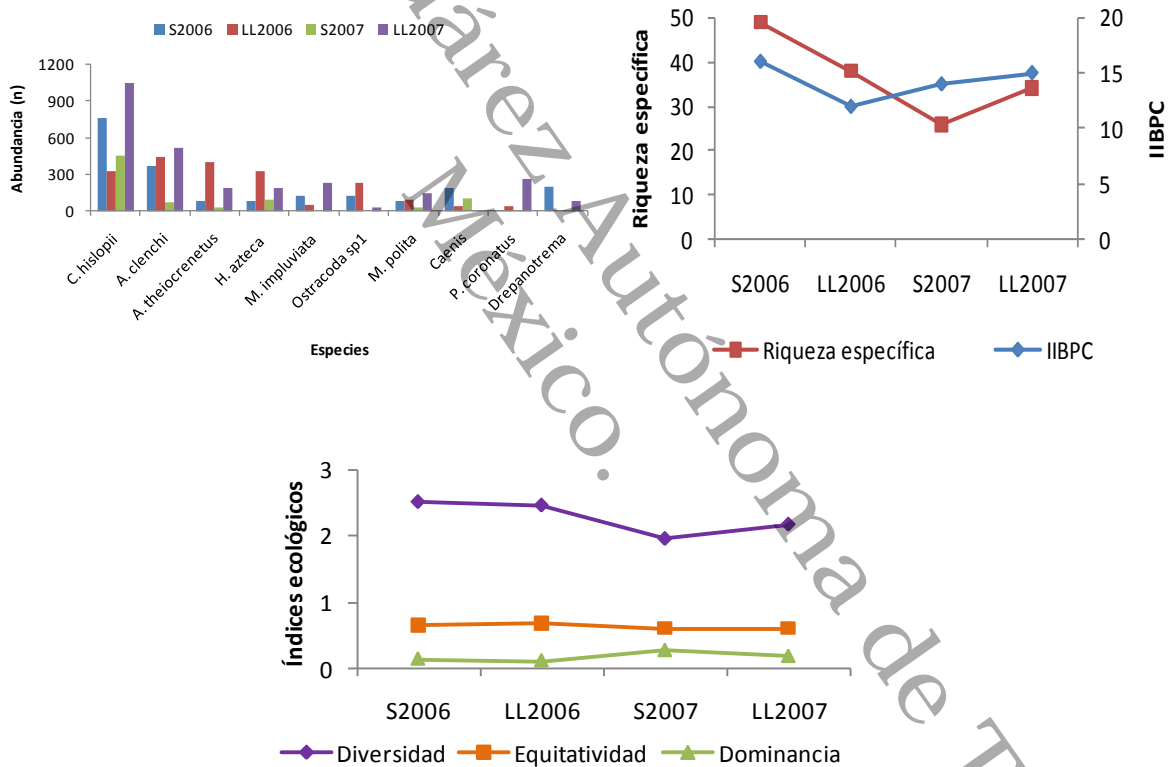


Figura 39. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Landero (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC de buena.

Laguna Punteada

Se localiza en la zona núcleo II y está ubicada en la Cuenca del Río Usumacinta. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2007 (3,617), LL2006 (2,733). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *A. clenchi* (556.25), *P. coronatus* (527.50), *H. azteca* (292.25), *M. polita* (220.50), *A. theiocrenethus* (204.00), *Caenis* (83.50), Ostracoda sp2 (67.25), *Hydrocanthus* sp2 (64.00), Ostracoda sp1 (61.00) y *M. impluviata* (59.25) (Figura 40).

La riqueza específica varió de 36 a 46 especies la mayor riqueza se observó en S2007. La diversidad varió de 2.00 a 2.43, la equitatividad de 0.57 a 0.65 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2007 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.14 a 0.21. Su integridad varió de regular a excelente observándose una disminución en LL2007 (Figura 40).

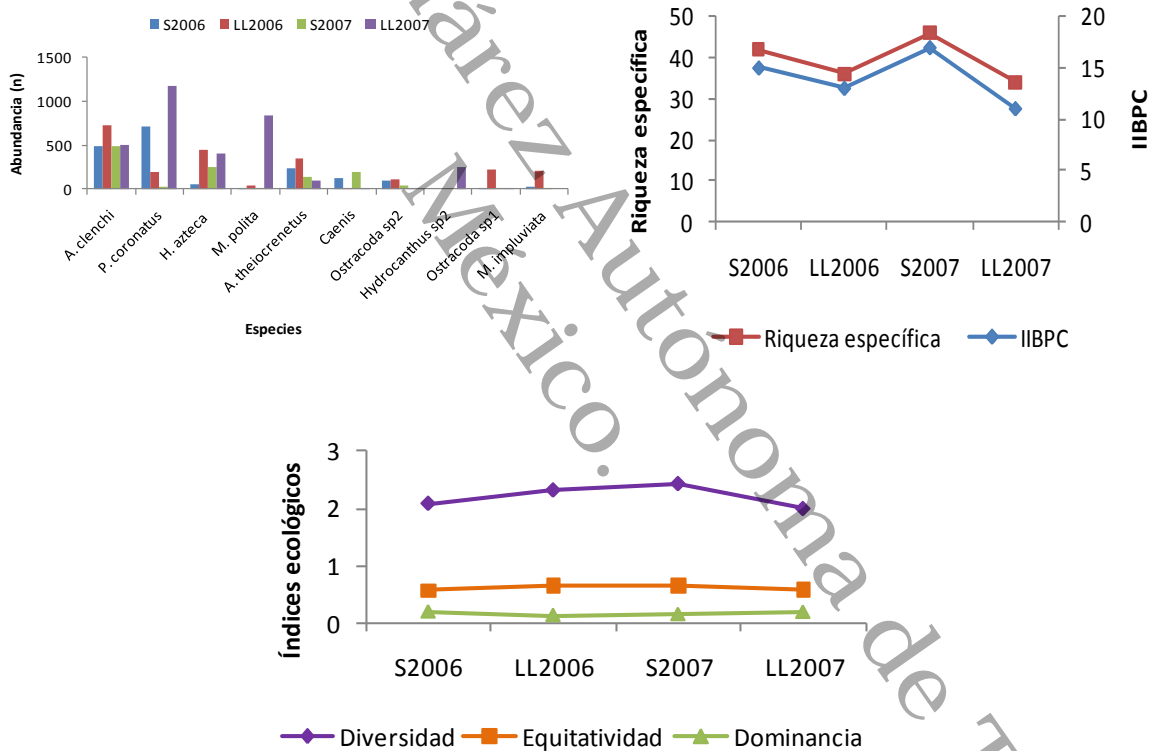


Figura 40. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna Punteada (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC de buena.

Laguna Chichicastle

Se localiza en la zona núcleo I y se ubica en la Cuenca del Río Usumacinta. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de secas S2007 (2,829), S2006 (2,809). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *A. clenchi* (1178.25), *P. coronatus* (360.25), *A. theiocrenethus* (299.75) *M. polita* (134), *H. azteca* (84.75), *C. hislopilii* (95), *Caenis* (53.75), *S. transversum* (39.75), *M. tuberculata* (30) y *Libellula* (28.00) (Figura 41).

La riqueza específica varió de 31 a 39 especies, la mayor riqueza se presentó en S2007. La diversidad varió de 1.35 a 2.30, la equitatividad de 0.40 a 0.66 observándose una mayor diversidad y equitatividad en LL2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.15 a 0.48. La integridad biótica de esta laguna fue de pobre a excelente (Figura 41).

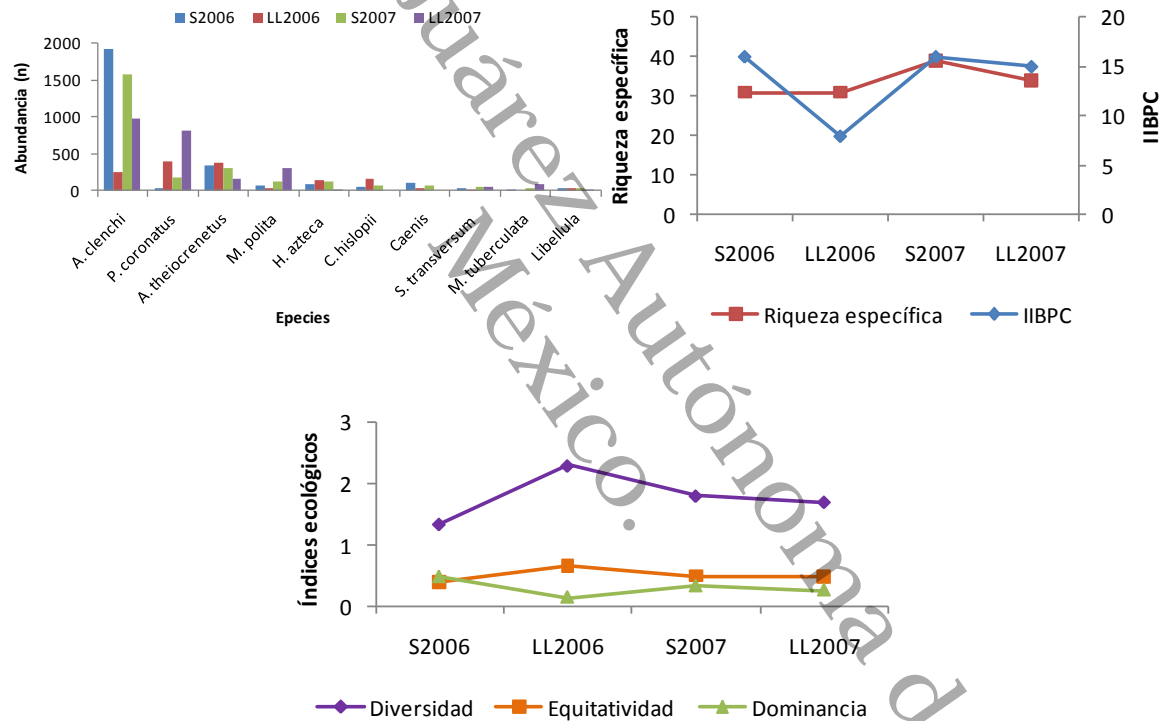


Figura 41. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna Chichicastle (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macro invertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y una dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC de buena

Laguna Tintal

Se localiza en la zona núcleo II y está ubicada en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2006 (2,636), LL2007 (1,309). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *C. hislopilii* (346.50), *P. coronatus* (249.50), *H. azteca* (120.00), *A. tehiocrenetus* (116.00), *M. tuberculata* (77.75), *A. clenchi* (74.50), *Libellula* (68.75), *Caecidotea* (67.25), *M. polita* (42.50) y Ostracoda sp1 (39.25) (Figura 42).

La riqueza específica varió de 34 a 38 observándose una estabilidad de la riqueza a lo largo de los cuatros muestreos. La diversidad varió de 2.27 a 2.64, la equitatividad de 0.62 a 0.74 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2007 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.10 a 0.19. La integridad biótica fue de regular a buena observándose una disminución en LL2006 (Figura 42).

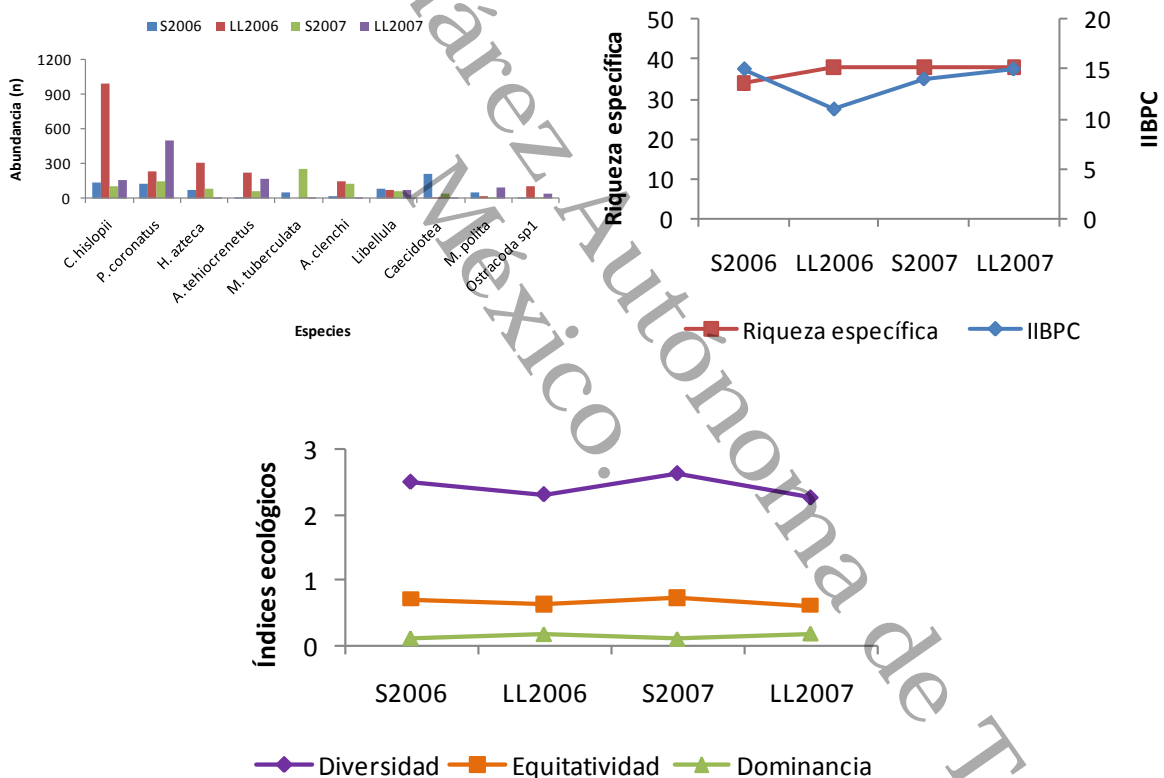


Figura 42. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Tintal (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, diversidad, riqueza específica, alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC.

Laguna el Guanal

Se localiza en la zona núcleo I y se ubica en la Cuenca del Río Usumacinta. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de secas S2006 (9,061), S2007 (6,165). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *M. tuberculata* (2298.75), *A. clenchi* (1275.00), *P. coronatus* (1087.75), *A. theiocrenethus* (855.00), Ostracoda sp2 (148.50), *M. polita* (123.50), *H. azteca* (78.00), Ostracoda sp1 (58.00), *C. hislopilii* (55.25) y *S. transversum* (52.75) (Figura 43).

La riqueza específica varió de 28 a 40 especies, la mayor riqueza se observó en S2007. La diversidad varió de 1.21 a 1.84 y la equitatividad de 0.35 a 0.55 observándose una mayor diversidad y equitatividad en LL2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.26 a 0.43. La integridad biótica fue de pobre a buena (Figura 43).

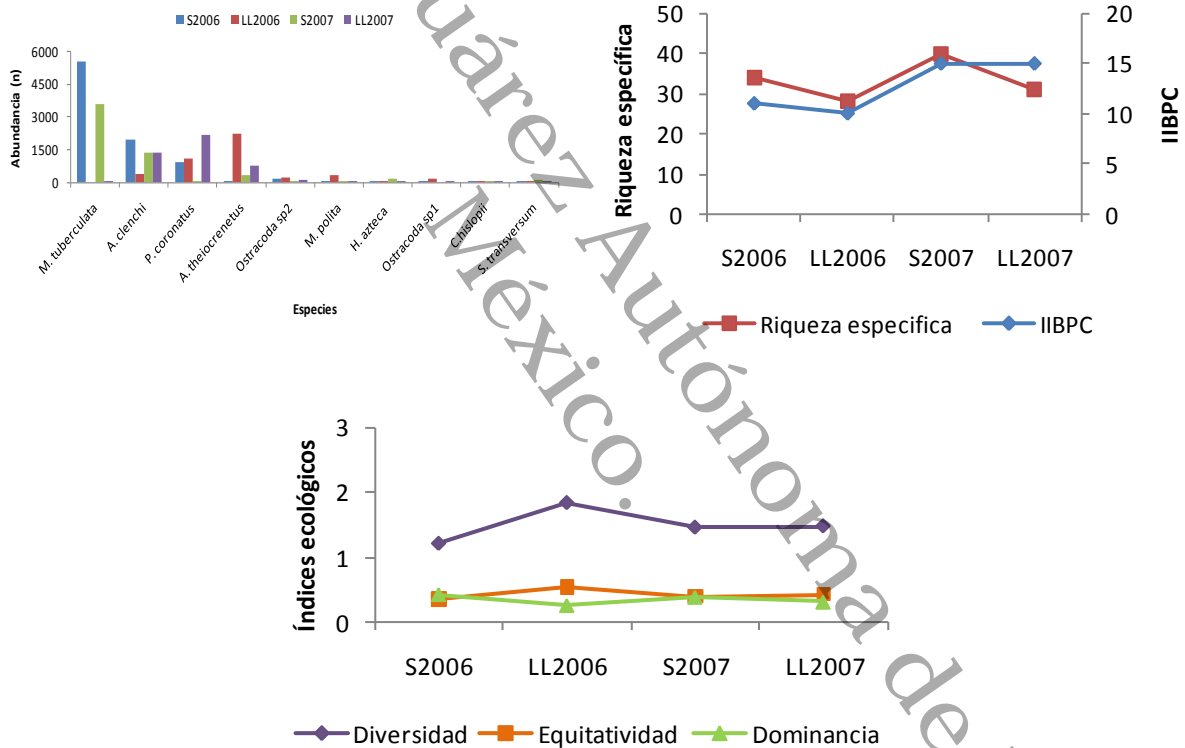


Figura 43. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna el Guanal (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica alta, diversidad, equitatividad y dominancia media. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC.

Laguna el Viento

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se ubica en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. Este sistema lagunar permanente es el más grande del municipio de Centla. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2006 (2,932), LL2007 (2,630). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *P. coronatus* (701.75), *A. theiocrenethus* (319.75), *A. clenchi* (165.50), *C. hislopilii* (115.00), *D. lucidum* (38.75), Ostracoda sp1 (33.75), y *Caenis* (33.25) (Figura 44).

La riqueza específica varió de 29 a 38 especies, la mayor riqueza se observó en S2007. La diversidad varió de 0.99 a 2.60, la equitatividad de 0.29 a 0.72 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2007 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.11 a 0.60. Su integridad biótica fue de regular a excelente (Figura 44).

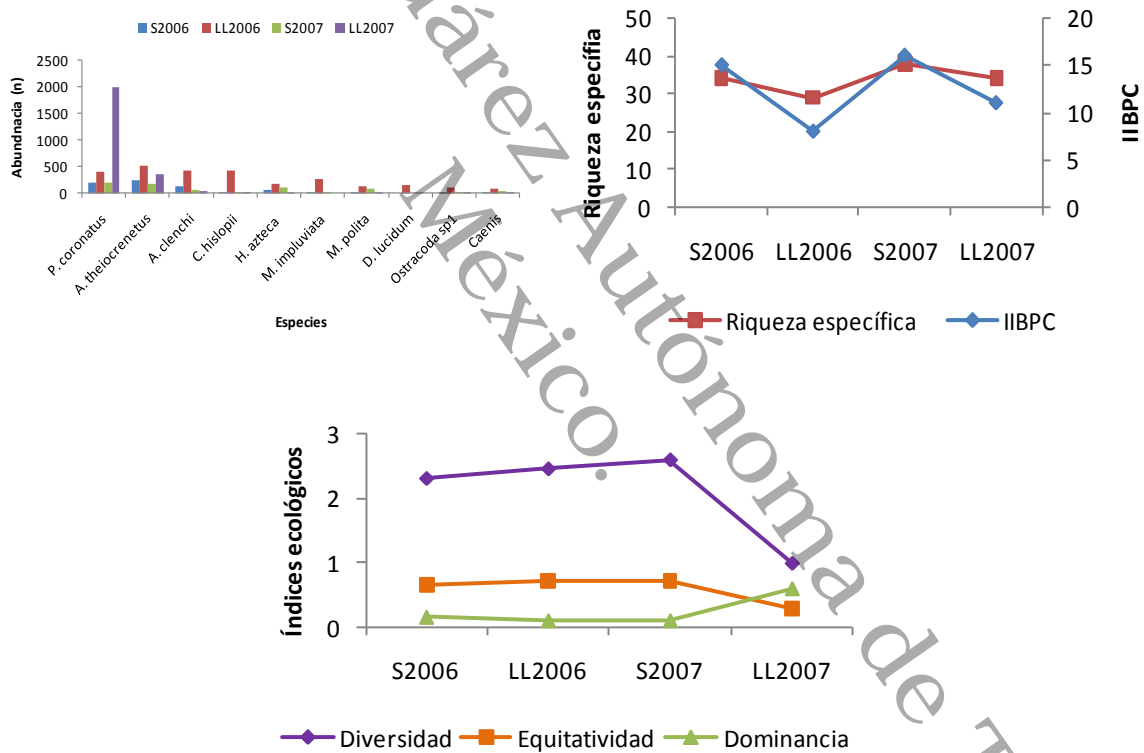


Figura 44. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Viento (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC.

Laguna los Ídolos

Se localiza en la zona núcleo I y se ubica en la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de S2007 (3,097) y en LL2007 (2,788). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *A. theiocrenethus* (796.50), *P. coronatus* (498.25), *M. leucophaeata* (84.25), *H. exentricus* (68.25), *S. transversum* (57.00), Ostracoda sp1 (54.75), Ostacoda sp2 (51.25), *Chironomus* (50.25), *C. hislopilii* (45.25) y Hidrobido sp1 (45.25) (Figura 45).

La riqueza específica varió de 28 a 42 especies, la mayor riqueza se observó en S2007. La diversidad varió de 1.53 a 2.17, la equitatividad de 0.46 a 0.66 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.22 a 0.37. La integridad biótica varió de regular a buena observándose un aumento a excelente en S2007 (Figura 45).

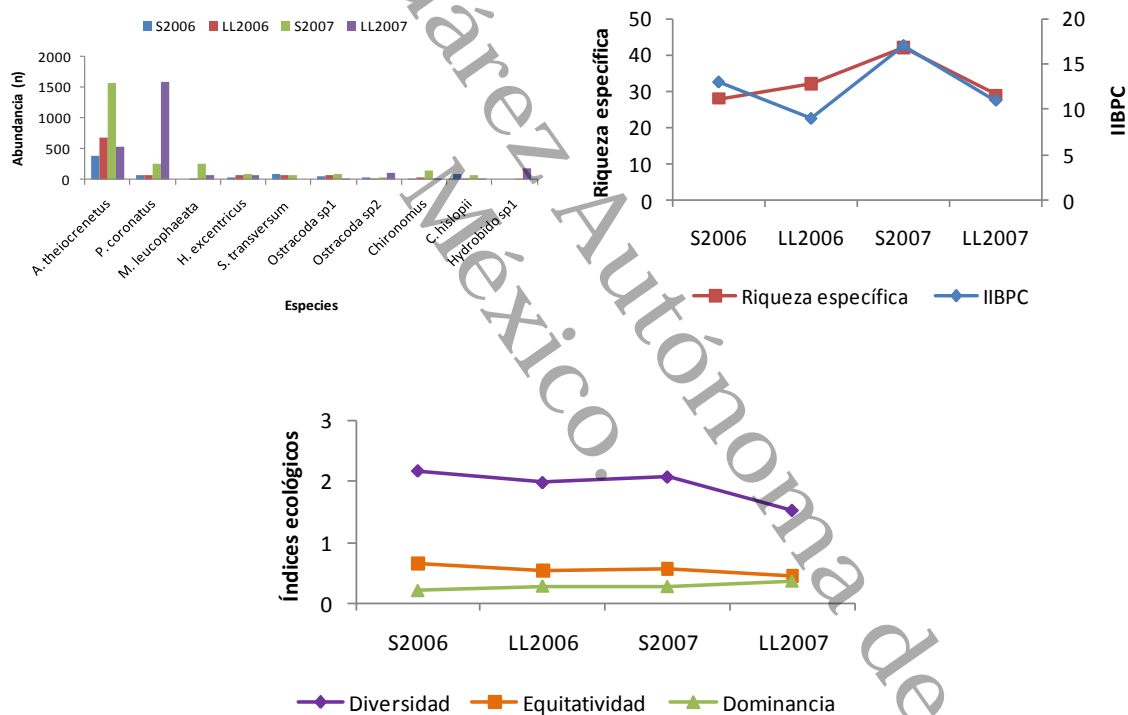


Figura 45. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna Los Ídolos (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica, diversidad, equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales reflejadas en el IIBPC.

Laguna Concepción

Se localiza en la zona núcleo I y se ubica en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2007 (3,079), LL2006 (2,035). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *P. coronatus* (797.25), *A. clenchi* (425.75), *M. tuberculata* (156.25), *A. tehiocrenetus* (95.75) y *M. polita* (80.00), *H. azteca* (62.00), *S. transversum* (52.50), *C. hislopilii* (34.00), *Caenis* (29.50) y *Libellula* (28.75) (Figura 46).

La riqueza específica varió de 29 a 33 especies observándose una estabilidad de la riqueza a lo largo de los cuatros muestreos. La diversidad varió de 1.18 a 2.25, la equitatividad vario de 0.34 a 0.65 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2007 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica (S). La dominancia tuvo un rango de variación de 0.16 a 0.51. La integridad biótica para esta laguna fue de pobre a excelente (Figura 46).

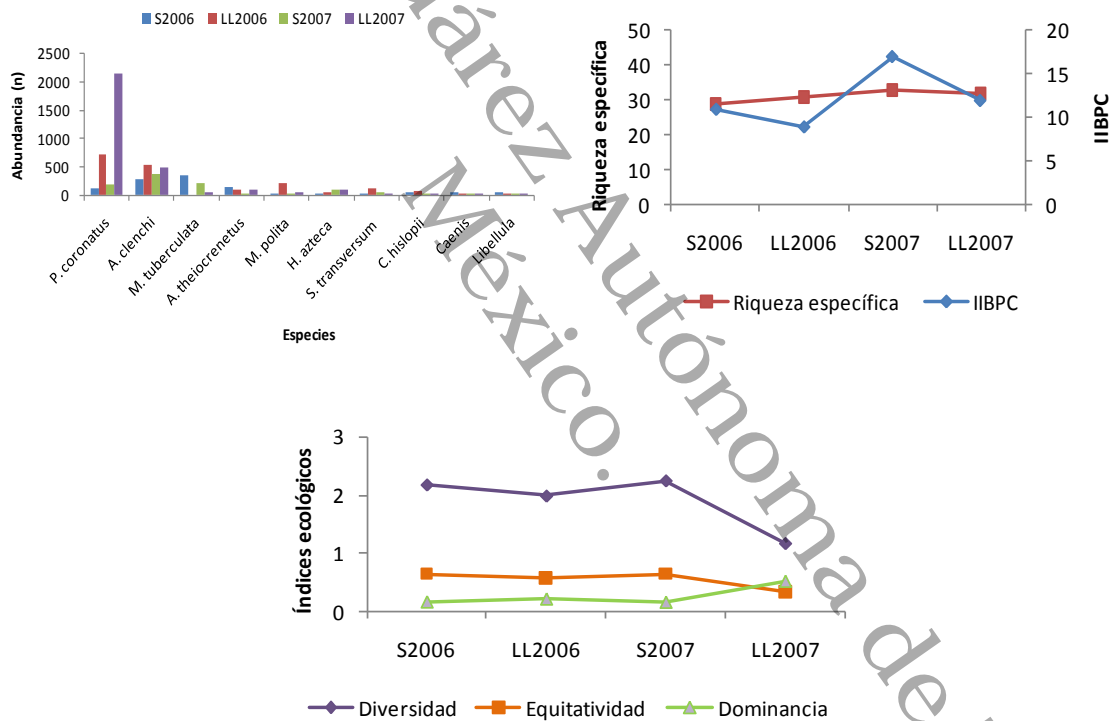


Figura 46. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna Concepción (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales. Para esta laguna su integridad biótica fue regular sin embargo para la época de secas 2007 se reflejó una calidad excelente.

Laguna Larga

Se localiza en la zona núcleo I y pertenece a la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2006 (6,064), LL2007 (3,423). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *P. coronatus* (1191), *A. clenchi* (890), *A. theiocrenethus* (404), *Libellula* (33), *H. excentricus* (36.50), *C. hislopilii* (168.25), *S. transversum* (143), Ostracoda sp2 (52.50), *M. polita* (52) y *H. azteca* (41.75) (Figura 47).

La riqueza específica varió de 30 a 36 especies, la mayor riqueza se observó en S2006. La diversidad varió de 1.21 a 2.28, la equitatividad de 0.34 a 0.64 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.18 a 0.48. Su integridad biótica varió de pobre a buena (Figura 47).

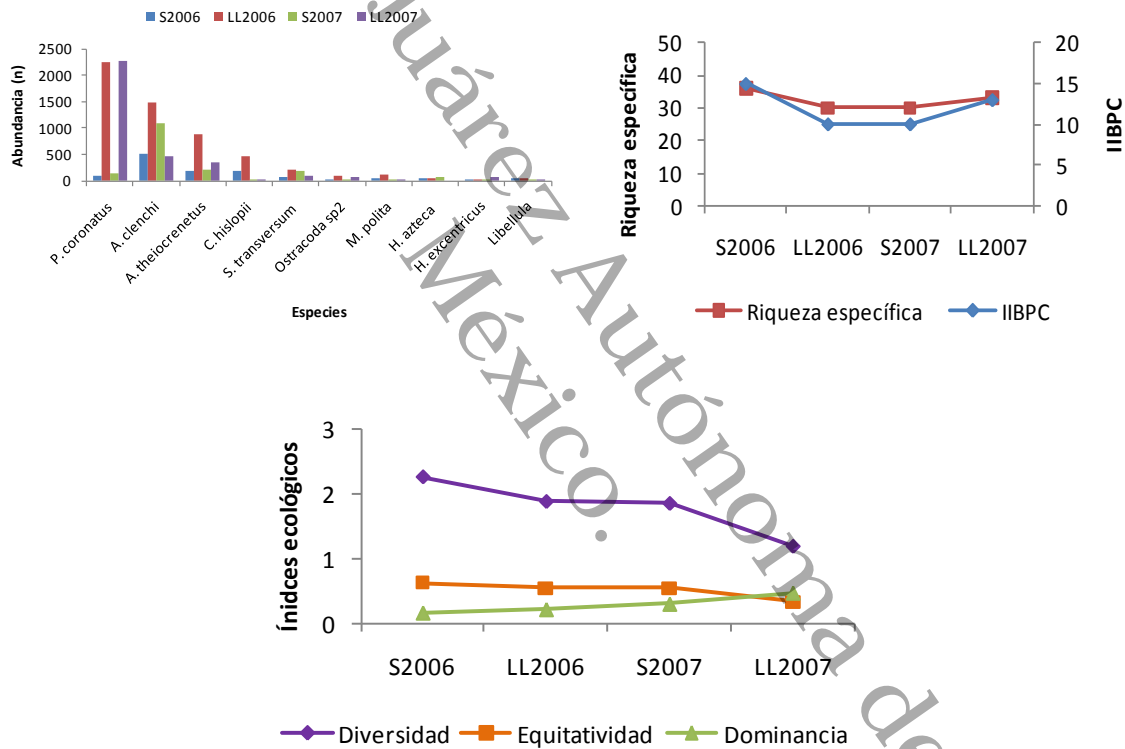


Figura 47. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en la Laguna Larga (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad, equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales. Su integridad fue regular sin embargo en la época de (S2006 y LL2007) su calidad fue buena.

Laguna San Isidro

Se localiza en la zona núcleo II y se ubicada en la Cuenca del Río Usumacinta. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2007 (6,959), LL2006 (3,330). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *P. coronatus* (1822.50), *A. clenchi* (545.00), *A. theiocrenethus* (315.50), Ostracoda sp2 (207.25), *C. hislopji* (77.25), *H. azteca* (69.25), *M. tuberculata* (47.00), *Caenis* (38.00), *M. polita* (32.75) y *Libellula* (32.25) (Figura 48).

La riqueza específica varió de 20 a 40 especies, la mayor riqueza se observó en S2006. La diversidad varió de 0.57 a 2.37, la equitatividad de 0.19 a 0.65 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.13 a 0.77. La integridad biótica varió de regular a buena (Figura 48).

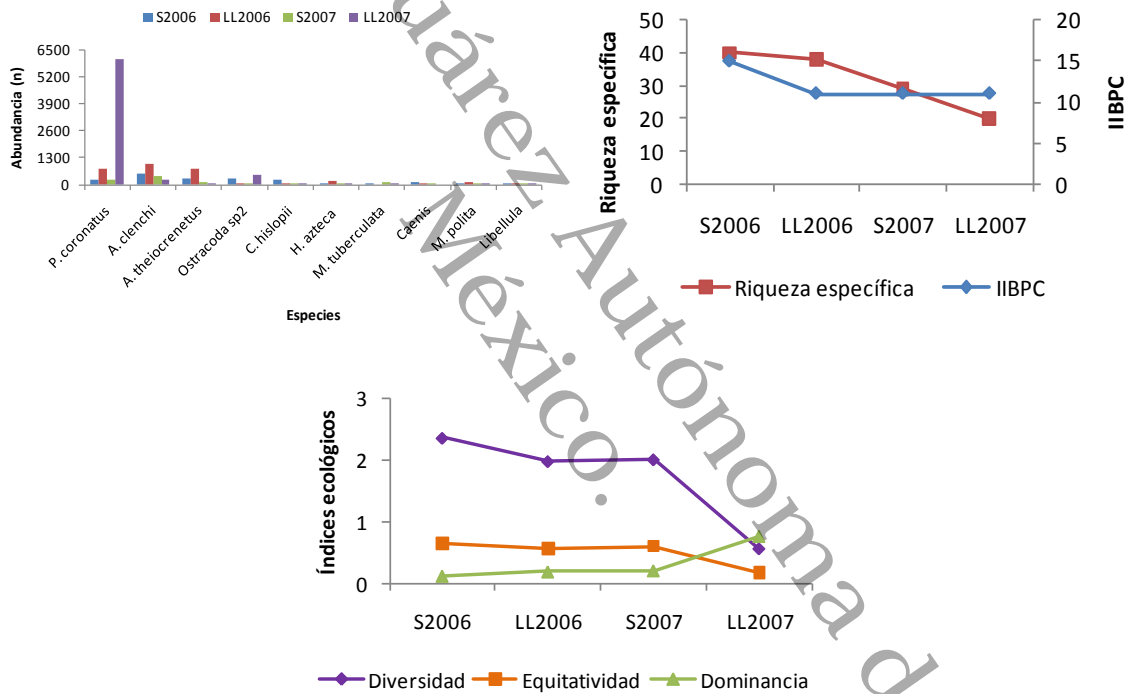


Figura 48. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna San Isidro (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales. Para esta laguna su integridad biótica fue regular, presentando una integridad buena en la época S2006.

Laguna el Sauzo

Se localiza en la zona núcleo I y está ubicada en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. La mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2006 (4,775), LL2007 (3,315). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *A. clenchi* (943.25), *A. theiocrenethus* (566.25), *C. hislopilii* (155.50), *H. azteca* (127.50), *M. impluviata* (66.75), *P. coronatus* (87.25), *M. polita* (65.50), Ostracoda sp1 (49.00), Ostracoda sp2 (38.50) y *Caenis* (37.00) (Figura 49).

La riqueza específica varió de 0 a 34 especies, la mayor riqueza se observó en LL2006. La diversidad varió de 0 a 2.30, la equitatividad de 0 a 0.66 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0 a 0.32. La baja en S2007 es debido a que por problemas de acceso a la laguna no se pudo muestrear. La integridad biótica varió de pobre a buena (Figura 49).

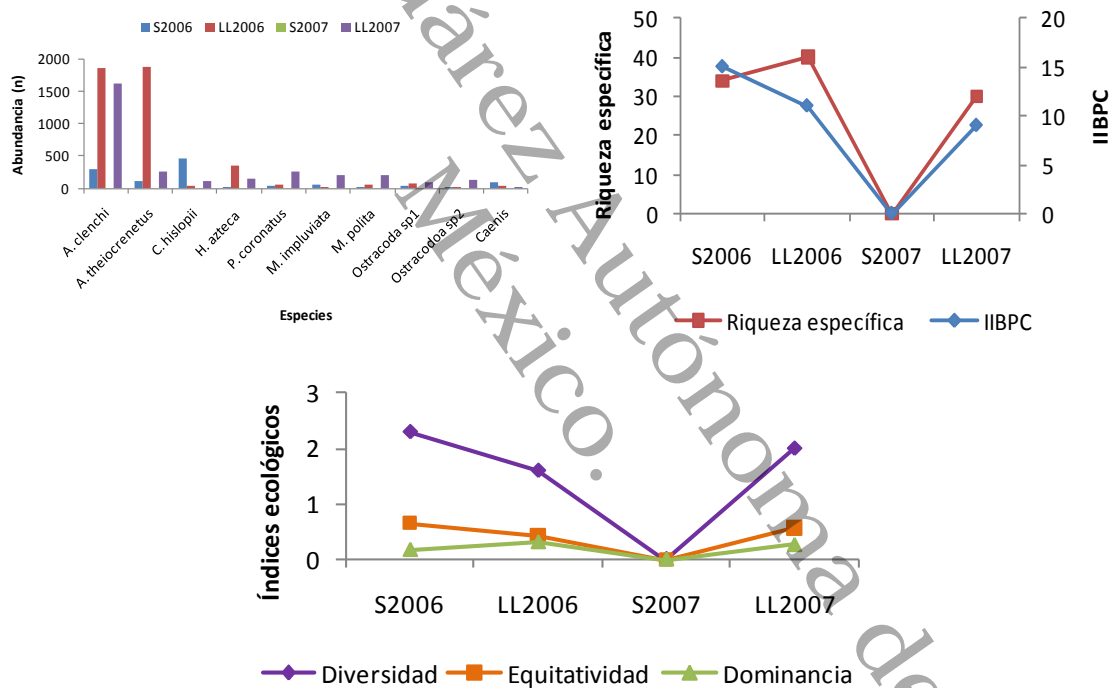


Figura 49. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Sauzo (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones ambientales. Para esta laguna su integridad biótica fue regular presentando una integridad buena en la época S2006.

Dren Narvárez Norte

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se ubicada en la Cuenca Laguna de Términos. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2007 (554), LL2006 (532). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *P. coronatus* (146.25), *A. theiocrenethus* (63.25), *Libellula* (35.50), *A. clenchi* (32.25), *S. transversum* (27.00), *H. azteca* (22.25), *M. polita* (19.25), *Caenis* (18.25), *Argia* (15.00) y *M. acanthurus* (12.50) (Figura 50).

La riqueza específica varió de 21 a 26 especies, la mayor riqueza se observó en LL2006. La diversidad varió de 1.23 a 2.62, la equitatividad de 0.40 a 0.83 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.09 a 0.48. La integridad biótica fue de pobre a buena (Figura 50).

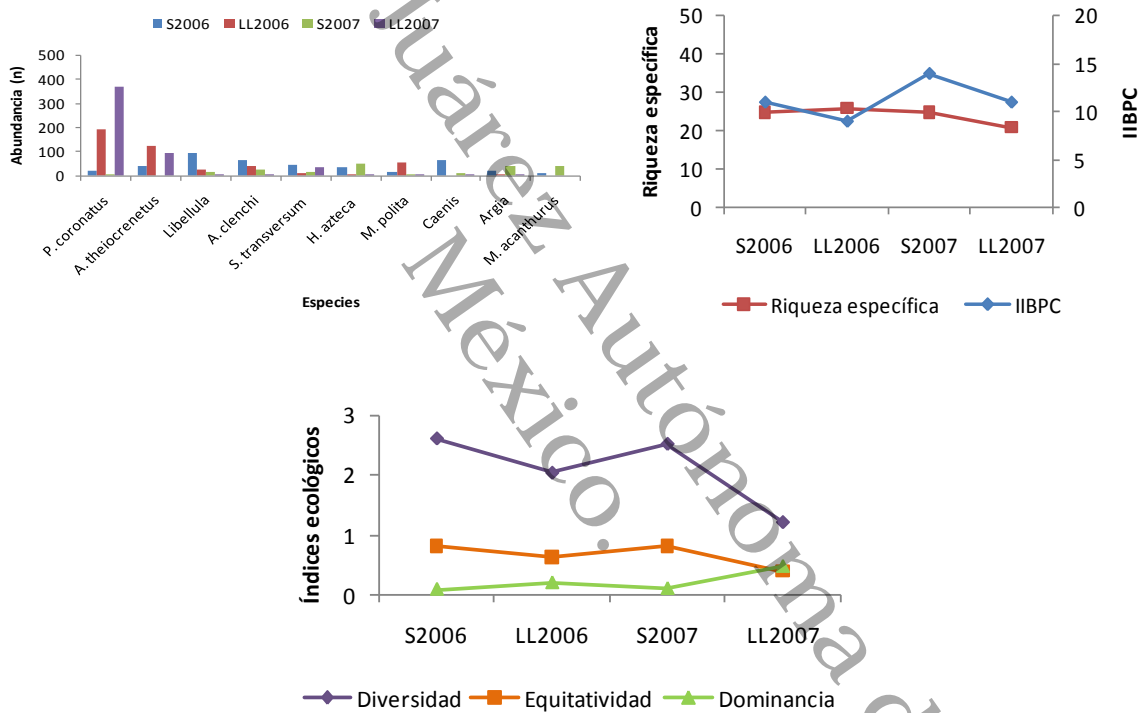


Figura 50. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en el Dren Narvárez Norte (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica media, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja características de buenas condiciones. Su integridad fue regular, presentando una integridad biótica buena en la época S2007.

Dren Narváz Sur

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se ubicada en la Cuenca Laguna de Términos. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de S2007 (2,188), S2006 (2,063). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *C. hislopii* (393.25), *H. azteca* (285.00), *Caenis* (120.50), *Ostracoda sp2* (34.75), *Hydrocanthus* (27.50), *Ostracoda sp1* (27.50), *Libellula* (27.50), *A. clenchi* (27.25), *H. excentricus* (21.50), y *B. flumineum* (18.50) (Figura 51)

La riqueza específica varió de 0 a 44 especies la mayor riqueza se observó en S2006, la baja riqueza se debe a que no se encontró organismos en la época de LL2007. La diversidad varió de 0.00 a 2.15, la equitatividad de 0.00 a 0.73 observándose una mayor diversidad y equitatividad en LL2006 ambos presentan el mismo comportamiento. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.00 a 0.27. Su integridad biótica varió de pobre a excelente observándose una disminución muy importante en la época de LL2007 (Figura 51).

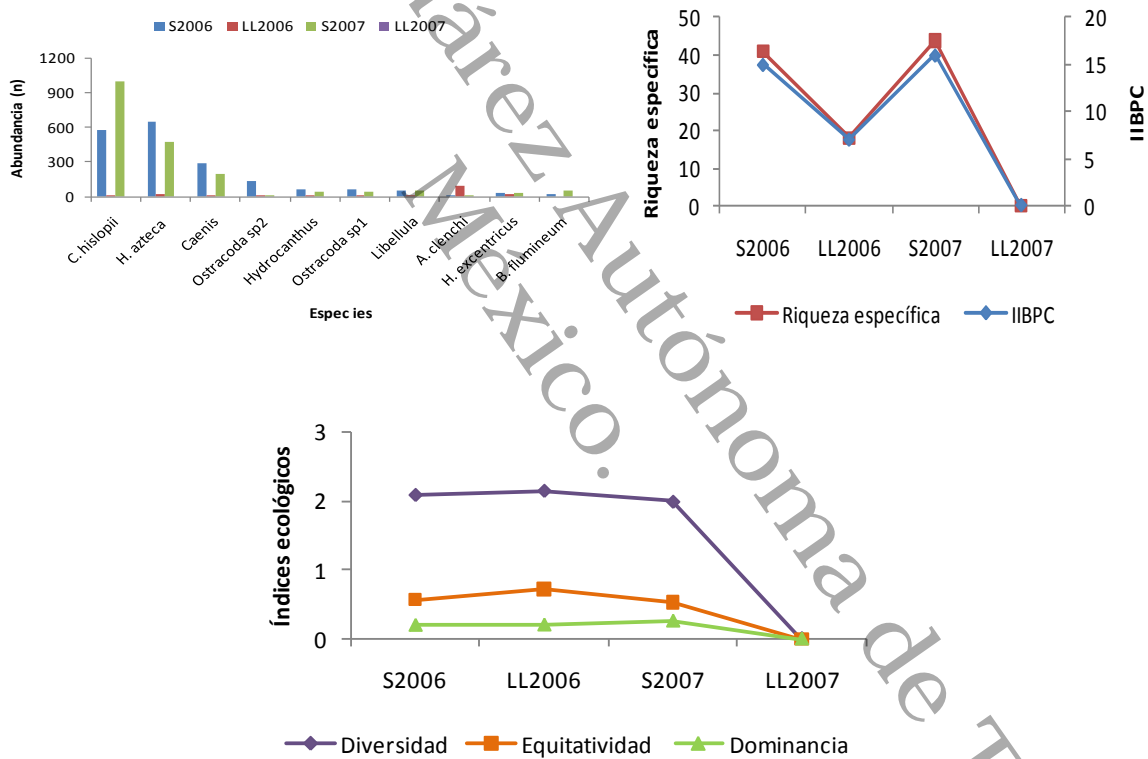


Figura 51. Resultados de los índices ecológicos e IIBPC en el Dren Narváz Sur (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica alta, diversidad media, equitatividad alta y dominancia baja. Características de buenas condiciones. Su integridad fue regular, presentando una integridad biótica buena en secas y pobre en lluvias.

Laguna Narváez

Se localiza en la zona de amortiguamiento y está ubicada en la Cuenca Laguna de Términos. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de LL2006 (3,174), S2006 (3,089). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *H. azteca* (1240.75), *C. hislopilii* (163), *A. theiocrenethus* (126.50), Ostracoda sp1 (113), *Caenis* (96.75), Ostracoda sp2 (95), *A. clenchi* (90), *P. coronatus* (45), *M. polita* (40.75) y *Argia* (25.25) (Figura 52)

La riqueza específica varió de 0 a 41 especies, la mayor riqueza se observó en S2006. La diversidad varió de 0.00 a 2.41, la equitatividad de 0.00 a 0.66 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.00 a 0.68. Su integridad biótica varió de pobre a buena (Figura 52).

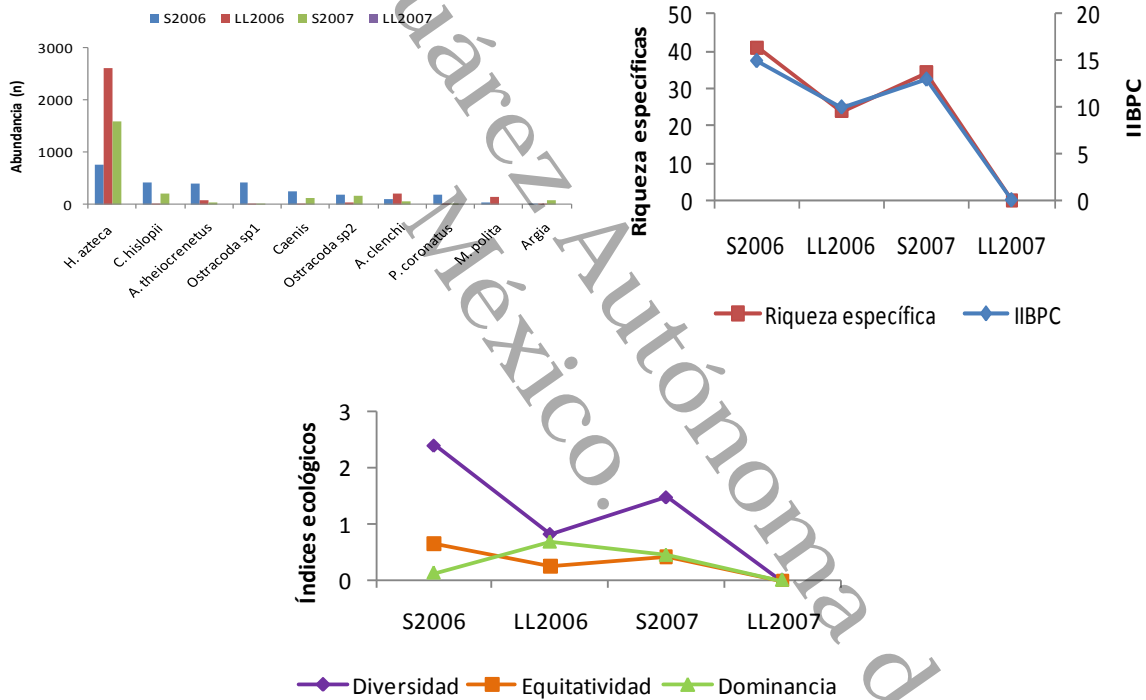


Figura 52. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna Narváez (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia, riqueza específica alta, diversidad y equitatividad media y dominancia baja. Características de buenas condiciones. Su integridad fue regular, presentando una integridad biótica buena época de secas y en lluvias pobre.

Laguna San Pedrito

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Usumacinta. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de lluvias LL2006 (1,167). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *A. theiocrenethus* (255.00), *Caecidotea* (132.00), *P. coronatus* (119.75), *H. azteca* (95.75), *Ostracoda sp1* (80.25), *Ostracoda sp2* (79.75), *Hydrobido sp1* (73.25), *Celina* (65.00), *D. lucidum* (57.00) y *N. reclinata* (41.50) (Figura 53).

La riqueza específica varió de 23 a 42 especies, la mayor riqueza se observó en LL2006. La diversidad varió de 1.59 a 2.39, la equitatividad de 0.52 a 0.73 observándose una mayor diversidad y equitatividad en S2006 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.14 a 0.33. La integridad biótica varió de pobre a buena (Figura 53).

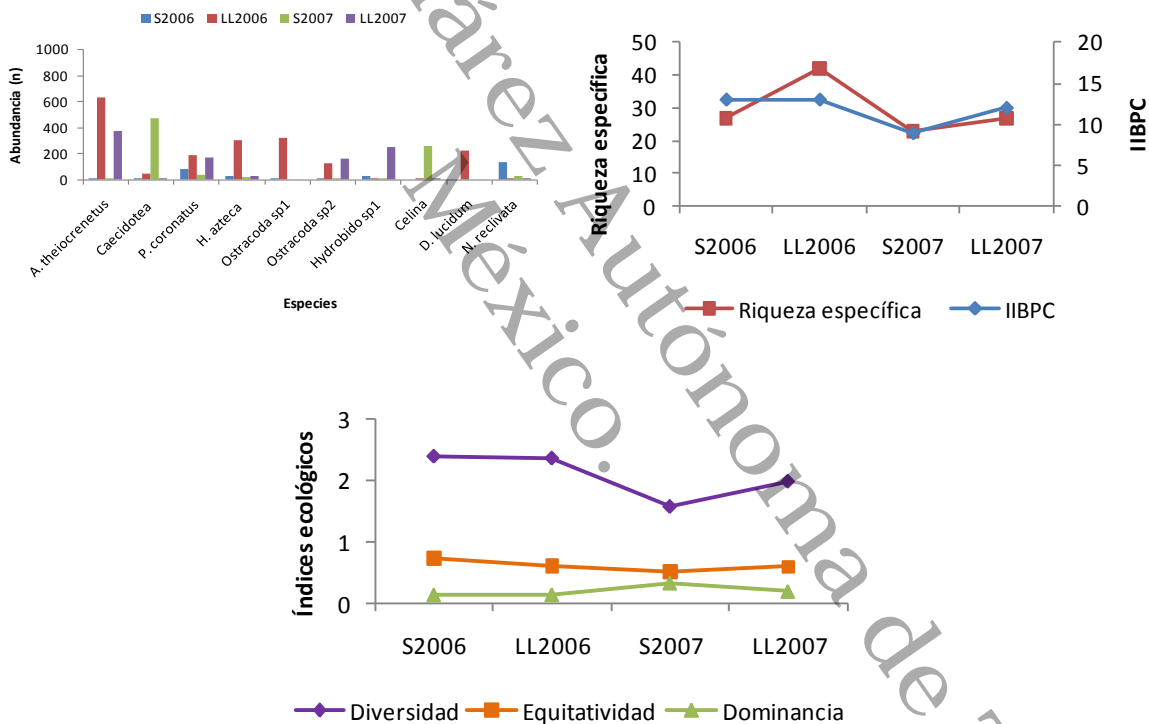


Figura 53. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna San Pedrito (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia baja, riqueza específica, diversidad, y equitatividad alta y dominancia baja. La baja abundancia es atribuida a la entrada de agua salobre principalmente en la época de secas. Característica de regulares a buenas condiciones ambientales. Su integridad fue regular presentando una integridad biótica buena (S2006 y LL2007).

Laguna el Coco

Se localiza en la zona de amortiguamiento y se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Grijalva-Villahermosa. En esta laguna la mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en las épocas de LL2006 (3,442), S2007 (2,987). Las especies con mayor abundancia promedio fueron *Hydrobido sp1* (793.50), *P. coronatus* (578.25), *Caecidotea* (223.50), *H. azteca* (328.75), *D. lucidum* (39.25), *Ostracoda sp2* (45.25), *A. clenchi* (89.50), *M. leucophaeata* (138.25), *A. theiocrenethus* (157.00), *N. reclinata* (170.00) (Figura 54).

La riqueza específica varió de 21 a 36 especies, la mayor riqueza se observó LL2006. La diversidad varió de 1.11 a 2.45, la equitatividad de 0.51 a 0.71 observándose una mayor diversidad y equitatividad en LL2007 su comportamiento a lo largo del tiempo es similar a la riqueza específica. La dominancia tuvo un rango de variación de 0.14 a 0.52. La integridad biótica varió de pobre a regular (Figura 54).

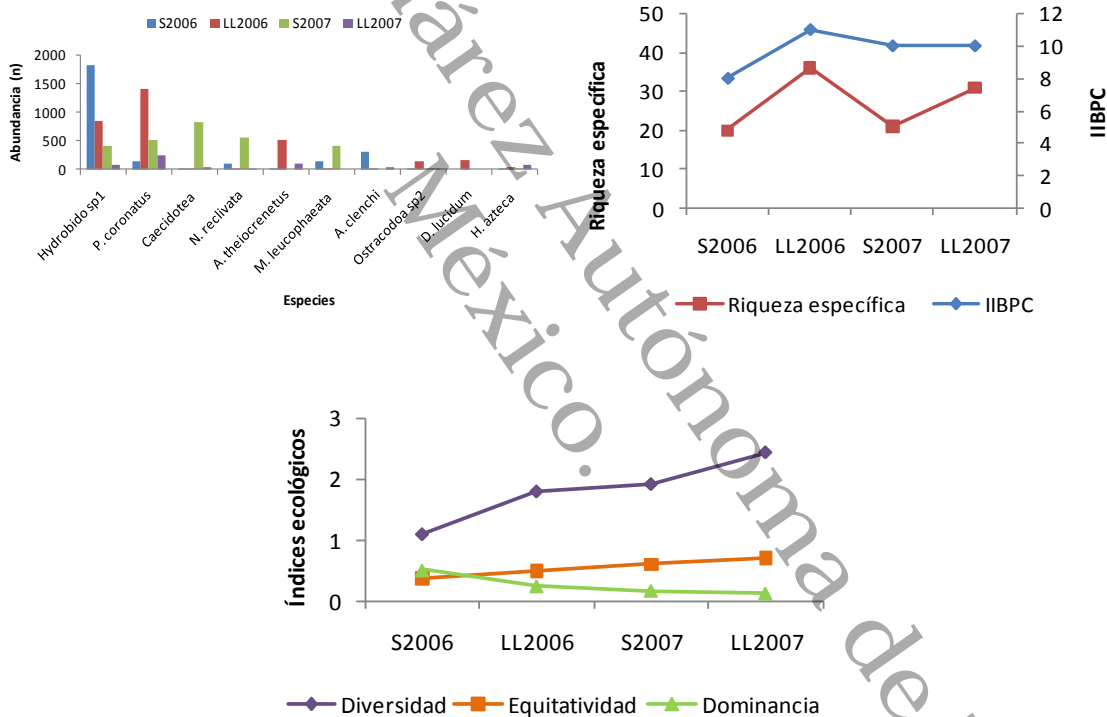


Figura 54. Resultados de los índices ecológicos y IIBPC en la Laguna el Coco (S2006-LL2007).

En cuanto a la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados se caracterizó por presentar una abundancia media, riqueza específica, diversidad y equitatividad alta y dominancia baja. Característica de regulares a buenas condiciones ambientales. El índice de integridad reflejó una calidad regular.

VIII.- DISCUSIÓN

La composición de macroinvertebrados acuáticos en la RBPC es muy diversa y está caracterizada por tres grandes grupos Arthropoda (Arachnida, Insecta, Malacostraca, Ostracoda y Branchiopoda), Annelida (Oligochaeta, Polychaeta y Hirudinea) y Mollusca (Bivalvia y Gastropoda) principales grupos de macroinvertebrados en los ecosistemas dulceacuícolas, siendo los artrópodos los que registraron el mayor número de taxones seguido de los Moluscos.

Se registró un total de 85 taxa por lo que se puede decir que la RBPC presenta una elevada riqueza, influenciada principalmente por la disponibilidad de alimento, la presencia de diferentes condiciones topográficas e hidrográficas lo que propicia una heterogeneidad de buenas condiciones del hábitat. Una riqueza similar fue encontrada en la laguna Palo Verde en Costa Rica registrando 116 taxa (Trama *et al.*, 2009), en Finlandia se evaluó la estructura de los macroinvertebrados en un conjunto de 21 cuerpos de aguas lénticas, reportando un total de 113 taxa (Heino, 2000), en los humedales del Río Sinos se encontró un número muy inferior con 57 taxa (Maltchik *et al.*, 2010).

El phyla Arthropoda es un grupo importante en la biodiversidad acuática y en el funcionamiento de los ecosistemas. Dentro de este Phylum los grupos más representativos son principalmente la clase Insecta y Crustacea grupos muy frecuentes en los ecosistemas dulceacuícolas. Dentro de los insectos se registraron los órdenes (Coleóptera, Hemíptera, Díptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Odonata, Trichoptera y Collembola). Los hemípteros, coleópteros y dípteros fueron los grupos con mayor número de familias, coincidiendo con lo reportado anteriormente para insectos acuáticos en ríos y lago del estado de Tabasco (Bueno-Soria *et al.*, 2005), al igual que los registrados para lagos interduñarios en Veracruz (Peralta *et al.*, 2007) y para los encontrados en Sudamérica (Poi de Neiff y Neiff, 2006). Son los órdenes de insectos que aportan gran parte de la riqueza y biomasa a los medios acuáticos por su capacidad colonizadora y adaptativa. Esto es debido a que llevan a cabo todo su ciclo de vida en el fondo del agua, ya que poseen un método de respiración especializado.

Los hemípteros son un grupo poco estudiado. Bueno-Soria *et al.* (2005) registran para el Estado de Tabasco 14 familias, de las cuales nueve se registraron para la RBPC, la mayoría de estas familias son enteramente acuáticas, los hemípteros tienen mayor riqueza en ambientes estancados, más eutrofizados y con mayor presencia de materia orgánica finamente particulada (Sánchez-Fernández *et al.*, 2007). Algunos géneros del orden Coleóptera fueron identificados como: *Hydrocanthus* (Noteridae) *Enochrus*, *Derallus*, *Tropisternus* y *Paracymus* (Hydrophilidae), *Celina*, *Cybister*, *Desmopachria* y *Hydrovatus* (Dytiscidae), por lo que es muy común encontrarlos en zonas lénticas, con valores altos de temperatura y conductividad, estos coleópteros han sido reportados como resistentes a la contaminación.

El orden Díptera, estuvo constituido por larvas de las familias Chironomidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Stratiomyidae y Tabanidae. La familia Chironomidae, es considerada como uno de los taxa más comunes en los sistemas acuáticos del Neotrópico incluido ambientes salobres. Es un grupo de importancia ecológica, se reproducen en altas densidades y su ciclo de vida es relativamente corto.

Dentro del grupo de los insectos, los órdenes con menor diversidad son los Trichoptera, Odonata, Ephemeroptera, Collembola y Lepidoptera. Los Trichoptera es un grupo importante porque son

sensibles a las alteraciones de los ecosistemas acuáticos, habitan principalmente en sistemas lóticos y en menor frecuencia en lénticos. Peralta *et al.* (2007) reportan para los lagos interdunarios de Veracruz tres familias de Trichoptera (Limnelliidae, Policentropodidae y Hydroptilidae), siendo el primer registro para ambientes lénticos, en el presente estudio para la RBPC el orden Trichoptera estuvo representado por estas dos últimas familias con un género cada una.

Uno de los grupos mejor conocidos taxonómicamente son los Odonatas (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 1996) ya que tienen una amplia distribución en el país. Algunas especies viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldán, 1988). En este trabajo se registran únicamente dos familias Coenagrionidae y Libellulidae con un género cada una, por lo general se encuentran en las márgenes de los sistemas lóticos y lénticos entre sedimento y detritus y sobre hidrófilas vasculares emergentes (Sandoval y Molina-Astudillo, 2000). Las larvas de los Ephemeropteros a igual que los odonatos se encuentran en una gran variedad de hábitats, siendo más comunes y diversos en los sistemas lóticos. Para la RBPC solo se registró una familia Caenidae y un género *Caenis* el cual puede encontrarse comúnmente en las raíces sumergidas de plantas flotantes principalmente del género *Eichornia* llegando a ser muy abundantes (Molineri, 2009). Para este estudio los órdenes Collembola y Lepidoptera, estuvieron escasamente representados.

Los crustáceos constituyen una parte importante de los ecosistemas acuáticos; son muy diversos en cuanto a estructura y hábitos. En su mayoría son marinos pero también hay especies dulceacuícolas y pueden vivir en ambientes lénticos y lóticos. Son importantes en el plancton de agua dulce y su desaparición podría perturbar el equilibrio natural de los lagos ya que la presencia de una gran diversidad de crustáceos indica una buena variedad de hábitats y buena calidad del agua (ALPLAKES, 2010).

Los crustáceos de aguas continentales de Tabasco en su mayoría son de afinidad tropical con excepción de los acociles (Cambaridae) que son Neárticos (Álvarez *et al.*, 2005). Para la RBPC se registraron nueve especies, predominando el grupo de los malacostracos. Montalvo-Urgel *et al.* (2010) reportaron para la reserva 13 especies de las cuales cinco coinciden con este estudio y Barba *et al.* (2010) registraron para los humedales de Tabasco 17 especies de crustáceos.

El grupo los decápodos fueron los más representativos registrándose siete especies. (*M. acanthurus*, *P. llamasii*, *P. spectabilis*, *A. constrictus*, *R. harrisi* y *C. rathbunae*). *P. llamasii* presenta una distribución restringida a ambientes tropicales y dulceacuícolas. Las especies *M. acanthurus*, *R. harrisi*, son especies con una amplia distribución y tolerancia a ambientes oligohalinos y costeros, asociados a sustratos con vegetación marginal y circundante, así como, sumergida y flotante (Barba *et al.*, 2010).

Después de los artrópodos, los moluscos son el segundo grupo en número de especies en el mundo, se han adaptado para ocupar hábitats muy diversos. Dentro de este grupo los gasterópodos son los más diversos y numerosos como se presentó en este estudio, esto es debido a que se han adaptado a una gran variedad de hábitats, en el mar, agua dulce y salobre (Rangel-Ruiz y Gamboa-Aguilar, 2005). Son los que mejor indican la calidad del agua, ya que tienen una vida relativamente larga, presencia constante, con hábitos sedentarios, alto potencial biótico y diferentes grados de tolerancia a los contaminantes (Naranjo-García y Meza-Meneses, 2000).

Para este estudio se registraron 13 especies de gasterópodos y cuatro de bivalvos. Dentro de los gasterópodos las familias que presentaron el mayor número de especies fueron Hydrobiidae con cinco, Planorbidae con tres, Physidae con dos, Thiaridae, Pilidae, Ancyliidae y Neritidae con una y para los bivalvos, Sphaeriidae con dos, Dreisseneidae y Mactridae con una, esta composición de familias encontradas en la RBPC es semejante a las registradas en Brasil con seis familias (Marqués y Barbosa, 2001).

Abundancia de las comunidades de macroinvertebrados.

Whiles y Goldowitz (2005) mencionan que los grupos en particular, oligoquetos, crustáceos como anfípodos, y los gasterópodos, a menudo son elementos numéricamente dominantes de las comunidades de macroinvertebrados. Entre los insectos, los taxa más abundantes son los díptera incluyendo quironómidos, ceratopogonidos y culícidos ya que su ciclo de vida es rápido como los hemípteros y coleópteros. La abundancia en la RBPC está dominada principalmente por la clases: Gastropoda (66.79%), Branchiopoda (10.60%), Malacostraca (9.36 %) e Insecta (6.47%).

Para la clase Gastropoda las familias que presentaron la mayor abundancia relativa fueron Hidrobidae (*P. coronatus*, *A. clenchi*, *A. tehiocrenetus*), y Thiaridae (*M. tuberculata*) y para las clases Branchiopoda (*C. hislopilii*), y Malacostraca (*H. azteca*). Los gasterópodos *P. coronatus*, *A. clenchi* pueden ser buenos indicadores biológicos de la calidad del agua, además de servir como hospederos intermediarios en el ciclo biológico de parásitos como: *Echinochasmus macrocaudatus*, *Genarchella astyanactis* (Dritrich *et al.*, 1997) que producen diferentes zoonosis de importancia en aves y peces como *Amphilopehus robertsoni*, *Cichlasoma geddesi*, entre otros (Vidal *et al.*, 2002).

En el caso de *M. tuberculata*, ha sido registrada como introducida y tiene gran relevancia por ser una especie que desplaza las poblaciones de gasterópodos nativos al competir por el espacio y alimento, ha sido utilizada con éxito como control biológico del género *Biomphalaria* hospedero intermediario de *Schistosoma mansoni* (Perera *et al.*, 1989 y Pointier *et al.*, 1989). Además, es un agente transmisor de enfermedades, ya que actúa como hospedero intermediario de parásitos del hombre y de peces de importancia comercial como *Clonorchis sinensis* y *Centrocestus formosanus* (Goldsmith y Heyneman, 1995). Esta especie presenta una amplia distribución y abundancia en la RBPC (Albarran- Melzer, 2006).

Dentro del grupo de los crustáceos los más abundantes fueron: *C. hislopilii* y *H. azteca*. *C. hislopilii* es un pequeño crustáceo comúnmente llamado camarón almeja, generalmente asociado a la vegetación acuática, son los habitantes más característicos de los humedales Pennak (1989). Trama *et al.* (2009) reportaron en el humedal de Palo Verde, Costa Rica altas abundancias en la clase Conchostraca, es probablemente porque los huevos son resistentes a la sequía, lo cual ayuda a la población a iniciar la colonización cuando se presenten las condiciones favorables en el humedal (Pennak, 1989, Thorp y Covich, 2001).

El amphípodo *H. azteca* es un pequeño crustáceo muy común en diferentes hábitats de aguas lénticas y está asociado a sustratos duros, y vegetación acuática. Esta especie cumple un importante papel en los ecosistemas acuáticos, actúan como descomponedor de detritos en materia orgánica particulada para micro y macro consumidores (Poretti *et al.*, 2003). Son muy resistentes a las variaciones de oxígeno disuelto, temperatura y pH alcalino (Álvarez *et al.*, 2005). Los anfípodos

del género *Hyaella* y los moluscos son los invertebrados más abundantes sobre las macrofitas (Casset *et al.*, 2001).

Aunque los Insectos fueron los más diversos, es el cuarto grupo en abundancia en estos sistemas lagunares. Los géneros con mayor abundancia fueron *Caenis* (Ephemeroptera), *Libellula* y *Argia* (Odonata), *Chironomus* (Diptera) y *Hydrocanthus sp* (Coleoptera). Esto debido a que tienen una esperanza de vida relativamente corta en comparación con otros organismos.

La abundancia relativa por época fue ligeramente superior en lluvias (LL2006, LL2007), probablemente presentándose un comportamiento cíclico y estacional, sin embargo debido a que no existieron diferencias significativas, este comportamiento se tendrá que definir con un mayor número de muestreos. Estas condiciones puede deberse a los distintos tipos y abundancia de los recursos tróficos, las variaciones del nivel de inundación que se repite todos los años ya sea con mayor o menor intensidad y las características fisicoquímicas del agua, repercute en las condiciones estacionales a las que se ven sometidos estos cuerpos lagunares. Esta heterogeneidad de condiciones puede ser determinante en la distribución y estabilidad de las poblaciones. Estos resultados coinciden con lo reportado por Trama *et al.* (2009) quienes mencionan que la comunidad de invertebrados que habitan en el humedal de Palo Verde, Costa Rica están adaptados a periodos secos y húmedos, así como, también a cambios de temperaturas y salinidad.

En general la RBPC se caracteriza por presentar abundancias medias y bajas, con excepción en las lagunas Guanal y Loncho en donde las abundancias fueron altas, principalmente a la presencia de *M. tuberculata* y *C. hislopilii*. Las lagunas con abundancia medias fueron San Isidro, Larga, Sauzo, Narvéez, Punteada, Chichicastle, Coco y Sargazal.

Las bajas abundancias se presentaron en los Drenes Narvéez norte y sur, y en las lagunas: Landero, Concepción, Ídolos, Viento, Tintal, San Pedrito, y Cometa. La baja abundancia se atribuye a distintos factores: en el caso de los Drenes, frecuentemente se realizan trabajos de limpieza y dragados, eliminación de la vegetación flotante con el propósito de facilitar la continua circulación de lanchas que transportan material para la industria petrolera, además el constante paso de maquinarias crea oleaje y ocasiona que el lirio sea transportado a otras áreas, trayendo como consecuencia la pérdida de hábitat para los macroinvertebrados acuáticos, y la laguna el Viento se debe al impacto del fuerte viento, crea oleaje lo cual desplaza la vegetación flotante y causa inestabilidad en las comunidades de macroinvertebrados. Sharitz y Batzer (1999) mencionan que estas actividades provocan un cambio en el uso de suelo en las márgenes ribereñas, ya que la falta de cobertura vegetal disminuye la cantidad de hábitats acuáticos disponibles, provocando valores bajos en la abundancia y riqueza de macroinvertebrados y peces dulceacuícolas, por lo que cualquier cambio en la estructura de la vegetación tiene consecuencias importantes para la comunidad biológica que se encuentra en los sistemas acuáticos ya que es relevante en la productividad y funcionamiento, regulando la temperatura, filtrando y reteniendo nutrientes y otorgando hábitats a las comunidades acuáticas (Mancilla *et al.*, 2009).

En cuanto a la laguna San Pedrito se debe a que en la época de sequía se incrementa la salinidad eliminando la vegetación y la fauna acuática asociada afectando de esta manera la composición, distribución y la abundancia. En varios estudios (Szalay y Resh, 1996; Poi de Neiff y Neiff, 2006; Olomukoro, 2007; y Maltchick *et al.*, 2010) se relaciona positivamente la abundancia de

macroinvertebrados con la superficie de macrófitas y la complejidad estructural, ya que las plantas acuáticas sirven para numerosas especies de invertebrados como sitios de refugio y reproducción.

La laguna El Cometa localizada al norte de la RBPC, presentó baja abundancia probablemente por ser salobre, registrándose una sola especie (*N. reclinata*), recolectada en las raíces del mangle rojo (*Rizophora mangle*), son habitantes típicos de este ambiente por lo cual impide la colonización de otras especies que no están adaptadas a cierto grado de salinidad.

Los macroinvertebrados son un eslabón importante en la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos ya que desempeñan un papel importante procesando detritos y siendo alimento de consumidores secundarios (peces), representan una fuente importante de proteína para muchas especies de animales.

Diversidad y riqueza de las comunidades de macroinvertebrados

En cuanto a la riqueza específica total se observó una homogeneidad en la mayoría de las localidades siendo las lagunas Punteada y Tintal las más ricas. Las épocas de secas presentaron valores ligeramente superiores a los de lluvias, observándose un comportamiento cíclico y estacional. La mayoría de los macroinvertebrados acuáticos presentaron una amplia distribución geográfica, lo que habla de la existencia de una homogeneidad ambiental en la RBPC.

En general se presentaron riquezas medias y altas dentro de las cuencas Grijalva-Usumacinta. Las localidades que presentaron riqueza media fueron: Laguna Narváez, los Drenes Narváez Norte y Sur, ubicados en la zona de amortiguamiento al Norte de la RBPC, estos valores junto con las bajas abundancias presentadas en estas localidades, son atribuidos a condiciones de estrés que tienen estos cuerpos de aguas.

La diversidad (H') promedio en la RBPC durante este periodo de estudio fue alta presentándose valores de 1.18 a 2.44, la mayor diversidad se registró en la laguna Tintal y la menor en Narváez. Esto es similar a lo registrado en el humedal Río Olentagy, Ohio Columbus, donde la mayor diversidad fue de 1.82 a 2.22 (Gamble *et al.*, 2004). En los lagos de Kerala, India, se registraron valores altos 2.33 al evaluar la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados (Latha y Thanga, 2010), y en el lago Laga, Turkia se registran valores de 1.21 (Çamur-Elipek *et al.*, 2010).

En general la diversidad (H') en la RBPC es considerada de media a alta. Esta alta diversidad puede estar relacionada con los ciclos de vida de los organismos y una gran diversidad de hábitats que funcionan como sitios de protección contra depredadores, de reproducción y de ovoposición. Barbour *et al.* (1999) y Prat *et al.* (2008) consideran que altos valores en los índices de diversidad se relacionan directamente con un buen balance en las comunidades y en las condiciones del hábitat permitiendo que se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias. Así mismo, se registraron valores medios de equitatividad, con excepción de la laguna el Tintal y el Dren Narváez Norte que presentaron valores ligeramente altos, este comportamiento se debe a la influencia de la abundancia de tres especies: *P. coronatus*, *A. clenchi* y *M. tuberculata*. La dominancia presentó valores bajos, por lo tanto comunidades con valores altos de diversidad no pueden presentar valores altos de dominancia.

Calidad del agua.

Los macroinvertebrados son sensibles a diferentes sustancias químicas y condiciones físicas. Si hay un cambio en la calidad del agua debido a un contaminante o un cambio en el flujo de las aguas, la estructura de la comunidad de macroinvertebrados puede cambiar. Los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura. Los principales parámetros fisicoquímicos que definen la calidad del agua en la RBPC son: La temperatura del agua con valores superiores a los 21 °C, característico de ambientes tropicales (De la Lanza y Lozano 1999), la temperatura del agua es uno de los parámetros físicos más importantes para todos los organismos ya que influye en las relaciones metabólicas, controlando la reproducción o la tasa de crecimiento de los individuos (De la Lanza, 1998 y Fernández-Araiza *et al.*, 2010). Para el pH estos valores estuvieron entre 6.2 y 8.2 es decir se trata de aguas ligeramente básicas a ligeramente ácidas (De la Lanza, 1998), por lo general las aguas naturales (no contaminadas) presentan un pH entre 5 a 9. La VDS en todas las lagunas oscilo de 0.1 a 3.1m caracterizándose como sistemas muy propicios para el desarrollo de poblaciones y comunidades. En aguas muy turbias, la penetración de la luz se reduce afectando la fotosíntesis de las plantas y aumentando la temperatura del agua, los sólidos en suspensión puede obstruir las superficies respiratorias o interferir en la alimentación de los organismos (WRC, 2001), en la mayoría de las lagunas en la RBPC los sólidos suspendidos totales presentaron valores dentro de los rangos normales, favorables para el establecimiento de la vida acuática, las lagunas que registraron valores altos (>30mg/L) en secas 2006 fueron: Punteada, Guanál, San Isidro, Coco, y Narváez.

En general se apreció una mayor concentración de oxígeno disuelto en la época de secas, con valores de buena aireación de acuerdo a criterios ecológicos (3 a 9mg/L) (Boyd y Lichtkloper, 1979) y el lineamiento de calidad de agua (mínimo 5 mg/L) (LFDMA, 2009), mientras que en lluvias sobresalieron lagunas con condiciones de escasa aireación asociados con la degradación de materia orgánica. El oxígeno disuelto (OD) es esencial para los ecosistemas acuáticos, es un indicador de aguas contaminadas, generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

La Conductividad Eléctrica caracterizo para ambas épocas aguas limnéticas, sin embargo se identificaron aguas oligohalinas en las Lagunas San Pedrito, Coco y Cometa, este comportamiento se debió a la presencia de un aumento en la salinidad en la época de secas debido a las altas tasas de evaporación y aislamiento de masas de agua (De la Lanza, 1998).

En general la dureza en la RBPC en ambas épocas se caracterizaron en aguas duras (<300mg/L), sin embargo en secas las lagunas San Pedrito, Punteada, el Guanál, San Isidro, Coco, Cometa, Larga, Loncho y el Dren Narváez Norte se presentaron aguas muy duras. Estas condiciones de dureza son favorables para el desarrollo de la fauna acuática, ya que hay evidencias de que aguas blandas afectan el crecimiento y reproducción de estos organismos. Trabajos en laboratorio han demostrado también que aguas extremadamente duras afectan significativamente estos dos aspectos biológicos (Dillon, 2000). Otro buen indicador es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es una medida del oxígeno para la estabilización química y biológica del material orgánico

en un sistema y periodo determinado (Fernández-Araiza *et al.*, 2010), generalmente cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla y por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto. Los valores de la DBO₅ en las dos temporadas y en todas las localidades siempre se mantuvieron dentro de los límites máximos permisibles (75 mg/L) para la protección de la vida acuática, al igual que la DBO₅ la DQO en ambas épocas en la mayoría de las localidades los contenidos no superan el lineamiento para la protección de la vida acuática, indicando aguas de aceptable a excelente calidad, las lagunas que presentaron valores altos del nivel establecido fueron San Pedrito, Punteada, San Isidro, Cometa, Landero y Dren Narváez Sur

Los nitratos y el fosforo total presentaron valores adecuados para la protección de la vida acuática. Los niveles de amonio comúnmente fueron mayores al nivel frecuente en LL2007, asociados a la materia orgánica.

El Análisis Correlación Canónico de (ACC) es una técnica de ordenación directa y representa además un caso especial de regresión múltiple donde la composición de especies está directamente relacionada con las variables ambientales. (Legendre & Legendre, 1998). La relación entre las características fisicoquímicas y la abundancia de los macroinvertebrados se determinó mediante un Análisis de Correspondencia Canónico. La distribución de los invertebrados está influenciada por interacciones entre factores físicos, químicos y biológicos.

Durante el presente trabajo, en cuanto al Análisis de Correspondencia Canónico (ACC) y la correlación de las 13 variables físico-químicas entre las familias de macroinvertebrados, solo diez variables explican la distribución de las especies (VDS, CE, OD, FT, NA, AT, DQO, DBO₅, pH y Amonio). Se observó que para la temporada de secas la variable más importante fue la Conductividad Eléctrica (CE), y para lluvias los Nitratos (NA) y Visibilidad del Disco de Secchi (VDS), dichas variables se encuentran relacionadas con *N. reclinata*, así mismo la (CE) y los (NA) se encuentran relacionados positivamente ya que es una especie preferentemente de ambientes salinos a salobres donde se distribuyen abundantemente entre la vegetación sumergida, debido a sus hábitos nutritivos macrófagos (García-Cubas y Reguero, 2004), sin embargo se ve afectada por la (VDS) ya que requiere de aguas más transparentes para su desplazamiento y alimentación.

La aplicación de índices bióticos e Índice de Integridad Biótica a través de la utilización de macroinvertebrados, son actualmente los métodos más efectivos para obtener información sobre la situación de la calidad del agua de un sistema acuático (Domínguez y Fernández, 1998).

Mediante el índice de Integridad Biótica Pantanos de Centla (IIBPC) se pudo determinar que la RBPC presenta una integridad biótica de regular a buena, las condiciones de regular se debe principalmente, como ya se mencionó anteriormente a las condiciones de estrés que están teniendo algunos de estos cuerpos de aguas principalmente por las actividades petroleras (exploración y producción), las actividades antropogénicas (uso del suelo para agricultura y ganadería) (Sánchez *et al.*, 2007) y a las alteraciones hidrológicas por cambios en los volúmenes anuales.

La laguna el Loncho presento una integridad biótica excelente (clase I) el habita es óptimo para este cuerpo de agua. La integridad biótica buena (clase II) correspondió a las lagunas Landeros, Sargazal y Chichicastle ubicadas en Subcuenca del Río Chilapa, Tintal en la Subcuenca del Río

Chilapilla, Viento e Ídolos en la Subcuenca del Río Grijalva, Punteada en la Subcuenca del Río San Pedro y San Pablo y Guanal en la Subcuenca del Río Usumacinta. Estas lagunas no cuentan con núcleos poblacionales muy cercanos a excepción del Viento y Guanal donde se localizan comunidades asentadas en sus márgenes. Por lo general, se puede considerar que las condiciones de salud de estas lagunas se mantienen reflejándose en las estimaciones de los índices ecológicos. Lozano-Quilis *et al.* (1996) mencionan que el efecto de la contaminación sobre las aguas, depende en gran parte de la ubicación de éstas. Aquellas que se encuentran fuera de la influencia de las poblaciones y urbanizaciones, presentan un buen estado de conservación. Otras desafortunadamente, sufren la acción del hombre que provocan, la contaminación y por consiguiente la desaparición de la mayoría de las especies que en ellas habitan, así como la aportación de aguas de mala calidad.

La clase de integridad regular (Clase III y IV) se registró en las lagunas, Larga, Concepción y Coco tienen como afluentes a los Ríos el Quemado, Bitzal, Hormiguero y el Río el Coco (Rodríguez, 2002) donde se localizan poblaciones asentadas en sus márgenes, Sauzo, San Isidro, San Pedrito y la laguna Narváez, los Drenes Narváez Norte y Sur. Respecto a San Pedrito y el Coco este comportamiento podría estar relacionado a que son lagunas con influencia temporal de las corrientes de marea, en las cuales la salinidad alcanza su máximo en la temporada de mínima inundación, ocasionando la muerte del lirio acuático y con ello la desaparición de algunos organismos dulceacuícolas intolerantes a la salinidad. En cuanto a la laguna Narváez y Los Drenes se debe a las actividades de la industria petrolera.

Las lagunas que presentaron una integridad biótica regular se localizan en las Subcuencas del Río Grijalva, Río Chilapa, Río San Pedro y San Pablo, Río Usumacinta y la Subcuenca Lagunas de Pom y Atasta.

La alta diversidad taxonómica hace de la comunidad de macroinvertebrados una buena indicadora de la calidad ecológica de estos cuerpos de agua, ya que ofrece un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales.

Los índices de integridad biótica han sido utilizados para evaluar la calidad de los sistemas acuáticos, principalmente para los ecosistemas lóticos, que están entre los más afectados por las actividades humanas y se ha ido incrementando su aplicación a otros sistemas acuáticos como son los lóticos. A su vez, pueden ser utilizados para desarrollar criterios de conservación a nivel de ecosistemas que requieren protección, restauración y rehabilitación.

Los posibles efectos de una alteración en las condiciones del medio donde una comunidad habita, pueden deberse al grado y tipo de la perturbación, como los vertidos domésticos que agotan el oxígeno del agua y que afectan a la comunidad entera con presencia de muy pocas especies tolerantes (Prat *et al.*, 2008). Los factores que influyen en los cambios de la calidad del agua, son: cambios estacionales producidos por una serie de actividades (agrícolas y ganaderas), o por fuertes precipitaciones, cambios por incremento del flujo y velocidad del agua. Lo anterior propicia en los individuos a que desarrollen estrategias que les permiten sobrevivir a condiciones desfavorables, como puede ser el penetrar más profundamente en el sustrato, o bien, emerger como adultos justo antes de iniciarse cambios en el sistema (Ward, 1992).

Los humedales son sitios importantes para la conservación biológica sin embargo la biodiversidad en estos se ha visto reducida en todo el mundo debido al desarrollo agrícola, industrial y urbano. La acelerada degradación de los humedales y la falta de conocimientos científicos sobre los patrones de riqueza de especies en estos sistemas, traen la urgente necesidad de estudios ecológicos para proporcionar apoyo científico a los programas de manejo y conservación de la biodiversidad (Stenert y Maltchik, 2007). Estos ambientes juegan un papel muy importante proporcionando un hábitat único para una amplia variedad de flora y fauna. Ayudan a la transformación de materiales químicos y biológicos, así como, también estabilizan los suministros de agua y contribuyen en la depuración de aguas contaminadas. Varios países han implementado planes de manejo y leyes para protegerlos, congregándose alrededor de un tratado internacional que promueve la conservación y uso racional de los humedales, conocido como Convención Ramsar (Berlanga-Robles *et al.*, 2008).

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

IX. CONCLUSIÓN

Los datos aportados en el presente estudio sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la Reserva de la Biosfera Pantanos Centla, permite establecer las siguientes conclusiones de este trabajo:

La composición de especies para la RBPC fue muy diversa registrándose tres phyla: Artropoda con cuatro clases, Annelida con tres y Mollusca con dos. El mayor número de taxones lo tuvieron los artrópodos especialmente los insectos, seguidos de los moluscos y por último los anélidos.

Los insectos registraron ocho órdenes siendo los hemípteros, coleópteros y dípteros los grupos con mayor número de familias y para los gasterópodos la mejor representada fue Hydrobiidae.

La mayor abundancia se presentó en la época de lluvias (LL2006-LL2007). La laguna que presento la abundancia más alta durante los cuatro muestreos fue el Guanal y la de menor el Dren Narváez Norte.

La abundancia está dominada principalmente por los Moluscos en especial por la clase Gastropoda (66.79%), siendo *P. coronatus*, *A. clenchi* y *A. theiocrenetus* las especies más abundantes.

En cuanto a la riqueza específica la época de secas presento valores ligeramente superiores a los de lluvias. La laguna con mayor riqueza fue Punteada y Tintal, y el menos diverso el Cometa.

La diversidad (H') en la RBPC es considerada de media a alta con una baja dominancia característicos de hábitats en buenas condiciones. No se presentaron grandes variaciones en el comportamiento de la diversidad por épocas.

La mayoría de los parámetros fisicoquímicos analizados no rebasaron los límites permisibles establecidos para la protección de la vida acuática.

La temperatura del agua no presentó mayores fluctuaciones, característica principal de los ecosistemas tropicales donde las temperaturas no sufren grandes variaciones. Las lagunas tuvieron un pH ligeramente básico, con aguas bien aireadas.

Se caracterizaron aguas limnéticas con excepción de San Pedrito, Coco y Cometa que se identificaron como oligohalinas.

El análisis de la integridad biótica (IIBPC) en la RBPC caracterizo sistemas acuáticos de regular a buena existiendo una coincidencia entre las estimaciones de los valores de calidad y los índices ecológicos

Las lagunas: Larga, Concepción, Coco, Sauzo, San Isidro, San Pedrito, Narváez y los Drenes Narváez Norte y Sur, presentan un nivel de regular calidad.

De las correlaciones obtenidas diez parámetros explican la distribución de las especies VDS, CE, OD, FT, NA, AT, DQO, DBO5, pH y Amonio.

Las variables más importantes fueron Conductividad Eléctrica, Nitratos y Amonio con *N. reclinata*.

Los macroinvertebrados en la RBPC, constituyen un grupo de especies claves para el monitoreo y conservación de este ecosistema, debido a que estas comunidades son sensibles a las alteraciones de los componentes de su hábitat.

La información generada en este trabajo permitió conocer la calidad ambiental de estos sistemas acuáticos lo cual nos permite contar con un antecedente para medir cambios en el tiempo sobre la diversidad y composición de las comunidades dulceacuícolas en estudios futuros.

X. RECOMENDACIONES

Debido a la poca información que hay sobre la abundancia, distribución de los macroinvertebrados para la RBPC, es recomendable realizar estudios más intensivos en los sistemas lenticos y loticos del estado de Tabasco con la finalidad de obtener una mayor cantidad de información sobre la ecología, distribución y taxonomía de los macroinvertebrados para determinar con mayor certeza las poblaciones con mayor potencial de bioindicación con vistas a una protección del hábitat.

Probar el funcionamiento del Índice abarcando diferentes sistemas acuáticos en otras áreas geográficas del estado.

Realizar estudios experimentales de laboratorio y campo con la finalidad de establecer valores de tolerancia de macroinvertebrados para la región.

Generar claves taxonómicas a nivel de especies de macroinvertebrados acuáticos para el estado de Tabasco. Así como, la obtención de una colección biológica, que será útil para la identificación taxonómica.

XI. LITERATURA CITADA

- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), *Almaria*, vol. II: 203-213.
- Albarran-Melzer, N. 2006. Distribución y abundancia de *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Tesis de Maestría. Universidad Juárez autónoma de Tabasco. DACBio. 49 p
- Alonso A, & J. A. Camargo. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*. Vol. XIV (3):1-12.
- ALPLAKES. 2010. Alpine Lakes Network. Benthic Macroinvertebrates Community as Ecological indicator of lake status.
<http://es.scribd.com/doc/40664387/Alplakes-Ecological-Indicator-of-Lake-Status>
- Álvarez, F., J. L. Villalobos y R. Robles. 2005. Crustáceos Cap. 8:177-194. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.) *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, 386p. Instituto de Biología. UNAM-CONABIO. México, ISBN 970-9000-26-8.
- APHA. 1992. Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. 17ª. Editorial Díaz de Santos. Madrid.
- Barba, E. y J. Juárez-Flores. 2003. Macroinvertebrados dulceacuícolas de los municipios de Teapa y Tacotalpa, Tabasco, México. *Mesoamericana* 7(1):30
- Barba, E., J. Juárez-Flores y F. Estrada-Loreto. 2010. Distribución y abundancia de crustáceos en humedales de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: S153- S163.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen., B. D. Snyder., and J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bartram, J. and R. Ballance. 1996. *Water Quality Monitoring: A practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. Chapman Hill. Londres. 383p.
- Berlanga-Robles, C. A., A. Ruiz-Luna., G. E. De la Lanza. 2008. Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, Núm. 66, pp. 25-46.
- Blackwelder, R. E. 1994. *Checklist of the Coleopterous Insects of México, Central América, the West Indies, and South America*. Smithsonian Institution. United States National Museum Bulletin 185, (1):1. Washington. 188 p.

- Blocksom, A.K., P. J. Kurtenbach., J. D. Klemm., A. F. Fulk., and M. S. Cormier. 2002. Development and evaluation of the lake macroinvertebrate Integrity Index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment* 77(3): 311–333pp.
- Bueno-Soria, J., S. Santiago-Fregoso y R. Barba-Álvarez, 2005. Insectos acuáticos. Cap.9:195-224. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.) *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, 386p. Instituto de Biología. UNAM-CONABIO. México, ISBN 970-9000-26-8.
- Bucher, E., G. Castro. and V. Floris. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Washington, D.C. 1-43 pp.
- Boyd, C. E., Lichtkloper, F., 1979. Water Quality Management in Pond Fish Culture. Research and Development Auburn University. Alabama. Series (22):30.
- Carrasco, E. M. C. 2008. Integridad biótica y su aplicación a una propuesta de gestión para los ríos Tomebamba y Yanuncay en Cuenca-Ecuador. Tesis de maestría Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Qro. México. 195 pp.
- Casset, M. A., F. R. Momo & A. D. N. Giorgi. 2001. Dinámica poblacional de dos especies de anfípodos y su relación con la vegetación acuática en un microambiente de la cuenca del río Luján (Argentina). *Ecología Austral* 11:79-85.
- Carrera, C y k, Fierro. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Eco Ciencia*, Quito. Ecuador 67pp.
- CCEAH. 2006. Conceptos y Criterios para la Evaluación Ambiental de Humedales. Centro de Ecología Aplicada Ltda. Chile. 81p.
- Çamur-Elipek, B.,N, Arslan., T, Kirgiz., B, Öterler., H, Güher., N, Özkan. 2010. Analysis of Benthic Macroinvertebrates in Relation to Environmental Variables of Lake Gala, a National Park of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 235-243.
- Chu, H. F. 1949. *How to Know the Immature Insects*. William C Brown Publishers. A. 240 p.
- Chutter, F. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research* 6: 19- 30.
- Cruz-Asencio, M. 2006. Distribución y densidad de Gastropodos en dos hábitats contrastantes de tres lagunas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. DACBiol. Villahermosa Tabasco. 26 p.
- De La Lanza, E. G. 1990. *Algunos Conceptos sobre Hidrología y Calidad de Agua*. En De La Lanza, E.G., J.L. Arredondo Figueroa. 1990. *La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción (181-199)*. Capitulo V. México. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. 315p.

- De la Lanza, E. G. 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. En: C.L.R. Martínez, (Compilador). *Ecología de los Sistemas Acuícolas* (1-26). Ed. AGT Editor, S.A. México. 227p.
- De la Lanza, E.G. & M.H. Lozano. 1999. Comparación fisicoquímica de las Lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiológica* 9(1): 15-30.
- De la Lanza, E. G., S. Hernández P. y J. L., Carvajal P. (comps.) 2000. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación* (Bioindicadores). Comisión Nacional del Agua, Instituto de Biología, UNAM, México. 631p.
- Dillon, R.T. 2000. *The ecology of freshwater molluscs*. Cambridge University Press. 509p.
- Ditrich O, Scholz T., Aguirre-Macedo L., and J. Vargas-Vázquez. 1997. Larva stages of trematodes from freshwater molluscs of the Yucatan Peninsula, México. *Folia Parasitologica* (44):109-127.
- DMA 2005. Directiva Marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. Ministerio del medio ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. 49pp.
- Domínguez, E. y H. R. Fernández. 1998. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán-Argentina) medida por un índice biótico. *Serie conservación de la Naturaleza* n° 12. Fundación Miguel Lillo, República Argentina, 39 pp.
- EPA 1990. Health Assessment Document for Hydrogen Sulfide. EPA/ 600/8-86/026 A, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental criteria and Assessment Office. Research Triangle Park, NC.
- Fernández-Araiza, M. A., J. L. Gama-Flores, E. L. Payón-Meza, T. P. Ramírez, O. L. Ángeles. 2010. *Análisis de calidad del agua*. Relación entre factores bióticos y abióticos. Primera edición. FES Iztacala, UNAM. México. 119 pp.
- Fernández-Gómez, M.J. F., M. P. Galindo, J. L. Vicente-Villardón, y A. Martín, 1996. Alternativa al análisis canónico de correspondencias basadas en los métodos Bibliot. Universidad de Salamanca. *Mediterránea*. Serie de estudios biológicos. 63-71 p.
- Figueroa, R; C, Valdovinos; E. Araya y O, Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76: 275 –285.
- Gamble, D. L., S. W. Washburn and W. J. Mitsch. 2004. Macroinvertebrate abundance and diversity in two ten-year-old created wetlands. *Macroinvertebrates*. The Olenangy River Wetland Research Park, 109-124pp.
- Gamboa-Aguilar, J. 2008. Estudio de comunidades de gasterópodos en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. Tesis de Maestría. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Tabasco, México. 104p.

- García-Cubas, A. y M. Reguero, 2004. Catalogo ilustrado de moluscos gasterópodos del golfo de México y mar Caribe. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. 168 pp.
- Goldsmith, R. y D. Heyneman. 1995. "*Parasitología y Medicina Tropical*". Edit. Manual Moderno. México, D.F. 599p.
- González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez, 1996. Odonata. 147-167. En: Llorente, B.J., A. N. García y S. E. González (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. México, CONABIO-UNAM.
- Hauer, F. R., y G. A. Lamberti. 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic Press. ISBN: 0-12-332906-X. 696pp.
- Henne, L., D. W. Schneider y L. M. Martinez. 2002. Rapid assessment of organic pollution in a west-central Mexican river using a family-level biotic index J. *Environmental Planning and Management* 45(5) 613-632.
- Heino, J., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia* 418: 229 – 242.
- 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.
- IDEAM. 2001. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Adscrito al Ministerio de Ambiente, Temperatura, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>
- IREBIT-SCAOP, 1994. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. INEDITO. 102p.
- Karr, J. R. 1991. Biological Integrity: a long neglected aspect of water resource management. *Ecol. Appl.* 1:66-84.
- Karr, J. R., y D. R. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5: 55-68.
- Latha, C. and S. G. Thanga. 2010. Macroinvertebrate diversity of Veli and Kadinankulam lakes, South Kerala, India. *Journal of Environmental Biology*. 31, 543-547.
- Legendre, P. y Legendre L. 1998. Numerical Ecology. 2ª Editions. Elsevier Science B. V. Netherlands. 853 pp.
- Leiva, M. J. 2004. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Estero Peu Peu comuna de Lautaro IX Región de la Araucanía. Tesis De Licenciatura en Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco. Chile.

- LFDMA. 2009. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Diario Oficial de la Federación, Viernes 26 de Diciembre de 2008. CNA. México
- Lozano, L. 2005. La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, número 007 5-11p.
- Lozano-Quilis, M. A., F. Z. Martínez-López y A. Pujante. 1996. Estudio de los macroinvertebrados y calidad de las aguas de los pequeños ríos y arroyos de las comarcas de la provincia de valencia: l'Horta, la Foia de Bunyol y la ribera alta *Ecología N.*" 10, pp. 137-15.
- Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández., E. Díaz-Pardo., E. Soto-Galera., M. Medina-Nava y R. Pineda-López. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) base on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central México. *Hydrobiología*. Vol. 418, number 1, 57-72.
- Magurran, A. 1988. *Bio-DA. Ecological diversity and its measurement* Princeton University Press. New Jersey. 179pp.
- Magurran, E. A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. 256 pp
- Maltchik, L., A. S. Rolon and C. Stenert. 2010. Aquatic macrophyte and macroinvertebrate diversity and conservation in wetlands of the Sinos River basin. *Braz. J. Biol.*, vol. 70, no. 4 (suppl.), 1179-1184.
- Mancilla, G., C. Valdovinos, M. Azocar. 2009. Aproximación Multimétrica a la evaluación de la calidad del agua en cuencas con diferentes niveles de intervención antrópica. *Interciencia*. Vol. 34 n°12.
- Mandaville, S. M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerante Values, Metrics and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax (Project H-1). 48pp. <http://chebucto.ca/Sciences/SWCS/SWCS.html>.
- Marques, J.C., F. Salas., J. Patricio., H. Teixeira & J. M. Neto. 2009. *Ecological Indicators For Coastal and Estuarine Environmental Assessment. A user Guide*. Universidad de Coimbra. WIT PRESS. 183pp.
- Marqués, M. M y F. Barbosa. 2001. Biological quality of waters from impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiologia* 457: 69-76.
- McCafferty W. P, 1998. *Aquatic Entomology. The Fishermen's and Ecologist's: Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publisher. Boston. 448 pp
- MECA 2006. *Manual de Evaluación de Calidad del Agua*. 1ª Edición. Santiago de Chile. 93p.

- Mercado-Silva, N., J. D. Lyons, G. Salgado-Maldonado y M. Medina-Nava. 2002. Validation of fish-based index of integrity for streams and rivers of central México. *Fish Biology and Fisheries* 12: 179-191.
- Merrit, R.W. & K. W. Cummins. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 4th edition. Kendall/Hunt Publishing Company. USA. 1158 p.
- Montalvo-Urgel, H. J. Sánchez A. Florido, R. Macossay-Cortez A. A.2010. Lista de crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: S121- S131.
- Moreno, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la Biodiversidad, Universidad Veracruzana Xalapa, Ver. México 83pp.
- Muñoz- Riveaux, S.; C, Naranjo-López., G, Garcés-González., D. D. G. Lazo., Y. Musle-Cordero., L. Rodríguez-Montoya., 2003. Evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. *Revista Chapingo*. Serie ciencias forestales y del ambiente, Vol. 9, Núm. 2. 147-153pp.
- Molineri, C. 2009. A new species of Caenis (Ephemeroptera: Caenidae) from Colombia. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 68 (3-4): 283-285.
- Naranjo-García, E. y G. Meza Meneses. 2000. Moluscos. En: De la Lanza Espino, G., S. Hernández P. y J. Carvajal P. (comps). *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Comisión Nacional del Agua, Instituto de Biología, UNAM, México. 631p
- O'Connor, J. R., E. T. Walls y Hughes, M. R. 2000. Using multiple taxonomic groups to Index the Ecological Condition of Lakes. *Environmental Monitoring and Assessment* 61:207–228.
- OECD, 1991. Organization for Economic Cooperation and Development Environmental Indicator, 8-10 p.
- Ojasti, J. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. F. Dallmeier (Ed) SIMAB. Series No. 5. Smithsonian Institution/ Mab, Program. Washington D.C. 107p.
- Olomukoro, J. O. 2007. Salinity and the Macrobenthic Community Structure in *Eichhornia crassipes* of Warri River, Nigeria. *Journal of Biological Sciences*, 7(2): 309-314.
- Ortiz-Lezama, O.M. 2001. Estudio taxonómico de Gasterópodos de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. DACBiol. 105 p.
- Ortiz-Lezama, O.M. 2009. Estructura y Composición de Moluscos Bentónicos de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de Maestría. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. DACBiol. 119 p.

- Peralta, L. A., C. Deloya y P. Moreno-Casasola. 2007. Insectos acuáticos asociados a los lagos interdunarios de la región central del estado Veracruz, México. Ecology, behavior and bionomics. *Neotropical entomology* 36 (3).
- Peralta, P. L. A. 2007. Diseño de un índice de integridad biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz, México. Tesis Doctoral Ciencias Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 130p.
- Perera, G., M. Yong, y J. R. Ferrer. 1989. Ecology and control of *Biomphalaria peregrina* in Cuba. *Journal of Medical and Applied Malacology*.(1):75-81.
- Perera, G., M. Yong, J. R. Ferrer, A. Gutiérrez, y J. Sánchez. 1995. Ecological structure and factors regulating the population dynamics of the freshwater snail population in Hanabanilla Lake, Cuba. *Malacological Review*, 28:63-69.
- Perera, G., R. Sánchez, M. Yong, J. R. Ferrer y O. Amador. 1986. Ecology of some freshwater pulmonates from Cuba. *Malacological Review*, 19:99-104.
- Pérez-Munguía, M. R., L. F. R. Pineda y C. V. Campos. 2004. Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. *Facultad de biología. Biológicas* N°6. 37-47.
- Pérez-Munguía, M. R. y R. P. López. 2005. Diseño de un índice de integridad biótica para ríos y arroyos del centro de México, usando las asociaciones de macroinvertebrados. *Entomología Mexicana* 4:241-245.
- Pérez-Munguía, M. R., R. P. López y M. M. Nava. 2007. Integridad Biótica de ambientes acuáticos. Evaluación y seguimiento. En: Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Sambrano, L. (editores). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología. México. 294p.
- Plafkin, J. L., M.T. Barbour, K. D. Porter, S.K. Gross, y R. M. Hughes, 1989. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 440/4-89/001. 8 chapters, Appendices A-D.
- Poi de Neiff, A., J. J. Neiff. 2006. Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río Paraná (Argentina) *Interciencia* Vol. 31 N° 3.
- Pointier, J. P., A. Guyard y A. Mosser 1989. Biological control of *Biomphalaria glabrata* and *B. straminea* by the competitor snail *Thiara tuberculata* in a transmission site of schistosomiasis in Martinique, French West Indies. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 83(3):263-269.

- Poretti, T. I., M. A. Casset y F. Momo. 2003. Composición química y dinámica poblacional de *Hyalella curvispina* en el arroyo las Flores (Cuenca del Río Luján) Argentina. *Biología Acuática*, N° 20. 47-48.
- Prat, N., B. Ríos., R. Acosta y M. Rieradevall, 2008. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la calidad de las agua. (Este trabajo forma parte del libro: *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. E. Domínguez y H. R. Fernández (Eds.). Publicaciones especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina.
- Rangel-Ruiz, L. J. y J. Gamboa-Aguilar. 2000. Gasterópodos epicontinentales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco". *Universidad y Ciencia*, 15(30):129-140.
- Rodríguez, E. 2002. *Las Lagunas Continentales de Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 264 pp.
- Roldan, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia. *Editorial presencia*, Bogotá. 217pp.
- Rosenberg, D. M. and V. H. Resh, 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York London. 488 pp.
- Sánchez-Fernández, D., P. Abellán., F. Camarero., E. Íñigo., C. Gutiérrez-Cánovas., I. Ribera., J. Velasco., & A. Millán., 2007. Los macroinvertebrados acuáticos de las Salinas de Añana (Álava, España): Biodiversidad, vulnerabilidad y especies indicadoras. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, n° 40: 233-245.
- Sánchez, A.J., M.A. Salcedo, R. Florido, C. Rodríguez, A. Galindo y E. Moguel. 2007. *Pantanos de Centla, un humedal costero tropical*. In De la Lanza Espino. G. y S. Hernández Pulido.(eds.). *Las aguas interiores de México: Conceptos y Casos*. AGT, D.F., México. 695p.
- Sandoval, J.C y I. F. Molina-Astudillo, 2000, Insectos, pp.405-550, En: De la Lanza Espino, G., S. Hernández Pulido y J. L. Carvajal P. (comps). *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Comisión Nacional del Agua, Instituto de Biología, UNAM, México. 631p.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *ECOTROPICOS* 16(2):45-63 2003. Sociedad Venezolana de Ecología.
- SEMARNAP-INE. 2000 Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tab. México. 222 p.
- Sharitz, R. R. & D. P. Batzer. 1999. An introduction to freshwater wetlands in North America and their invertebrates. In *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: ecology and management*, D.P. Batzer, R.B. Rader y S.A. Wissinger (eds.). Willey, New York. p. 1-21.

- Smith G, D. 2001. *Pennaks Freshwater Invertebrates of the United States*. Cuarta Edición. Wiley Editores.
- Szalay, F. A. and V. H. Resh. 1996. Trophic relationships among aquatic macroinvertebrates in a seasonal marsh *Wetlands*, Vol. 16. No. 4. 458-466pp.
- Stenert, C. and L. Maltchik. 2007. Influence of area, altitude and hydroperiod on macroinvertebrate communities in southern Brazil wetlands. *Marine and Freshwater Research*, 58, 993-1001.
- Springer, M., D. Vasquez, A. Castro & B. Kohlmann. 2007. Bioindicadores de la calidad del agua. EARTH, UCR. Guía ilustrada de campo, 6 pp.
- Thorp, H. J, Covich P. A. 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater invertebrates*. Second edition. Academic Press. USA. 1056 pp.
- Trama, F.A., F.L. Rizo-Patrón y M. Springer. 2009. Macroinvertebrados bentónicos del humedal de Palo Verde, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 57 (Suppl. 1): 275-284.
- Triplehorn, C. A., N. F. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's. Introduction to the Study of Insects*. 7th Edition. C.A. Thomson Brooks/Cole, Belmont, California. 864 pp.
- Vidal-Martínez, V. M., M.L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís, E. Mendoza-Franco. 2002. *Atlas de los helmintos parásitos de ciclidos de México*. Instituto Politécnico Nacional. México. 183 pp.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic insect Ecology, 1. Biology and habitat*. John Wiley y Sons, Inc. Editors N. York, EE.UU. 438 PP.
- Water and Rivers Commission (WRC). 2001. Water Facts. Water quality and macroinvertebrates. 2da edición.
- Weigel, B. M., J. L. Henne, L. M. Martinez-Rivera. 2002. Macroinvertebrate-based index of biotic integrity for protection of streams in west-central Mexico. *Benthol. Soc.*, 21(4):686-700.
- Whiles, M. R. and B. S. Goldowitz. 2005. Macroinvertebrate Communities in Central Platte river wetlands: Patterns across a hydrologic gradient. *WETLANDS*, Volume 25, No. 2. pp. 462-472. The Society of Wetland Scientists
- Wiggins, G.B. 1996. *Larvae of North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. 2nd ed. University of Toronto Press, Toronto 401pp.
- Zamorano, P. 2009. La flora y fauna silvestres en México y su regulación. *Estudios Agrarios*. p 159-167.