

LA ESTACIÓN LIMNOLÓGICA DE PÁTZCUARO 1938-2008

Fernando Walter Bernal Brooks
Editor



Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua



FUNDACIÓN
GONZALO RÍO ARRONTE (FARR)



LA ESTACIÓN
LIMNOLÓGICA
DE PÁTZCUARO
1938-2008

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INIRENA-FACULTAD DE BIOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE PESCA
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
DE PÁTZCUARO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES-IZTACALA

LA ESTACIÓN
LIMNOLÓGICA
DE PÁTZCUARO
1938-2008

Fernando Walter
Bernal Brooks
Editor

La presente obra fue editada bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte, I. A. P. y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en el marco del “Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del lago de Pátzcuaro”. Asimismo, se contó con financiamiento por parte de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán y el Instituto Nacional de Pesca.

© FERNANDO W. BERNAL BROOKS (EDITOR)

bbrooks@jupiter.umich.mx

58000, Morelia, Michoacán

ISBN 13: 978-97095575-3-4

Primera edición: octubre de 2008

Derechos reservados conforme a la ley

Impreso en México — *Printed in Mexico*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	9
A MANERA DE PREFACIO	
Fernando W. Bernal Brooks	11
INTRODUCCIÓN	
Fernando W. Bernal Brooks-Javier Alcocer Durand	13
PRIMERA ETAPA	
Fernando W. Bernal Brooks-Javier Alcocer Durand	15
SEGUNDA ETAPA	
Fernando W. Bernal Brooks-Javier Alcocer Durand	25
TERCERA ETAPA	
Fernando W. Bernal Brooks-Javier Alcocer Durand	29
LOGROS EN LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN SUSTANTIVAS	32
<i>El lago de Pátzcuaro</i>	
Alberto Gómez-Tagle Chávez-Claudia de Jesus Avendaño-Javier Alcocer Durand-Fernando W. Bernal Brooks	32
<i>El lago de Zirahuén</i>	
Fernando W. Bernal Brooks	36

Limnología regional

- Ezequiel Arredondo Vargas-Nicolás Hernández Zárate-
Claudio Osuna Paredes-Claudia de Jesus Avendaño-
Claudia Zúñiga Pacheco-Fernando W. Bernal Brooks 38

Cultivo del pescado blanco

- Georgina Mares Báez-Sesangari Galván Quesada-Sergio
Sabanero Meza 52

Acciones gubernamentales

53

Evaluaciones pesqueras

- Carlos Meléndez Galicia-Ezequiel Arredondo Vargas-
Daniel Hernández Montaña-Claudia Zúñiga Pacheco 64

INVESTIGACIÓN DEL PESCADO BLANCO DESDE LOS
RECINTOS UNIVERSITARIOS (*ADENDUM*)

66

PERSPECTIVA

- Claudia Zúñiga Pacheco-Fernando W. Bernal Brooks-
Javier Alcocer Durand 70

ANEXOS

73

Anexo 1 Mapas del lago de Pátzcuaro

74

*Anexo 2 Evidencias fotográficas de los cambios morfométricos
ocurridos al lago de Pátzcuaro*

83

BIBLIOGRAFÍA

89

AGRADECIMIENTOS

La presente obra denominada *La Estación Limnológica de Pátzcuaro* reconoce la destacada actuación de los intelectuales españoles refugiados en México en el campo de las ciencias naturales y, en particular, al doctor Fernando de Buen, quien participó durante la primera etapa de la Estación Limnológica de Pátzcuaro como asesor científico, además de ser docente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

El doctor de Buen fue considerado por el eminente profesor José Álvarez del Villar como el iniciador de los estudios modernos en ictiología. Además, la limnología en México comenzó con sus estudios de los lagos michoacanos de Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo. Así, la huella de dichos esfuerzos pioneros quedó documentada en artículos difundidos no sólo a nivel local en los *Trabajos e Investigaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro*, sino también a nivel nacional en la *Revista de la Sociedad Mexicana Historia Natural* y los *Anales del Instituto de Biología*, principalmente.

En la actualidad, diversas instituciones interesadas en los recursos acuáticos de Michoacán unieron esfuerzos con el CRIP de Pátzcuaro —Exestación Limnológica de Pátzcuaro— para la realización de este libro y dejar así un sucinto testimonio de setenta años de investigación en el lugar designado para establecer un centro de estudios sobre las aguas interiores del país. De esta forma, la suma de voluntades hacia un objetivo

común representa un logro muy significativo para todas y cada una de las instituciones participantes en términos de cooperación y utilización óptima de los recursos materiales, humanos y financieros destinados a la investigación.

Un reconocimiento, en particular, por el financiamiento de la obra a la Fundación Gonzalo Río Arronte y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) y al Instituto Nacional de Pesca, lo que significa un meritorio apoyo a esta institución en Pátzcuaro en el interés genuino de todos por preservar un lugar dedicado tradicionalmente a la investigación, debido a que no existe una estación de campo similar en el país.

El editor extiende las gracias a las instituciones y cada uno de los participantes en su carácter de investigadores, estudiantes y trabajadores, que con su contribución hicieron posible la realización del presente libro.

A MANERA DE PREFACIO

El editor del presente documento inició sus estudios sobre las aguas continentales del país en 1978 como ayudante de laboratorio en la División de Investigación en Aguas Continentales a cargo del biólogo Carlos del Río Echeverría, en las oficinas centrales del Instituto Nacional de la Pesca (INP), ciudad de México.

Las primeras comisiones, tanto a la presa de la Angostura (Chiapas) como a la Miguel Alemán (Oaxaca) y el lago de Chapala (Jalisco), abrieron paso a un proceso formativo en el área de estudio de las aguas continentales con el apoyo de la bióloga Iliana Lee Gabrelian y el ingeniero Akio Nakazawa de Japan International Cooperation Agency (JICA). A partir de 1979, el INP le confirió al que suscribe la responsabilidad de llevar a cabo dos proyectos: “Evaluación de las Pesquerías en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Mich.-Gro.” y “Limnología y Productividad en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Mich.-Gro”. Este hecho permitió a su vez la realización de la tesis de licenciatura “Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la presa Adolfo López Mateos ‘Infiernillo’ (Michoacán-Guerrero)” con base en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Así, la primera visita a la Estación Limnológica de Pátzcuaro ocurrió en 1979, como punto intermedio para llegar a la citada presa desde la ciudad de México. Mi recuerdo inicial al observar el lago de Pátzcuaro fue de un cuerpo de agua de pequeñas dimensiones en comparación con otros lugares visi-

tados anteriormente, sin mucho entusiasmo para trabajar en el sitio porque además ya había ahí otros dos compañeros del INP realizando estudios. Sin embargo, en 1980, tras la oportunidad de realizar un recorrido alrededor de la cuenca lacustre de Pátzcuaro cambió la percepción anterior por la de un verdadero mosaico de condiciones ambientales al interior del medio acuático, comparativamente con El Infiernillo. No sólo eso, sino la presencia a escasos 17 kilómetros del “lago azul” de Zirahuén, con características totalmente distintas a otros cuerpos de agua regionales, dio vuelo a la imaginación de un laboratorio natural en la región para el estudio de la limnología. El panorama de situaciones contrastantes entre distintos cuerpos de agua a una distancia relativamente corta, sin duda, da significado a una Estación Limnológica de Pátzcuaro en el lugar elegido hace setenta años. Así, las siguientes tesis realizadas versan sobre los lagos de Zirahuén (maestría, por la Universidad de Guelph, Canadá) y Pátzcuaro (doctorado por la Facultad de Ciencias de la UNAM).

El presente documento trata principalmente sobre los logros obtenidos en la Estación Limnológica de Pátzcuaro (ahora CRIP-Pátzcuaro) desde sus inicios, con un testimonio en imágenes y datos sobre la transformación ocurrida al lago de Pátzcuaro durante el siglo pasado a consecuencia de un descenso en el nivel del agua del orden de seis metros fundamentalmente, la afectación al lago de Zirahuén, así como el avance en la limnología regional de Michoacán; el progreso en el cultivo del pescado blanco tanto en el ámbito de gobierno como el universitario; y las evaluaciones pesqueras que han permitido establecer medidas de regulación para la explotación de las poblaciones de peces en diversos sitios.

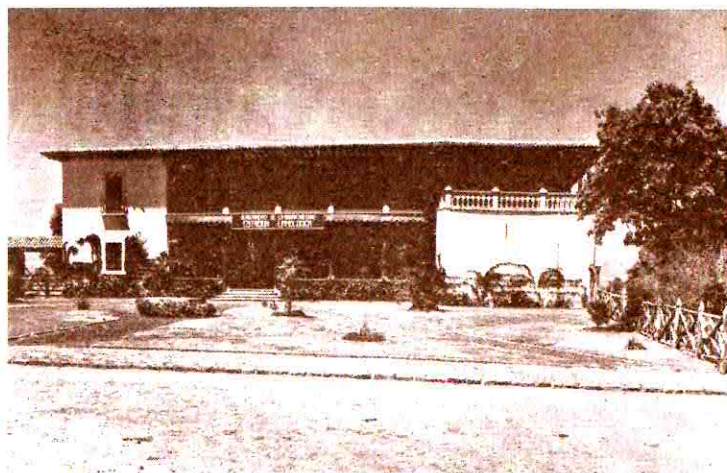
FERNANDO W. BERNAL BROOKS

INTRODUCCIÓN

El edificio localizado a las orillas del lago de Pátzcuaro que comparten actualmente las secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) lleva el recuerdo de una actividad científica importante por parte de investigadores de las ciencias acuáticas tanto nacionales como extranjeros. Desgraciadamente, los cambios de administración gubernamental trajeron consigo nuevos planes de tal forma que los objetivos y metas trazados originalmente quedaron atrás.

Con el tiempo nuevas personas llegaron al lugar, otras cambiaron de adscripción o dejaron las instalaciones y el significado científico del inmueble casi pasó al olvido. Por consiguiente, el presente documento intenta recopilar los logros alcanzados a setenta años de la inauguración de la Estación Limnológica de Pátzcuaro para dejar testimonio de la importancia del sitio como estación de campo, con una remembranza de los trabajos realizados directamente por el personal adscrito a esta sede o indirectamente a través de apoyar a investigadores de otras instituciones nacionales y extranjeras.

La Estación
Limnológica de
Pátzcuaro (circa 1940),
de Buen.



PRIMERA ETAPA

El periodo presidencial del general Lázaro Cárdenas del Río (1934-1940) contó, por primera vez, con un Plan de Aguas Interiores. Los objetivos y metas trazados en aquella época para la ejecución por parte del Departamento de Caza y Pesca, dieron lugar a una solicitud de asistencia técnica del extranjero.

En 1936, dos técnicos japoneses contratados por el gobierno de México, los doctores Yoshiichi Matsui y Toshie Yamashita, recomendaron destinar el casco de la hacienda de Ibarra para el establecimiento de una instalación de investigación limnológica (Matsui y Yamashita 1936) y proyectaron asimismo el plan de trabajo a desarrollar (Matsui y Yamashita 1937). Así, la remodelación e inauguración de la Estación Lim-



La Estación
Limnológica
de Pátzcuaro
(2008), *Fernando Bernal.*



Doctor Fernando
de Buen.

nológica de Pátzcuaro, a finales de 1938, permitió estudiar los lagos michoacanos y, a la vez, dar inicio a la limnología como una nueva disciplina en México.

Entre 1938 y 1939, la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Estación Limnológica de Pátzcuaro realizaron en forma conjunta el primer mapa del lago de Pátzcuaro, a partir de un levantamiento de campo efectuado por estudiantes en prácticas (de Buen 1941a: mapa adjunto entre las páginas 22 y 23). También en 1939, México recibió a un grupo de

intelectuales españoles refugiados de la guerra civil en su país. Entre ellos se encontraba el doctor Fernando de Buen, quien se integró en forma entusiasta a la Estación Limnológica de Pátzcuaro como asesor científico, igualmente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo como docente.

El ingeniero Manuel Zozaya Collada (1940), director de la estación en aquel entonces, dio a conocer los propósitos y planes de acción que orientaron el rumbo de la investigación en aquella época y que, curiosamente, permanecen sin cambios hasta la actualidad. Los fines de la Estación Limnológica de Pátzcuaro son los siguientes (Zozaya 1940):

- 1° El estudio, mejoramiento e impulso de las distintas variedades de peces que pueblan este lago (Pátzcuaro), principalmente el pescado blanco, el cual está siendo objeto de estudio especial por los técnicos de esta estación a fin de mejorar su propagación y reglamentar la pesca en general de estas aguas.
- 2° El estudio hidrobiológico del lago de Pátzcuaro, el cual comprende: la investigación biológica aplicada, la investigación biológica netamente pura, el conocimiento de sus condiciones físico-químicas y geológicas, y el estudio orográfico del citado lago.
- 3° Realizar los trabajos comprendidos en el 1° y 2° puntos, en los lagos de Chapala, Cuitzeo, Zirahuén, ríos y presas comprendidas en el estado de Michoacán y estados circunvecinos.
- 4° Repoblar con las especies ictiológicas más adecuadas, los sitios comprendidos en el párrafo inmediato anterior.
- 5° Ensayar el cultivo de nuevas especies que convivan con las existentes y que aumenten la riqueza pesquera de la región.

De 1939 a 1942 aparecen una serie de publicaciones locales bajo el nombre de "Trabajos" o "Investigaciones" de la Estación Limnológica de Pátzcuaro. Posteriormente el doctor de Buen sintetiza el avance de los estudios pioneros de limnología en tres artículos publicados a nivel nacional (de Buen 1943, 1944a y 1944b) que tratan en general sobre los lagos de Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo. El doctor José Álvarez del Villar, eminente ictiólogo, reconoció, posteriormente, al doctor de Buen como el iniciador del estudio contemporáneo de los peces mexicanos.

Secretaría de la Marina Nacional

Dirección General de Pesca e Industrias Conexas

Investigaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro.



Pátzcuaro,
Michoacán.

Por otro lado, un equipo de investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ancona *et al.* 1940) realizó un "Prospecto biológico de Pátzcuaro" y las investigaciones del doctor Bibiano Fernández Osorio-Tafall (1941, 1944) por parte del Instituto Politécnico Nacional aportaron mayores conocimientos sobre el lago de Pátzcuaro. En particular, el artículo "Biodinámica del lago de Pátzcuaro. Ensayo de interpretación de sus relaciones tróficas", contiene un interesante enfoque funcional sobre el ecosistema lacustre.



Doctor Bibiano
Fernández Osorio-
Tafall.

En 1941, el doctor Edward S. Deevey Jr., científico estadounidense del Departamento de Biología del Instituto del Arroz (Houston, Texas) visitó la Estación Limnológica de Pátzcuaro y obtuvo un núcleo de 6.2 m de largo del sedimento del lago para analizar el polen (Deevey 1944). Para 1957, el mismo autor publicó 15 años de trabajo intermitente entre México y El Salvador en su artículo "Limnological studies in Middle America with a chapter on Aztec Limnology". En este documento, Deevey expresa que Pátzcuaro es "el único lago en 'América Media' (México a Panamá) estudiado en todos sus aspectos", así como "uno de los mejor conocidos en el continente".

En esta primera etapa, el eje central del pensamiento del doctor de Buen (1943) sobre los lagos michoacanos conforma una teoría de evolución lacustre resumida en el siguiente párrafo: "Los lagos michoacanos evolucionan desde su origen, acercándolos hacia la muerte al cambiar sus actuales cuencas anegadas, por valles con espesos sedimentos, que formarán un



El lago de Zirahuén
(2004), *Fernando Bernal*.

llano casi horizontal marginado de las elevaciones antes vertientes del lago". En este proceso de evolución, Zirahuén representa un lago joven por sus aguas azules y profundas; Pátzcuaro un lago maduro con escasa profundidad y aguas verdes o amarillas; y finalmente Cuitzeo, un lago senescente, próximo a la extinción, como una cuenca lacustre que forma un terreno



El lago de Pátzcuaro
(2004), *Fernando Bernal*.

plano consecuencia de una acumulación severa de sedimentos.¹ En el "envejecimiento" de los lagos michoacanos, el fac-

¹ Más de cinco décadas después, Bernal Brooks (1998) discute la marcada influencia de la teoría del doctor de Buen como un paradigma de la limnología regional en Michoacán en el punto de vista de autores subsecuentes (Solórzano Preciado 1955, Deevey 1957, Mendivil *et al.* 1980, López 1982, Alvarado *et al.* 1985, Chacón y Muzquiz 1991, Chacón *et al.* 1991, Chacón 1993a y b, y Cruz 1995), y asimismo pone en consideración algunas

tor de degradación que acelera la “edad” radica en la secuencia deforestación-erosión-transporte de sedimentos-acumulación de sedimentos en la cuenca lacustre, que transforma las “aguas azules, transparentes y profundas” mediante el “hacha del leñador, con despiadada tala y por la destrucción suicida del bosque por acción del fuego”. El cambio de coloración del agua sugiere a la vez un acarreo de sustancias químicas procedentes de la cuenca de drenaje con los sedimentos. En el caso de Pátzcuaro, en particular, de Buen considera que “ha disminuido la profundidad del lago, ha suavizado las irregularidades del fondo, sus aguas por la polución de arcillas colorean de verde o amarillo, dejan su antigua transparencia y el color azul”.

Simultáneamente, el doctor de Buen plantea, con base en la diferencia de altitud entre los lagos y la similitud de su ictiofauna, la posibilidad de una conexión entre Zirahuén, Pátzcuaro, Lagunillas y Cuitzeo a través de un tributario ancestral del río Lerma. Sobre el particular, el doctor Álvarez (1972) sugirió una relación distinta entre los cuerpos de agua michoacanos a partir de las especies de peces presentes en la región: “Probablemente por donde ahora se encuentran Zirahuén y Pátzcuaro, hubo una corriente que fluía desde las cercanías de Uruapan hacia Zacapu y de ahí las aguas llegaban al Lerma. Debido a fenómenos tectónicos, posiblemente por la interposición de corrientes basálticas, se incomunicó en la parte superior de la cuenca hipotética, una porción de pequeños riachuelos de montañas cuyos restos quedan hacia la presa de Santa

evidencias actuales que dejan sin soporte al esquema general de evolución lacustre. No obstante, el mérito del doctor de Buen radica en la creatividad para generalizar y proponer una teoría a partir de elementos básicos de altitud, profundidad y apariencia física de los lagos, en una época en que los recursos materiales disponibles eran escasos y las técnicas de análisis bastante rudimentarias.



Catarina. El lago de Zirahuén se formó por otra intercepción que lo separó de la zona de Pátzcuaro y más tarde surgió la barrera ecológica entre el área que ocupa el lago de Pátzcuaro, que podemos suponer mucho más profundo antes que ahora y la extensión llamada Ciénega de Zacapu.²... Estos fenómenos separaron una región superior pobremente drenada y tres unidades lénticas con ictiofauna muy semejante, cuya diferencia-

Lago Cuitzeo
(2005), *Fernando Bernal*.

² En el tema de una posible conexión lago a lago desde el punto de vista geológico, Garduño *et al.* (2002) discuten la improbable unión entre Zirahuén y Pátzcuaro y, más bien, proponen una vía de intercomunicación entre Cuitzeo y Zacapu.

ción es apenas específica o subespecífica... El lago de Cuitzeo es endorreico como Pátzcuaro y Zirahuén, pero su separación de la corriente principal parece más reciente, ya que no alberga especies endémicas, sino que su fauna ictiológica es prácticamente la misma que en la corriente principal del Lerma”.

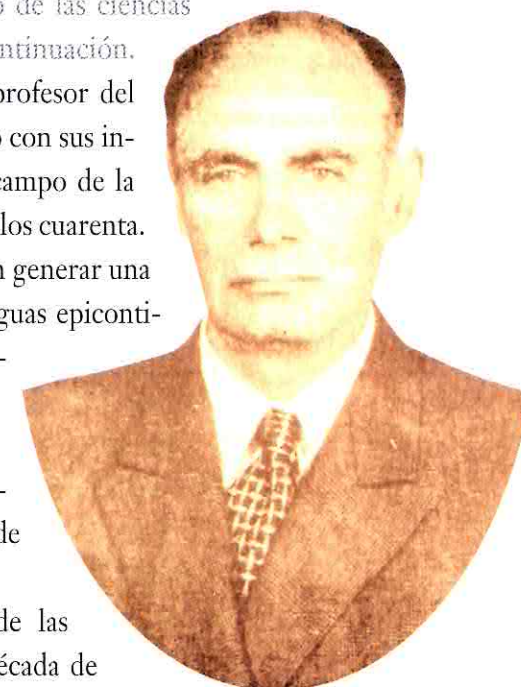
En uno de los últimos informes que realiza en la Estación Limnológica de Pátzcuaro en agosto de 1943, el doctor Fernando de Buen propone la creación de un Instituto de Investigaciones Pesqueras en virtud de la necesidad de ahondar en las investigaciones pesqueras. Dicha institución llegó a ser realidad 19 años más tarde con el establecimiento del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras (INIBP) en 1962 (actualmente Instituto Nacional de Pesca). En tanto, el progreso obtenido con las contribuciones pioneras en este campo menguó temporalmente por la falta de un desarrollo continuado en esta disciplina. “Desafortunadamente parte de la tradición limnológica que empezó con Cuesta-Terrón, de Buen, Osorio-Tafall, Rioja y Álvarez se ha perdido y ahora existen esfuerzos aislados” (Arredondo 1987).

SEGUNDA ETAPA

A mediados de la década de 1940 surge la necesidad de contar con un inventario nacional de cuerpos de agua, la cual continúa actualmente. En un inicio, Osorio-Tafall realizó una primera contribución (1946) que continuaron Tamayo (1962) y Tamayo y West (1964). Las dos instituciones académicas más importantes a nivel nacional: el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) conservaron el liderazgo en el ámbito de las ciencias acuáticas, como se señala a continuación.

El doctor José Álvarez del Villar, profesor del IPN y michoacano de nacimiento, dio paso con sus investigaciones a un nuevo periodo en el campo de la ictiología desde principios de la década de los cuarenta. El doctor Álvarez (1950) fue el primero en generar una clave para la identificación de peces de aguas epicontinentales en México y dos de sus contribuciones principales en hidrobiología incluyen una revisión bibliográfica en biología acuática, oceanografía, peces y aspectos relacionados (Álvarez *et al.* 1961) y más tarde la publicación de un libro (Álvarez 1981).

Los altos estándares académicos de las instituciones mexicanas, a finales de la década de los cincuenta y principios de los sesenta del siglo xx,



Doctor José Álvarez del Villar.

produjeron profesionales calificados con trabajos interesantes sobre Pátzcuaro. Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- ✓ Aurelio Solórzano Preciado, biólogo del IPN radicado en la Estación Limnológica de Pátzcuaro. Describe la pesquería del lago de Pátzcuaro y su importancia regional (1955) y realiza contribuciones subsecuentes sobre dos especies de *aterínidos* locales: el “charal prieto” *M. attenuatum* (1961) y el “pescado blanco” *M. estor* (1963). Los dos estudios anteriores incluyen muestras obtenidas en 1956 y 1959 con un enfoque de ciencia básica ligado al manejo de las pesquerías. Sobre *M. estor* comenta lo problemático que resulta el confinamiento de organismos adultos procedentes del medio silvestre.

Al frente de la Estación Limnológica de Pátzcuaro, Solórzano apoyó a Guillermo Mendoza (1962) en el estudio de los ciclos reproductivos de tres especies de *goodeidos*. Posteriormente, cambió su ubicación al Instituto de Investigaciones Biológico-Pesqueras (INIBP) en la ciudad de México. Desde esta nueva posición apoyó a Clyde D. Barbour (1973), estudiante de la Universidad de Tulane —Nuevo Orleans, Louisiana, Estados Unidos—, para llevar a cabo parte de sus estudios doctorales sobre el género *Chirostoma* —ahora *Menidia*— y para el uso de las instalaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro en 1963. El doctor Barbour llegó a Pátzcuaro en compañía del doctor Salvador Contreras Balderas, estudiante también de la Universidad de Tulane —profesor emérito de la Universidad de Nuevo León— y la colecta de especímenes en Pátzcuaro y el área circunvecina contó con la cooperación entusiasta del encargado de la Estación, el señor Juan Pizá Márquez (Barbour 1973).

- ✓ En 1963, el profesor Rafael de Buen presentó a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo una iniciativa para promover un estudio monográfico sobre el lago de Pátzcuaro, como continuación del trabajo realizado por su hermano Fernando. Asimismo, realizó gestiones ante la Secretaría de Marina para que la Estación Limnológica de Pátzcuaro formara parte de la Universidad Michoacana. El edificio, prácticamente abandonado para la época, ofrecía la posibilidad de reacondicionamiento y utilización con fines didácticos y científicos para los alumnos de la carrera de Biología y como centro de base para el estudio de los problemas ecológicos y ambientales de la cuenca de Pátzcuaro.
- ✓ También, en 1963, el biólogo Mateo Rosas Moreno de la UNAM, llegó a la Estación Limnológica de Pátzcuaro. Su tesis de licenciatura versó sobre la acuacultura del “pescado blanco” del lago de Pátzcuaro (Rosas 1967) y sus experiencias fueron documentadas de manera amplia en libros que incluyen a *M. estor* (Rosas 1970), otras especies del mismo lago (Rosas 1976a) e incluso una obra más general sobre los peces dulceacuícolas de importancia comercial en México (Rosas 1976b). Los trabajos realizados entre 1963 y 1967 por mantener a *M. estor* fuera del hábitat natural culminan con el logro de la fertilización artificial en forma manual y el uso de las raíces del lirio acuático *Eichhornia crassipes* como sustrato adherente del huevo fertilizado y medio de propagación hacia afuera del lago de Pátzcuaro (Rosas 1970). Bajo la dirección del biólogo Rosas, los ejemplares confinados en estanques de la Estación Limnológica alcanzaron las primeras etapas

de vida con una alimentación a base de zooplancton obtenido en el lago. En estas condiciones, la edad de primera maduración sexual ocurrió a los 13 meses. Con el dominio de la reproducción artificial del pescado blanco, el Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA 1972-1976) a cargo del biólogo Mateo Rosas con sede en las instalaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro, llevó a efecto la introducción de ésta y otras especies en diversos cuerpos de agua de México, sin un registro disponible a la fecha de los sitios sembrados.

Así, durante las décadas de los sesenta y setentas, la Estación Limnológica de Pátzcuaro adquirió más bien el carácter de una instalación de acuicultura de importancia nacional que contó, finalmente, con presupuesto para llevar a cabo la reconstrucción del edificio en 1975. Fuera del esquema estrictamente acuicultural, Rosas (1976b) y Lara (1982) realizaron observaciones sobre la existencia de distintos tipos de hábitat en el lago de Pátzcuaro y, en particular, el segundo autor describe en un mapa las diferentes zonas existentes al interior del cuerpo de agua y asocia una distribución diferencial de especies de peces, en coincidencia con el punto de vista puesto a consideración por de Buen (1939). Asimismo, Rosas y Lara apoyaron a Ronald A. Brandon (1970) en su estudio del achoque *Ambystoma dumerilii*, especie endémica del lago de Pátzcuaro.

Al final de la existencia del FIDEFA, Armijo y Sasso (1976) retomaron el transporte de *M. estor* a partir de huevos fecundados desde el lago con observaciones preliminares sobre incubación y alevinaje en acuarios.

TERCERA ETAPA

Una nueva etapa en la limnología mexicana inicia a mediados de los setentas con el resurgimiento de estudios sobre lagos y presas mexicanos, aunque con reconocimientos de campo esporádicos por parte de investigadores nacionales (Mendivil *et al.* 1980; Téllez y Motte 1980). A partir de esta época los cuerpos de agua representan por sí mismos el objeto de estudio y no un aspecto colateral ligado al conocimiento de un grupo taxonómico.

Los libros de texto clásicos de limnología (*p.ej.*, Welch 1952, Hutchinson 1957, Wetzel 1975) constituyen el punto de partida y la referencia obligada en la interpretación de los casos de estudio locales. Sin embargo, las diferencias encontradas en la literatura procedente de la zona templada del hemisferio norte y los lagos del centro de México radican fundamentalmente en el origen de los lagos —glaciares *vs.* volcánicos y tectónicos— y una dinámica estacional distinta (*p.ej.*, cuatro estaciones del año *vs.* dos). Este hecho marca la necesidad de desarrollar un marco conceptual propio y congruente con el contexto local. Asimismo, la importancia de los trabajos de campo de largo plazo, implícita en los trabajos de de Buen (1941b) y Zozaya (1941) mediante observaciones sistemáticas y continuas en ciclos anuales, fue revalorada parcialmente cerca de 40 años después. Por ejemplo, los estudios de Ordóñez *et al.* (1982) sobre el lago de Zirahuén, contienen datos mensuales obtenidos entre 1977 y 1978.



Doctor Ricardo Klimek (izquierda) y Fernando Bernal Brooks (derecha).

La Estación Limnológica de Pátzcuaro, al ser reacondicionada en 1975, resultó un lugar atractivo para alojar a la Delegación Federal de Pesca en el estado de Michoacán (1979), dependencia con sede original en la ciudad de Lázaro Cárdenas que a su vez formaba parte del Departamento de Pesca. La posición estratégica del inmueble desde el punto de vista político

creció aún más por la cercanía al gobierno estatal en la capital del estado, en Morelia. Como resultado, la infraestructura de investigación quedó reducida a una Oficina de Investigación y Tecnología, que sin embargo vuelve a cobrar importancia gradualmente con la dotación de nuevo equipamiento por parte de la División de Investigación en Aguas Continentales del INP, en la preocupación del biólogo Carlos del Río Echeverría por la inminente desaparición de la Estación Limnológica de Pátzcuaro. La instalación en el mismo edificio del Centro Regional de Asistencia Técnica para Acuicultura (CRATA) a cargo del doctor Ricardo Klimek Gamas, también reforzó la parte de investigación con la aportación de más equipamiento procedente del Centro Acuícola del Zarco en el Distrito Federal, y dirigió las investigaciones al llegar a Pátzcuaro a principios de los ochentas.

A partir de 1985 surge la oportunidad de incorporar al personal de investigación de la Delegación Federal de Pesca en Michoacán y el CRATA en un Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Pátzcuaro), independiente de la Delegación y con una relación administrativa directa con el INP, como fue

el caso desde los inicios de la Estación Limnológica de Pátzcuaro. Los objetivos planteados por Zozaya (1940) son retomados por el naciente CRIP sin cambios sustanciales, sólo con una línea de investigación adicional: la evaluación pesquera.

En esta etapa reaparecen en el ámbito nacional las investigaciones de los lagos de Pátzcuaro (Chacón 1989, 1993a, 1993b; Planas y Moreau 1991; Rosas *et al.* 1993; Sládecek y Vilaclara 1993) y Cuitzeo (Alvarado *et al.* 1985). El CRIP en particular retoma el estudio del lago de Zirahuén entre 1986 y 1987 (Bernal-Brooks 1988).

Por otro lado, una serie de especialistas en diferentes campos de estudio publican a principios de la década de los noventa una compilación de trabajos bajo el título "Pátzcuaro 2000", con una visión general de los conocimientos existentes sobre el lago (Chacón 1992) y su respectiva cuenca de drenaje, así como una proyección de lo que estimaron sucedería en el área hacia el final del milenio.

Las "Semanas Internacionales de la Limnología" llevadas a cabo en las ciudades de Guadalajara (octubre 22-26, 1990; febrero 18-22, 1991) y Morelia (octubre 21-24, 1991) bajo auspicio de la Comisión Nacional del Agua, contaron con la participación de colegas nacionales e internacionales. Este primer foro de interacción mundial propició la difusión de las investigaciones nacionales en este campo de estudio y de ahí, precisamente, deriva la necesidad de formar una Asociación Mexicana de Limnología.

Bernal-Brooks y MacCrimmon (2000a, 2000b) retoman el estudio descriptivo del lago de Zirahuén por parte del CRIP y postulan una influencia climática sobre la parte occidental de la Mesa Central como una influencia que gobierna la fluctuación



Doctor Owen Lind
y la doctora Laura
Dávalos-Lind.

del agua en el componente de largo plazo (décadas) para Pátzcuaro, Zirahuén, Cuicatzeo y Chapala.

De las enseñanzas de los doctores Laura Dávalos-Lind y Owen Lind en un curso denominado “Ecología del Plancton” (1996), en la Estación Ecológica Chapala, derivan estudios bajo un novedoso enfoque experimental sobre el nutriente limitante de la productividad acuática en treinta casos de estudio en la Mesa Central de México (Hernández *et al.* 2001); así como para Zirahuén

(Bernal-Brooks *et al.* 2002) y Pátzcuaro (Bernal-Brooks *et al.* 2003).

LOGROS EN LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN SUSTANTIVAS

El lago de Pátzcuaro

Bernal-Brooks (2002b) revisó en forma exhaustiva los estudios limnológicos hasta el 2000 aproximadamente y encontró dificultades para efectuar un análisis comparativo de la información al disponer de estudios aislados, fragmentados y repetitivos, metodologías no estandarizadas y evidentes posiciones contradictorias, algunos de ellos con datos dudosos. En particular, el análisis a fondo del registro de las cinco series de datos sobre niveles de agua del lago existentes a partir de 1939 al igual que un archivo de mapas y fotografías antiguas del lago (véanse los anexos) dio lugar a nuevas interpretacio-

nes sobre el balance hídrico regional. El mismo autor (Bernal-Brooks 1998, 2002) cuestiona la teoría de evolución lacustre de los lagos michoacanos propuesta por el doctor de Buen y sus seguidores subsecuentes, y propone una visión alternativa a los conceptos fundamentales sobre la limnología del lago de Pátzcuaro basada en la caída del nivel de agua como la principal causa de la modificación a la morfometría lacustre bajo el postulado de una influencia climática regional. Como un efecto asociado a la disminución de volumen, el agua adquirió mayor turbiedad por la facilidad con que el viento resuspende el sedimento del fondo en un medio acuático somero. Además, un elemento de la ictiofauna introducido en la década de los setenta: la carpa (*Cyprinus carpio*), remueve el lecho lacustre para obtener alimento y con ello contribuye a mantener condiciones aún más desfavorables para algunas otras especies de peces. Esto explica, en parte, la reorganización de la ictiofauna a través del tiempo en detrimento de las especies comerciales y la actividad pesquera.

La ribera sur del lago constituye el área más somera y precisamente allí resultan más dramáticas las modificaciones ocurridas en el tiempo a la morfometría lacustre. En las imágenes de 1933 y 1939 (véase anexo 1) aparecen un conjunto de islas (de oeste a este): Jarácuaro, Copujo, tres islas de Urandén (Morales, Morelos y Carián), San Pedrito y Casa China, todas ellas alejadas de la orilla del lago. Con el tiempo, la caída del orden de seis metros en el nivel del agua resulta palpable en primera instancia: en el aumento en superficie de la isla de Jarácuaro. En este mismo sitio el agua quedó tan alejada de lo que era la orilla que permanece el vestigio de un embarcadero. Asimismo, destaca la incorporación a tierra firme de las islas Copujo, Urandén Carián, San Pedrito y la Casa China y la

construcción de canales artificiales alrededor de las dos islas restantes de Urandén, Morales y Morelos. En la imagen de 1986 la acción de la maquinaria comienza a ser evidente tanto en la zona del Embarcadero como en las Islas de Urandén con trazos regulares que avanzan en años posteriores hacia el oeste hasta alcanzar Jarácuaro y Arócutin.

Cabe destacar que el atractivo turístico del lago de Pátzcuaro constituye un foco de atención a nivel nacional por los aspectos históricos, culturales y tradicionales propios de la zona indígena purépecha. La existencia misma del lago y el aspecto que pueda ofrecer al visitante, así como la posibilidad de transportación en lancha a la Isla de Janitzio, resultan aspectos de una profunda preocupación para el gobierno del estado de Michoacán. Tanto es así que el “Programa de Rehabilitación” a cargo de la Comisión de Pesca contempla, además de la adquisición de maquinaria y refacciones, una aportación anual equivalente al orden de un millón de dólares estadounidenses en gastos de operación.

Como un paciente con el semblante severamente afectado, el lago “de cristal” que describiera el célebre compositor Agustín Lara en su canción “Janitzio”, ha perdido una cantidad significativa de agua y su apariencia actual es de un color más bien ocre que preconiza la muerte. Asimismo, el pulso de bajada y subida del nivel del agua observado entre 1939 y la década de los setenta carece de una continuidad ascendente en la actualidad, ya que, a partir de 1978 no ha habido recuperación sustancial del volumen de agua.

En su estado de agonía Pátzcuaro sobrevive gracias a la vida artificial que le proporcionan las dragas de succión que abren el lecho lacustre para permitir la circulación de lanchas en el área del embarcadero y acumulan sedimento en zonas

aledañas formando nuevos islotes a manera de metástasis. Otra complicación, que requiere intervención quirúrgica mediante la acción conjunta de despalotizadoras y dragas de succión, radica en la necesidad de establecer canales en la ribera sur como un límite al avance de los agricultores de San Pedro Pareo y zonas aledañas, en su ambición de apropiarse de las tierras que quedan al descubierto con la desecación de la cuenca lacustre. Así, la apertura de canales en la margen sur del lago no sólo marca la frontera del vaso lacustre, sino mantiene a las islas de Urandén como tales al evitar el contacto con tierra firme, para preservar con ello los usos y costumbres indígenas en este punto específico e incluso la existencia de una escuela de canotaje a nivel internacional.

Para completar el cuadro clínico de un paciente en la sala de terapia intensiva, la contaminación orgánica que producen las aguas residuales de las ciudades traen como consecuencia problemas de eutroficación evidentes con la proliferación de lirio acuático en el área del embarcadero y el afloramiento de natas verdes de fitoplancton en la zona norte. Como una infección que avanza, no existe otro remedio que la implementación de medidas terapéuticas con trituradoras y cosechadoras de la “maleza acuática”. A pesar de los síntomas mortales de Pátzcuaro, atacar el problema de origen implica elevar la conciencia ecológica de los ciudadanos y el “Programa de Rehabilitación” del lago es un imperativo que permite “maquillar el aspecto” ante la mirada de los visitantes, pues de ahí depende aún una parte sustancial de la actividad económica regional.

El general Lázaro Cárdenas hace casi setenta años lanzó un llamado a los investigadores para erradicar la lobina negra (*Micropterus salmoides*) del lugar, como presunta depredadora de las poblaciones del pescado blanco (*Menidia estor*). Con el

paso de los años, las nuevas condiciones ambientales del lago y la sobrepesca ejercieron un control al máximo de la población de la indeseable especie, aunque la situación actual no resulta nada favorable por los impactos ecológicos derivados de la introducción de otras especies exóticas y el manejo inadecuado de la cuenca. Aunado a ello, el aumento creciente de población humana en los alrededores del lago trajo consigo la deforestación de los bosques de pino y encino, la acumulación de residuos sólidos y la incorporación de volúmenes crecientes de aguas residuales en el lago con la eutrofización como consecuencia. Sin duda, un lago muy distinto prevalece hoy al que se conoció en los inicios de la Estación Limnológica de Pátzcuaro y el presente documento ofrece las evidencias existentes al público en general.

El lago de Zirahuén

El enigma a resolver en el caso del “lago azul” de Zirahuén radica en la pregunta: ¿Por qué, si existen fuentes potenciales de contaminación orgánica en los alrededores del lago, la calidad de agua permanece inalterada para dar soporte a actividades turísticas y recreativas? Los trabajos descriptivos realizados confirman la llegada sustancial a través del Arroyo de la Palma de fósforo y nitrógeno en cantidades que en otros lagos dan origen a problemas de eutrofización. El último trabajo experimental realizado (Bernal Brooks et al. 2002a) descarta la posibilidad de contaminación del lago a través del Arroyo de la Palma y abre la hipótesis de una dinámica hidráulica influida por entradas y salidas de agua subacuáticas, como sugieren las diferencias de conductividad eléctrica entre el tributario y el ambiente lacustre. A diferencia de Pátzcuaro este sería el ca-

so de un medio acuático con renovación constante de agua a nivel interno. Otras hipótesis que surgen al respecto son las siguientes:

- a) La incorporación de fósforo a los sedimentos sin importar las condiciones de anoxia en el fondo, en tanto las concentraciones de azufre son prácticamente nulas para generar una liberación de fósforo de los sedimentos.
- b) La colimitación de fósforo y nitrógeno en el lago, ya que la incorporación de un elemento en el ecosistema acuático convierte al otro elemento en limitante.
- c) La posibilidad de que el fósforo precipite bajo condiciones aeróbicas en una zona intermedia entre el Arroyo de la Palma y el hipolimnion del lago.
- d) La existencia de corrientes de subducción procedentes del Arroyo de la Palma, con una temperatura más baja y mayor densidad, que transportan e incorporan nutrientes (N y P) directamente en el fondo y con ello permanecen ahí en forma inactiva.

El cáncer de Zirahuén radica en el manejo inadecuado de la cuenca de drenaje, un mal que produce sedimentos detectables a 10 metros de profundidad en el lago durante la época de lluvias. Este padecimiento reduce la profundidad del lago año con año y con ello la esperanza de vida de uno de los atractivos naturales más importantes del estado de Michoacán. Lamentablemente se trata de un fenómeno imperceptible a la vista de los visitantes, quienes suponen un lago conservado por sus habitantes a la vista de una excepcional calidad del agua que le confiere la característica de “lago azul”. En este caso cabe la analogía de quién barre y pone la basura debajo de la alfombra: por arriba el aspecto resulta agradable, pero por abajo se

esconde todo un problema del que nadie se entera. Para completar el cuadro de un enfermo de congestión, el indicador de una severa contaminación orgánica radica en la presencia de estratos anóxicos en el fondo del lago entre abril y octubre de cada año, durante la época de estratificación térmica. La incorporación de desechos orgánicos procedentes de la periferia del cuerpo de agua aumentó continuamente a partir de 1986-1987 (Bernal-Brooks 1988, Bernal-Brooks 2000b, datos recientes) y así los efectos en las condiciones del fondo resultan en un hábitat propicio para el desarrollo de larvas de quironómidos y tubificidos.

Limnología regional

En opinión del doctor Osorio-Tafall (1941), “a medida que progresan los estudios limnológicos y se aplican los métodos más modernos a las cuencas lacustres se van reconociendo lagos que no concuerdan con los tipos descritos... [en referencia a la clasificación original propuesta por Naumann y Thienemann (1922)]. Las conclusiones a que se han llegado coinciden en considerar a cada lago como una entidad individual y un determinado tipo de hábitat, dado que representa una combinación de factores característica para cada uno en particular y que no es posible reducir a un patrón general...”. La posibilidad de generalizar, si es el caso, aparecerá en la medida en que se realice una inspección limnológica exhaustiva de cuerpos de agua.

La falta de datos sobre los numerosos cuerpos de agua regionales restringe la posibilidad de correlacionar variables, como es el caso del índice morfoedáfico (IME) aplicado a regiones del hemisferio norte (*p.ej.*, Ryder 1965; Melack 1976). Una primera aproximación desde esta perspectiva para América Latina (Salas y Martino 1991) incluye el caso del lago de Zirahuén en Michoacán.

Sin embargo, en el proceso de construcción del modelo general que considera al fósforo como el elemento limitante de la productividad acuática, los autores decidieron descartar este lago por considerar que la tasa de renovación hidráulica no resulta comparable al funcionamiento de los demás lagos y presas en la extensa región. Otros casos considerados en territorio mexicano fueron los lagos de Cajititlán y Chapala en Jalisco, así como las presas Tequesquitengo en Morelos y Requena en Hidalgo.

El análisis espacial de los cuerpos de agua en un sentido geográfico más amplio inicia en Michoacán de forma rudimentaria con Bernal-Brooks y MacCrimmon (2000b), quienes



Lago de Chapala, ejemplo de un lago tectónico (*s.d.*), archivo personal del doctor Hugh MacCrimmon

vuelven a postular una sensibilidad climática para los lagos de Zirahuén, Pátzcuaro, Cuitzeo y Chapala, en favor de la hipótesis propuesta por Hutchinson *et al.* (1956). En Pátzcuaro, la aportación de pruebas a favor de la lluvia como el componente principal del ciclo hidrológico progresa (Bernal-Brooks *et al.* 2002b), así como la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) para analizar la relación histórica entre niveles, área y cambios de superficie en diferentes sectores al interior



Lago-cráter Los Espinos (2005), *Fernando Bernal*.



Lago de Pátzcuaro (2004), de origen tectónico y volcánico combinado, *Fernando Bernal*.

del cuerpo de agua (Gómez-Tagle Chávez 2001; Gómez-Tagle Chávez *et al.* 2002). La línea de investigación con SIG continúa actualmente para la totalidad de cuerpos de agua del estado de Michoacán mediante la elaboración de un documento denominado *Atlas Pesquero y Acuícola del estado de Michoacán*.

Israde (2005) divide los cuerpos de agua de Michoacán, según su origen, en cinco tipos: lagos tectónicos, lagos vulcano-tectónicos, lagos cratéricos, ríos y cuerpos de agua artificiales. Los 1746 cuerpos de agua registrados en Michoacán presentan además diferentes relaciones con la fisiografía, hidrología y clima, de tal forma que establecer generalidades en-



Presa Pucato (2006), cuerpo de agua artificial de utilidad en riego y actividades turísticas y recreativas, *Fernando Bernal*.

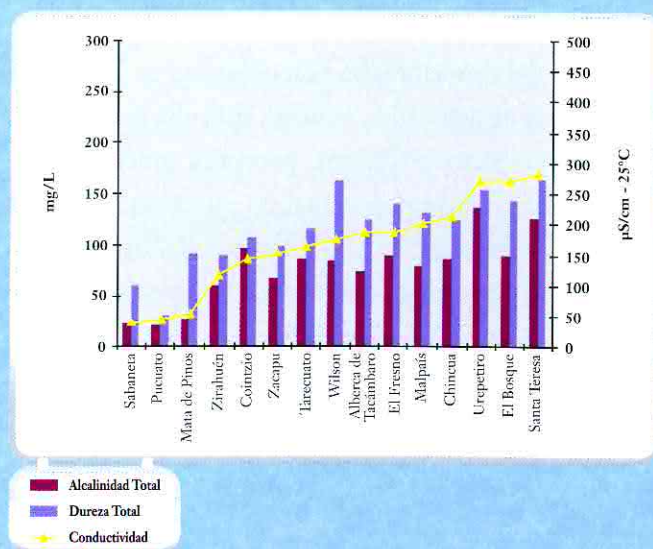
tre ellos resulta complicado, especialmente con aquellos pequeños embalses de utilización múltiple en el medio agropecuario, donde la contaminación orgánica refleja la intensidad de las prácticas de manejo en los alrededores. Eutrofización cultural, contaminación industrial, azolvamiento o combinaciones de lo anterior reúnen características de “ecosistemas forzados” (Margalef 1983), sustancial-

mente distintos a aquellos medios acuáticos en estado “sano” y con una calidad de agua excepcional asociada a actividades turísticas y recreativas (*p.ej.*, Zirahuén, Camécuaro).

Una ampliación del conocimiento limnológico a un mayor número de cuerpos de agua en la entidad, más allá de los casos de Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo, permitirá gradualmente el desarrollo de una base conceptual de aplicación regional. Como punto de partida, el CRIP-Pátzcuaro realizó un análisis preliminar de treinta casos de estudio en el territorio michoacano, entre los que se encuentran los más conocidos y de mayor extensión, al igual que los lagos cráter. La toma de datos de campo y el análisis de una muestra de agua para cada caso tanto en temporada de secas como lluvias de 2005 permitió llegar algunas generalizaciones en función del grado de mineralización tal como lo hiciera Margalef (1976) para los embalses españoles. La dominancia del sistema carbonatos-bicarbonatos en el contenido iónico permite distinguir tres niveles en el caso de Michoacán: bajo e intermedio, por una parte, y alto, particularmente, en los lagos de cuencas cerradas como Pátzcuaro y Cuitzeo, en las cuales la composición química llega incluso a diferir de la gran mayoría de casos analizados.

- ✓ *Grado de mineralización bajo* (<300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, gráficas 1 y 2). Los valores más bajos agrupan embalses ubicados en elevaciones por arriba de los 2 300 m de altitud, como las presas de Sabaneta, Pucato, Mata de Pinos. Al grupo pertenecen también los lagos de Zirahuén y “La Alberca” de Tacámbaro; así como las presas de Cointzio, Tarécuato, Aristeo Mercado Wilson, El Fresno, Malpaís, Chincua, Urepetiro y Santa Teresa, todos ellos por arriba de los 1 700 msnm. El lago de Zacapu y la presa del

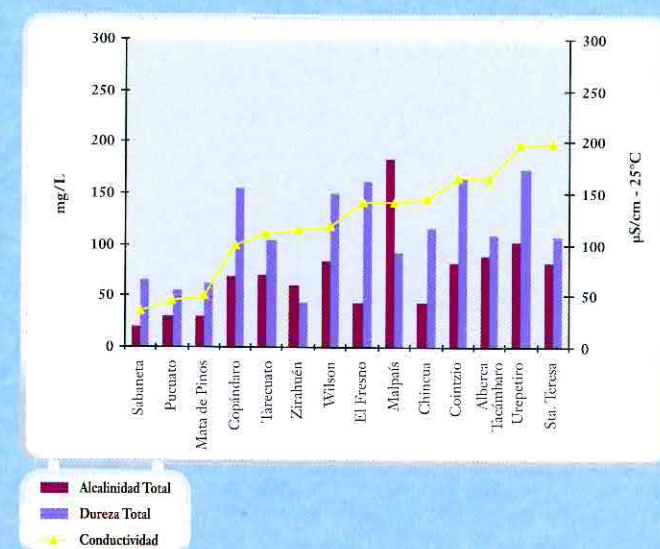
GRÁFICA 1 Época de secas, 2005 grado de mineralización bajo.



Bosque presentan una transición ligera al grado de mineralización intermedio durante la época de lluvia, probablemente por el efecto de escurrimientos periféricos procedentes de la cuenca de drenaje. Sólo en el caso de la presa Copándaro, la precipitación pluvial diluye la escasa cantidad de agua presente en el lugar en forma inmediata al grado de ubicarse en esta categoría. En prácticamente todos estos cuerpos de agua la dureza domina sobre la alcalinidad, a excepción de Malpaís en época de lluvias.

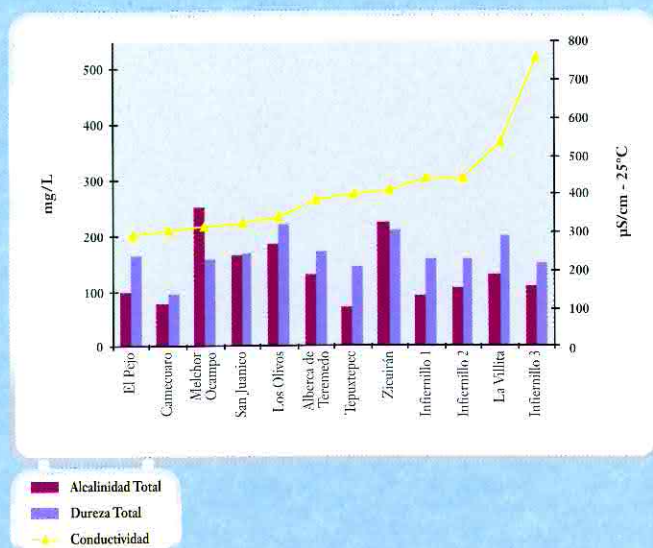
- ✓ *Grado de mineralización intermedio* (300-1 000 µS/cm, gráficas 3 y 4). La conductividad aumenta progresivamente con el descenso de altitud (2 100 m aproximadamente hasta el nivel del mar) y una mayor incorporación de agua

GRÁFICA 2 Época de lluvias, 2005, grado de mineralización bajo.



a través de distintos tributarios hacia los diversos sistemas acuáticos. Los lagos de Camécuaro y “La Alberca” de Teremendo, y las presas de El Pejo, San Juanico, Los Olivos, Tepuxtepec, Zicuirán, Infiernillo y La Villita se ubican en esta categoría, a excepción de “La Alberca” de Teremendo y la presa de los Olivos. Estos dos últimos sitios presentan una transición entre las categorías intermedia y alta, probablemente a consecuencia del acarreo de escurrimientos procedentes de la cuenca de captación durante la época de lluvias. Asimismo, en esta categoría la dureza domina sobre la alcalinidad, aunque existen casos donde la relación resulta favorable para la alcalinidad

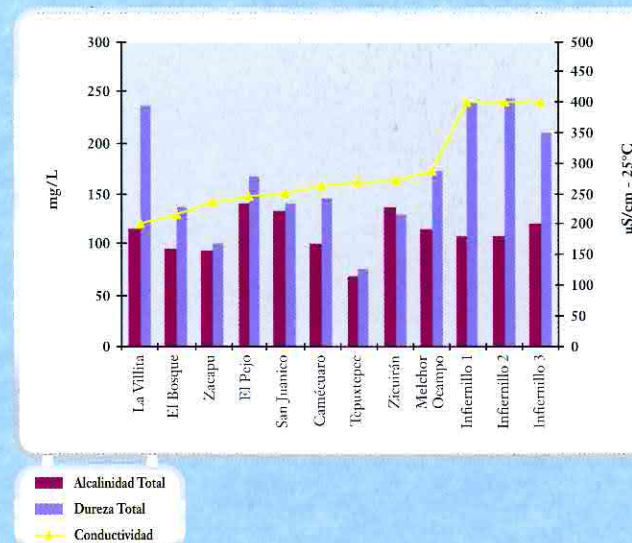
GRÁFICA 3 Época de secas, 2005, grado de mineralización intermedio.



durante la época de secas (presa Melchor Ocampo) o en forma permanente (presa de Zicuairán).

- ✓ *Grado de mineralización alto* (>1000 µS/cm, gráficas 5 y 6). Las cuencas cerradas poseen los grados más altos de mineralización y la alcalinidad domina sobre la dureza, como ocurre en los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Los Negritos. La pérdida de agua por evaporación superficial o la evapotranspiración de las plantas coincide con una mayor concentración del contenido iónico en el agua y la contribución aparentemente mayor de sodio y potasio al aumento en la conductividad. “La Alberca” de

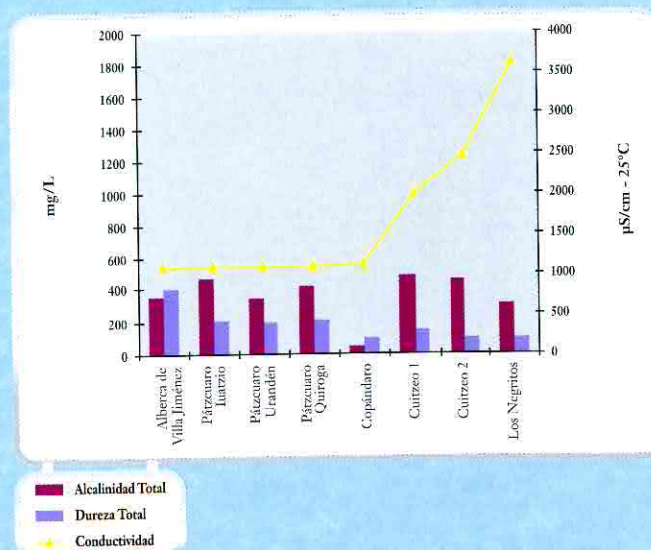
GRÁFICA 4 Época de lluvias, 2005, grado de mineralización intermedio.



Villa Jiménez pertenece a esta categoría con una relación dureza/alcalinidad ligeramente favorable para la primera variable. La presa de Copándaro forma parte de este grupo de cuerpos de agua únicamente en época de secas, probablemente por el escaso volumen presente en el sitio que concentra en forma extrema el contenido iónico.

Una segunda generalización corresponde a la relación entre la altitud del cuerpo de agua con grados de mineralización bajo e intermedio, es decir a mayor altitud menor conductividad y viceversa (gráfica 7). Se excluyen los casos de

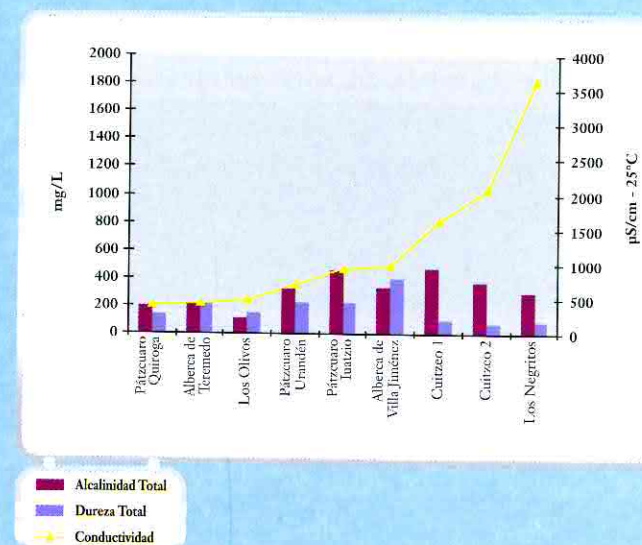
GRÁFICA 5 Época de secas, 2005, grado de mineralización alto.



las presas Melchor Ocampo y Tepuxtepec ubicadas a mayor altitud y con un grado de mineralización intermedia ligada a vertimientos de desechos industriales en sus cuencas de captación. A medida que la integración de tributarios ocurre aguas abajo, los contenidos iónicos aumentan hasta llegar al final de las cuencas del Balsas y el Lerma en su desembocadura con el océano Pacífico.

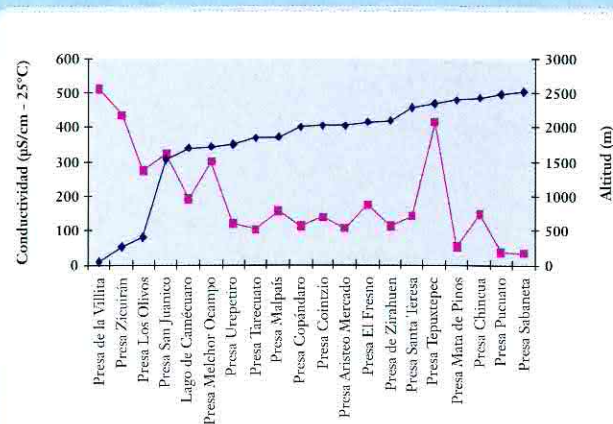
La tercera generalización corresponde a las variaciones temporales físicas y químicas que reflejan la importancia del agua de lluvia en el balance hídrico regional. Para las regiones tropicales, el cambio de estación fría de secas a la cálida lluviosa trae consigo consecuencias ecológicas relevantes. En esta parte de México, la duración de la estación seca es de

GRÁFICA 6 Época de lluvias, 2005, grado de mineralización alto.



aproximadamente ocho meses con una predominancia de pérdida de agua por evaporación y aumento en la concentración de nutrientes en lagos y presas (Limón y Lind 1990). Es decir, durante la época de secas, la pérdida gradual de agua por evaporación superficial y evapotranspiración de plantas conduce a un aumento progresivo de la conductividad en general por la concentración del contenido iónico. Por el contrario, la lluvia diluye muchos de los nutrientes, pero también trae nutrientes producto del arrastre de las cuencas de captación y nitrógeno aportado por la precipitación atmosférica. En consecuencia, la conductividad disminuye por una dilución del contenido iónico. Esta relación fue documentada por Alcocer y Bernal-Brooks (2002) para el lago de Pátzcuaro, donde quedaron manifiestas

GRÁFICA 7 Relación entre conductividad y altitud para 30 cuerpos de agua de Michoacán, 2005.



variaciones espaciales y temporales relacionadas con las dos estaciones del año: secas y lluvias. En otros casos, como los lagos cráter de Puebla (Alcocer y Escobar 1990) y quizás sea el caso para los lagos cráter de Michoacán, el balance hidrológico cuenta con aportaciones mayores de agua subterránea de tal manera que las extracciones del líquido del subsuelo en los alrededores de los lagos para agricultura impacta severamente los niveles de agua.

Una consideración que no llega a ser una generalidad para los cuerpos de agua regionales radica en el papel que juegan los nutrientes, nitrógeno y fósforo, en relación a la productividad primaria. Por una parte, los análisis realizados por el CRIP-Pátzcuaro mediante métodos estándares de muestras de

agua para treinta casos de estudio tomadas en secas y lluvias, muestran una proporción baja para el nitrógeno inorgánico en relación al fósforo total. Este hecho sugiere que el nitrógeno juega un papel de elemento limitante. Sin embargo, la limitación por nutrientes ha sido abordada también desde un punto de vista experimental, utilizando el alga *Selenastrum capricornutum* como organismo de prueba, con resultados variables para los cuerpos de agua en territorio michoacano (Hernández *et al.* 2001). Un fenómeno de colimitación entre N y P tanto para Zirahuén (Bernal-Brooks *et al.* 2002) como para Pátzcuaro (Bernal-Brooks *et al.* 2003) indica que ambos nutrientes actúan como limitantes de la productividad. Una aparente contradicción con la Ley de Liebig, la cual establece que sólo un nutriente puede ser limitante. Los avances obtenidos al respecto sugieren la necesidad de investigar el tema caso por caso.

La infraestructura hídrica más abundante de Michoacán está representada por el microembalse temporal, de utilidad práctica en el aprovechamiento piscícola del medio rural, al ofrecer una oportunidad de obtener alimentos de alto valor nutricional a bajo costo durante el tiempo de retención de agua de aproximadamente ocho a nueve meses. Huipe-Ramos (2007) llevó a cabo una investigación bajo la dirección de Bernal-Brooks para definir la “capacidad de carga” de microembalses para la acuicultura extensiva y semintensiva con carpa *Cyprinus carpio*. El enfoque del trabajo combinó pruebas empíricas (siembra-cosecha) en microembalses a diferentes niveles de siembra; así como experimentales en estanques del Centro Acuícola con tres tipos de densidad y tres tipos de alimentación combinados, para concluir que el nivel de siembra a la “capacidad de carga” de los embalses es de un organismo por cada dos metros cuadrados para operaciones extensivas, es de-

cir, cuando los organismos sembrados dependen del alimento natural para su desarrollo; y un organismo por metro cuadrado para operaciones semi-intensivas con la aplicación de alimento suplementario.

Cultivo del pescado blanco

Los aterínidos de agua dulce de la parte central de México constituyen un conjunto de 18 especies y seis subespecies (Barbour 1973) ligadas a la cultura de los pueblos indígenas de la región. En particular, el pescado blanco *Menidia estor* del lago de Pátzcuaro destaca como la especie más apreciada por el turismo nacional e internacional debido a su exquisito sabor y como parte de los atractivos naturales presentes en el corredor turístico ubicado entre Morelia y Uruapan. No obstante, a la fecha, la producción natural de esta especie resulta insuficiente

Pescado blanco
del lago de
Pátzcuaro.



para cubrir la demanda local y la captura es cada vez más escasa por problemas de sobreexplotación pesquera y contaminación orgánica del medio acuático, principalmente.

Los esfuerzos realizados hasta el momento por elevar la producción de pescado blanco, tanto en el lago de Pátzcuaro como fuera de él, responden a iniciativas de gobierno —tanto federal como estatal de Michoacán— y varias universidades del país, sin el logro hasta la fecha de un paquete tecnológico que sirva de base para el cultivo intensivo y el desarrollo de operaciones comerciales a nivel de unidades de producción acuícola.

Acciones gubernamentales

- ✓ *Propagación de la especie fuera de su hábitat natural* Durante la época de FIDEFA (1972-1976), la forma de preservar y multiplicar la especie más allá del lago de Pátzcuaro fue concebida a través de la siembra en embalses de la región. Desafortunadamente en la actualidad no existen registros de las acciones realizadas en ese tiempo. A pesar de lo anterior, resulta la única experiencia exitosa palpable que perdura en sitios como la Presa del Bosque, donde la producción de pescado blanco permite la obtención de un volumen suficiente para el transporte y comercialización en Pátzcuaro.
- ✓ *Centro Acuícola de Zacapu* En 1981, el gobierno federal construyó instalaciones en la colonia Morelos de la ciudad de Zacapu, para la producción de *M. estor* a gran escala, aún en la etapa experimental del cultivo. Los primeros trabajos consistieron en introducir la especie en estanques rústicos a dos densidades y tres alternativas de



Centro acuícola
de Zacapu.

alimentación: alimento balanceado, alimento balanceado con fertilización orgánica y fertilización orgánica exclusivamente (Rojas 1985). Durante la cosecha, el análisis taxonómico de 600 organismos demostró la mezcla de diversas especies de aterínidos a consecuencia de las donaciones de huevo fertilizado recibidas por la granja sin el debido control. En estos primeros intentos de cultivar el pescado blanco en forma intensiva y fuera de la cuenca de Pátzcuaro ocurrió una elevada mortalidad atribuida a depredadores (Rojas 2003).

Finalmente, las operaciones de la granja con *M. estor* concluyeron en 1983 y dieron un giro a la producción de crías de carpa *Cyprinus carpio*, especie con mayor demanda por las comunidades rurales del estado en el programa de extensionismo acuícola y siembra de embalses.

- ✓ *Reservas de especies nativas* En una vertiente de cultivo semi-intensivo para fines de repoblación del lago de Pátzcuaro, la Delegación Federal de Pesca en el estado de Michoacán y la Dirección de Fomento Rural del gobierno del estado de Michoacán, iniciaron por su cuenta un Programa de Reservas de Especies Nativas que contempla la reproducción e incubación de pescado blanco y acúmara en el hábitat natural. Con apoyo del personal de la exestación limnológica, las comunidades de pescadores continuaron la práctica de la reproducción artificial

Incubación
de huevo de
pescado blanco
in situ.





Huevo de
pescado blanco
adherido a raíces
de lirio.

con el lirio *Eichornia crassipes* como sustrato de adhesión del huevo fecundado. La incubación posterior del huevo de *M. estor* en jaulas de tela tricot suspendidas en la superficie del lago (Rodríguez-Casillas 2003) trae implícita la idea de elevar la producción pesquera mediante la protección y alimentación de las primeras etapas de desarrollo. La alimentación, en particular, consistió en el suministro de leche entera en polvo y yema de huevo o zooplancton del lago, hasta la liberación *in situ* de organismos con talla de siembra (tres cm aproximadamente).

Cabe destacar en el programa de “reservas”, la participación conjunta de gobierno y comunidades pesqueras del lago en la posible

solución del problema que representa la escasez de dos especies nativas. No obstante, el significado de la siembra *in situ* resulta incierto en términos de una mayor producción pesquera tanto por la falta de un registro de captura de especies confiable por parte del gobierno federal, así como por efectos de sobreexplotación pesquera con chinchorro y contaminación del lago.

La participación del sector pesquero en el citado programa decayó gradualmente a partir del eventual otorgamiento de estímulos económicos con un trasfondo



Reserva ecológica
en el lago de
Pátzcuaro.

político por parte del gobierno del estado de Michoacán, ya que, desalentó la genuina participación colectiva en el interés de resolver problemas del lago y sus recursos, a cambio de una remuneración para unos cuantos involucrados en el trabajo de reproducción artificial. Así, la Reserva de Urandén permanece como el reducto del programa y aún opera con el financiamiento continuado de la Comisión de Pesca del gobierno de Michoacán.

Eventualmente, la relación entre pescadores y gobierno federal quedó interrumpida a partir del año 2000 por un conflicto derivado de la veda, sin posibilidad de reconciliación entre ambas partes hasta la fecha.

- ✓ *Avances del CRIP Pátzcuaro en el estudio del pescado blanco* Con la creación del Centro Regional de Investigación



Reproducción artificial del pescado blanco.

Pesquera de Pátzcuaro, en 1985, la experiencia previa de trabajadores de la Exestación Limnológica y la Delegación Federal de Pesca a nivel local da como resultado el confinamiento exitoso de ejemplares de *M. estor* como un paso preliminar hacia la domesticación de la especie. La obtención de material fecundado del lago permitió realizar intentos de incubación en sistemas de recirculación de agua (Rojas *et al.* 1986) y utilizar las raíces del lirio *E. crassipes* como sustrato de adhesión del huevo fecundado. La aplicación de la técnica de Woynarovich durante la



fertilización intentó resolver la indeseable adherencia de los huevos en condiciones de cultivo (Rojas 1991) y con ello el consecuente aglutinamiento del material fecundado, asfixia y enfermedad por hongos. Asimismo, la institución investigó la temperatura óptima para la etapa de incubación (Rojas 1991).

A principios de los noventa, el CRIP opta por abandonar la alimentación tradicional de los estados larvarios con zooplancton del lago, leche en polvo y yema de huevo, para iniciar una alimentación basada en cultivos de alimento vivo (microalgas, rotíferos y *Daphnia*) acordes a las distintas etapas de desarrollo del *M. estor*. Desde entonces el equipo de trabajo del CRIP-Pátzcuaro probó alternativas de alimentación como extruidos con base en harina de pescado (Mares *et al.* 1996), microencapsulados de camarón (Mares *et al.* 1997), preparados de corazón e

Inicios de un sistema de recirculación de agua para la incubación de huevo de pescado blanco.



Incubación de huevo de pescado blanco en laboratorio.



Determinación de temperatura óptima para la incubación de huevo.

hígado de res para juveniles (Mares *et al.* 2002), al igual que diferentes presentaciones de alimento entre polvo, hojuelas, granulados y gelatina. En especial, la alimentación con rotíferos durante las primeras etapas de desarrollo permitió elevar la sobrevivencia al 50% a 30 días de cultivo. El manejo del fotoperiodo (12h x 12h) en condiciones controladas contribuyó al desove de ejemplares de año y medio de edad en confinamiento (Mares *et al.* 1999). Así, la obtención de un lote de reproductores de *M. estor* en estas instalaciones destaca como el logro más significativo a nivel local de los últimos años. La conti-



Cultivo de microalgas.

Cultivo de *Artemia salina*.

nuación del cultivo más allá de la etapa larvaria cuenta actualmente con la colaboración de un experimentado acuicultor en el municipio de Ixtlán de los Hervores, Francisco Arregui Mendoza.

Con base en 72 especímenes cultivados en laboratorio, Rojas *et al.* (2000) describieron los cambios merísticos, morfométricos y de pigmentación ocurridos durante el estado larvario desde la eclosión hasta los 40 días de cultivo. Las experiencias con una alimentación mixta permitieron recomendar el suministro de alimento preparado con harina de pescado a partir de los 8.2 mm de longitud estándar, con el objeto de abatir costos asociados a la alimentación con organismos vivos.

En un esfuerzo por amalgamar la experiencia de gobierno y académica con la del sector pesquero local sobre el cultivo del pescado blanco, el Instituto Nacional de la Pesca publicó el libro *Historia y avances del cultivo de pescado blanco*.

Los estudios de taxonomía tradicional basados en caracteres morfométricos y merísticos del género *Menidia* (Barbour 1973) atribuyen el nombre *M. estor* a la especie de pescado blanco de Pátzcuaro. Sin embargo, un análisis realizado en 1985 —por el mismo Barbour; Patricia Toledo, comunicación personal— a 17 ejemplares

Pescado blanco cultivado.



procedentes del mismo lago, indica la presencia de otra especie: *M. lucius* del lago de Chapala. Alaye (1993), por otra parte, llega a la misma conclusión por medio de un estudio del polimorfismo de la hemoglobina con base en métodos electroforéticos, y reporta la presencia de *M. lucius*, e híbridos de *M. lucius* con *M. estor* así como posibles híbridos de *M. lucius* y *M. grandocule*. Las siembras de peces sin control realizadas a principios de los setentas por la Estación Limnológica de Pátzcuaro, en la época de FIDEFA, parece ser la parte presuntamente responsable de dicha mezcla de especies.

Evaluaciones pesqueras

El enfoque de la dinámica poblacional no formó parte de los objetivos originales de la Estación Limnológica de Pátzcuaro, pues las herramientas de análisis apenas iniciaban su desarrollo a principios de la década de los treinta del siglo pasado (*p.ej.* Von Bertalanffy 1934). No obstante, en la medida en la que aparecieron nuevos modelos y la capacidad de análisis aumentó en los equipos de cómputo, las evaluaciones pesqueras formaron parte de las líneas sustantivas de la investigación en el CRIP-Pátzcuaro. La intervención en 14 estados de la república ha traído como consecuencia la elaboración de siete Normas Oficiales Mexicanas (NOM), tres proyectos de norma (PROY), 19 evaluaciones pesqueras y dos diagnósticos pesqueros, por mencionar lo más relevante como se detalla a continuación:

<i>Embalse/lago</i>	<i>Estado</i>	<i>Resultado</i>
Infiernillo	Michoacán	Evaluación de la luz de malla para la captura de tilapia (Bernal Brooks, 1984)
Infiernillo ^{1, 2, 3}	Michoacán	NOM-027-PESC-2000
Aguamilpa ^{1, 2, 3}	Nayarit	NOM-026-PESC-2000
Zimapán ^{1, 2}	Hidalgo	NOM-028-PESC-2000
Chapala ^{1, 2, 3}	Jalisco	NOM-032-PESC-2000
La Boquilla ¹	Chihuahua	NOM-044-PESC-2004
La Amistad ¹	Coahuila	NOM-046-PESC-2005
Venustiano Carranza ¹	Coahuila	NOM-051-PESC-2005
Pátzcuaro ^{1, 2, 3}	Michoacán	PROY-NOM-036-2005
Constitución de Apatzingán ¹	Jalisco	PROY-NOM-047-2006
La Villita	Michoacán	PROY-NOM-052-2007
Cuitzeo ¹	Michoacán	Evaluación Pesquera
Zirahuén ¹	Michoacán	Evaluación Pesquera
El Bosque ¹	Michoacán	Evaluación Pesquera
Tepuxtepec ¹	Michoacán	Evaluación Pesquera
El Caracol	Guerrero	Evaluación Pesquera
Temascal	Oaxaca	Evaluación Pesquera
Melchor Ocampo	Michoacán	Evaluación Pesquera
Yuriria	Guanajuato	Evaluación Pesquera
Tepetitlán	México	Evaluación Pesquera
El Rodeo	Morelos	Evaluación Pesquera
Plutarco Elías Calles ¹	Aguascalientes	Evaluación Pesquera
Los Olivos	Michoacán	Evaluación Pesquera

Amela	Colima	Evaluación Pesquera
El Gallo	Guerrero	Evaluación Pesquera
Trojes ¹	Michoacán	Evaluación Pesquera
Zapotlán	Jalisco	Evaluación Pesquera
Ignacio Allende	Guanajuato	Evaluación Pesquera
Solís	Guanajuato	Evaluación Pesquera
La Purísima	Guanajuato	Evaluación Pesquera
Malpais	Michoacán	Diagnóstico Pesquero
Constitución de 1917 ¹	Querétaro	Diagnóstico Pesquero

¹ Incluye ficha en la "Carta Nacional Pesquera" (SAGARPA 2006a).

² Capítulo del libro *Sustentabilidad y pesca responsable en México* (SAGARPA 2006b).

³ Capítulo del libro *Lagos y presas de México* (de la Lanza y Hernández Pulido 2007).

INVESTIGACIÓN SOBRE EL PESCADO BLANCO DESDE LOS RECINTOS UNIVERSITARIOS

(Adendum)

- ✓ *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* Las primeras investigaciones realizadas por el Laboratorio de Biología Acuática sobre *M. estor* abordan aspectos del hábitat natural, alimentación y reproducción (García de León, 1984; Morelos, 1987; Rauda, 1987; García, 1990; Sánchez, 1992). El entrecruzamiento en laboratorio de distintas especies de *Menidia* contempló el análisis morfológico, merístico y de pigmentación de las diversas especies de aterínidos que habitan en el lago (Pérez 1987, Ledesma 1990, Oseguera 1990, Andrade 1990 y Estrada 1991) como una forma de diferenciar los caracteres más

sobresalientes de cada especie. Asimismo, las observaciones de 20 fases de desarrollo embrionario en el pescado blanco (Morelos *et al.* 1994) permitieron reconocer un número mayor de etapas a diferencia de estudios anteriores.

El Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH) en su etapa inicial emprendió estudios en la Reserva de Urandén, a fin de explorar la alimentación artificial de la especie con base en cinco dietas de extractos naturales de plancton y larvas de *Artemia sp* (Rosas 1994). Los resultados demostraron que las crías de pescado blanco aceptan alimentos naturales y artificiales, con mayor preferencia por el alimento vivo.

Propiamente, desde las instalaciones del INIRENA-UMSNH, Alfaro (1998) describió las características principales micro y macroscópicas de las gónadas de *M. estor*, así como cinco y seis estadios de maduración gonádica en machos y hembras respectivamente. Campos (2000) llevó a cabo el cultivo de tres especies de *Menidia* en condiciones de laboratorio y recirculación de agua, lo que permitió un estudio comparativo del crecimiento entre especies así como la observación adicional de la aceptación de dietas artificiales en condiciones de laboratorio; y Olivares (2001) realizó una evaluación de la toxicidad de la formalina en larvas del pescado blanco y la tolerancia al tratamiento con esta sustancia química.

Eventualmente el INIRENA contó con un Laboratorio de Acuicultura en forma a cargo del doctor Carlos Martínez Palacios. Los avances reportados sobre requerimientos ambientales, fisiológicos y nutricionales de *M. estor* en cultivo, son los siguientes de manera sucinta:

El conocimiento básico de la temperatura óptima de crecimiento (24.9°C, Martínez-Palacios *et al.* 2002) difiere sustancialmente de los datos reportados anteriormente (18-24°C; Rosas 1970, 1976). Martínez-Palacios *et al.* (2003) reportan que la alimentación de las larvas durante los 30 días después de la eclosión resulta un factor esencial para el posterior desarrollo de la especie, en contraposición con el punto de vista de Rosas (1970), quien aseguró anteriormente que las larvas sobreviven sin alimento hasta el noveno día con las reservas alimenticias del saco vitelino.

La posibilidad de incubar huevos fertilizados en canaletas con un medio salino al 10‰ y dilución posterior de estas condiciones a 5‰ en la etapa de huevo oculado, aumentó la sobrevivencia (85-90%) de las larvas al ataque por hongos (Martínez-Palacios *et al.* 2004). La utilización de una solución de carbamida (Horvát *et al.* 1994) durante el proceso de fertilización artificial de la especie, en sustitución del agua dulce, facilitó una fecundación más eficiente del huevo, así como la desactivación de los hilos de adhesión y se logró evitar la aglomeración del material biológico, asfixia, infecciones y contagio por hongos. Al agregar agua dulce posteriormente, el mecanismo de adhesión recupera sus propiedades y es posible realizar de forma más controlada, la adhesión de huevos sobre material sintético como fibras de nylon y descartar la inconveniente utilización de raíces de lirio para este propósito.

Los trabajos de laboratorio realizados con *M. estor* sobre actividades digestivas, basicidad intestinal, estómago no claramente diferenciado y las espinas branquiales

desarrolladas, sugieren una especie de hábitos filtradores (Ríos-Durán 2000; Graham 2001). Estos resultados a nivel de laboratorio difieren sustancialmente del estudio realizado por Rosas (1976b) con organismos del lago que describen una especie de hábitos carnívoros.

Los avances logrados en el cultivo del pescado blanco por el equipo de investigadores que encabeza el doctor Carlos Martínez Palacios, son detallados con toda precisión en un artículo que deriva de un simposio denominado Biology and Culture of Silversides (Pejerreyes) (Martínez-Palacios *et al.* 2006).

- ✓ *Instituto Politécnico Nacional (IPN)* El estudio de los sitios donde habitan los aterínidos de agua dulce asociados al río Lerma (Chávez-Toledo 1987; Díaz-Pardo y Chávez-Toledo 1987; Díaz-Pardo *et al.* 1993; López-López 1989, 1991; López-López y Díaz-Pardo 1989; Soto-Gallera 1989) permitieron escoger a *M. humboldtianum*, el pescado blanco de Zacapu, para emprender el cultivo de la especie en condiciones de laboratorio ubicadas en el Distrito Federal. La especie presenta mayor distribución en la cuenca del Lerma al igual que *M. jordani* y mejores posibilidades de adaptación a condiciones diversas en comparación con *M. estor*. Por lo mismo, algunos investigadores consideran iniciar el cultivo de la primera especie como un paso necesario hacia el dominio acuacultural de otras especie con distribuciones más restringidas y, por ende, más especializadas. El equipo del IPN en la ciudad de México reporta avances sobre inducción a la reproducción; desarrollo en etapas tempranas y crecimiento de juveniles; así como la alimentación a lo largo del desarrollo ontogénico, bajo condiciones de laboratorio. Segura

(1997) realizó estudios específicos de *M. estor* sobre evaluación de la madurez gonádica, potencial reproductivo y calidad del líquido seminal, y realizó descripciones histológicas de testículos y ovarios.

- ✓ *Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)* Al igual que el IPN, la Planta Experimental de Producción Acuícola inició el cultivo de pescado blanco con *M. humboldtianum*, como punto de partida para abordar otras especies del mismo género con una distribución geográfica más restringida que presuponen un hábitat más específico y una alta sensibilidad a condiciones cambiantes. Recientemente, la identidad del género *Menidia* demandó una investigación más detallada sobre la variabilidad genética de marcadores alozimáticos (Barriga-Sosa 2001). En esta línea de investigación, el equipo de trabajo de la UAM-Iztapalapa desarrolló y validó una metodología a nivel molecular para discriminar las diferentes especies de aterínidos de agua dulce.

PERSPECTIVA

La Estación Limnológica de Pátzcuaro y el Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro han generado aportaciones científicas relevantes en el campo de la limnología nacional, desarrolladas en cuerpos de agua de la región de Michoacán que incluso forman parte ya de los estudios clásicos de la limnología en México, como es el caso de los trabajos pioneros del doctor Fernando de Buen (Bernal-Brooks 2002a) y el doctor Fernández Osorio-Tafall. Las investigaciones recientes muestran claramente lo fundamental de un enfoque limnológico para conocer a fondo los problemas de los sis-

temas acuáticos epicontinentales del estado. No obstante, el personal que labora actualmente en el Centro Regional de Investigación Pesquera suma 18 personas en edad prácticamente de jubilación y sin la contratación de jóvenes investigadores que impriman una nueva dinámica de trabajo en el sitio, podría acontecer lo siguiente:

- a) La sobrevivencia de la función de investigación a través de convenios con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y hasta una posible transferencia de la infraestructura a la máxima casa de estudios de Michoacán, como sugirió el doctor Rafael de Buen en 1963.
- b) La contratación de nuevo personal por parte del Instituto Nacional de Pesca, con una posible valoración de las aportaciones del inmueble no sólo en el campo de la limnología, sino también en el progreso del cultivo del pescado blanco y la evaluación pesquera para la explotación racional de las poblaciones de peces en diversos sitios.
- c) La lamentable desaparición de la función de investigación en este sitio y la eventual incorporación de las instalaciones al Distrito de Desarrollo Rural de la SAGARPA, para alojar oficinas de gobierno. Esta parece ser la tendencia actual más clara y la pérdida de la actividad científica local resultaría muy inconveniente con el cierre de la institución. No existe otra estación limnológica a nivel nacional y el origen de la limnología, como una rama del conocimiento en este país, radica en Pátzcuaro sin que al momento se haya replicado infraestructura similar en otro lugar de México.

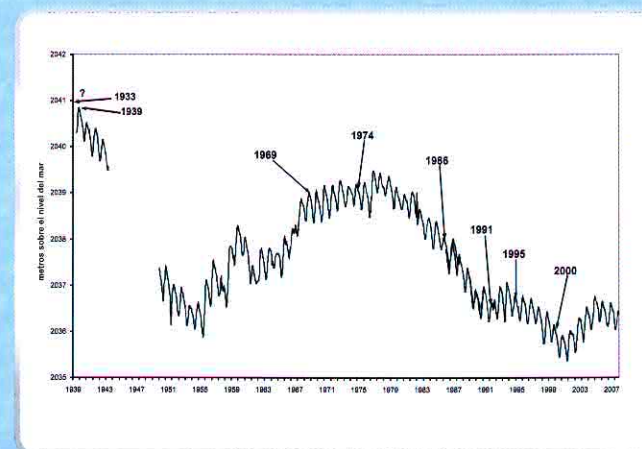
Al margen de lo anterior, el nombre original “Estación Limnológica de Pátzcuaro” debe conservarse ya que responde

a hechos históricos relevantes en el lugar, y porque los objetivos de la investigación establecidos desde 1940 no han cambiado sustancialmente, los cuales traen implícito un alcance que difiere del quehacer en otros CRIP, donde la dinámica de población de los recursos pesqueros predomina (*p.ej.*, camarón, especies pelágicas, etc.).

Finalmente, el presente documento hace hincapié en la importancia que ha tenido la estación a nivel nacional y que mediante la coordinación con cada entidad federativa es posible atender las necesidades de investigación en aguas interiores de todo el país, como de hecho ha ocurrido en el curso de setenta años.

ANEXOS

GRÁFICA 8 Registro de niveles de agua del lago de Pátzcuaro, 1939-2007.



FUENTE: De Buen (1944b): 1939-1943; Secretaría de Recursos Hidráulicos (1949-1970); Secretaría de Recursos Hidráulicos (1950-1987); Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1986-1990); Coordinación de Dragado del lago de Pátzcuaro (1989-); modificación en una sola secuencia realizada por Bernal-Brooks, F.W.

ANEXO 1

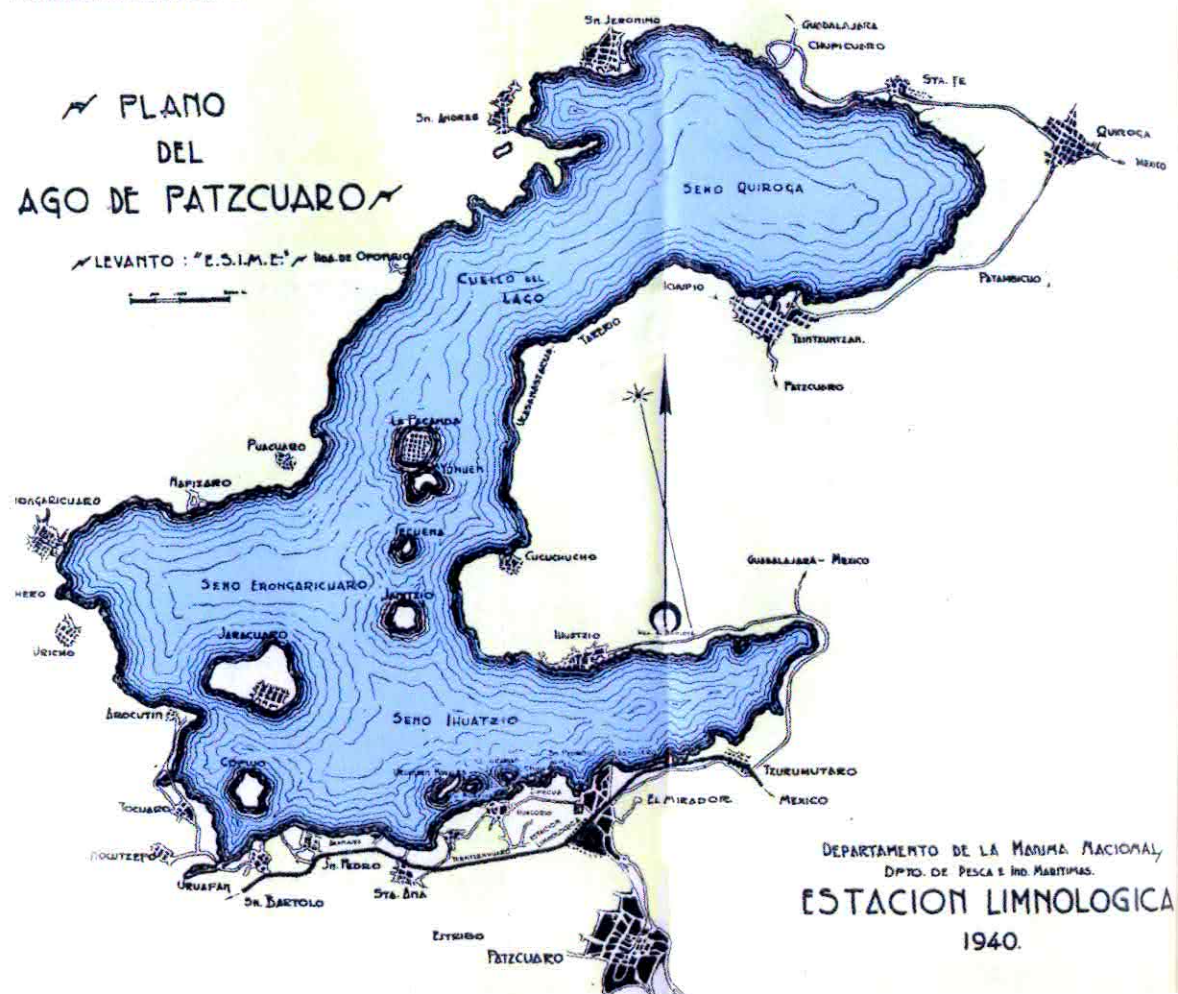
Mapas del lago de Pátzcuaro



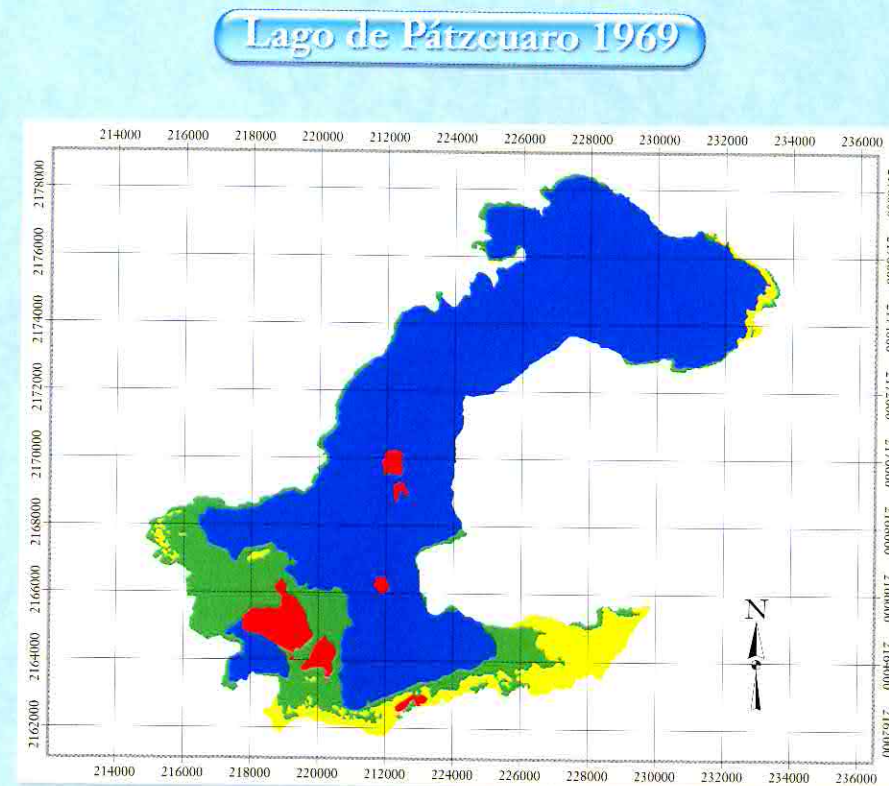
Una vista panorámica del mirador de Tariacuri, J. Fernández, 1933.



Detalle de algunas islas del sur del lago de Pátzcuaro, J. Fernández, 1933.



Levantamiento topográfico del lago de Pátzcuaro realizado en 1939 por ESIME-IPN-Estación Limnológica de Pátzcuaro.



Escala gráfica
2 0 2 4 6 Kilómetros

Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

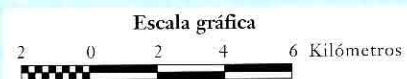
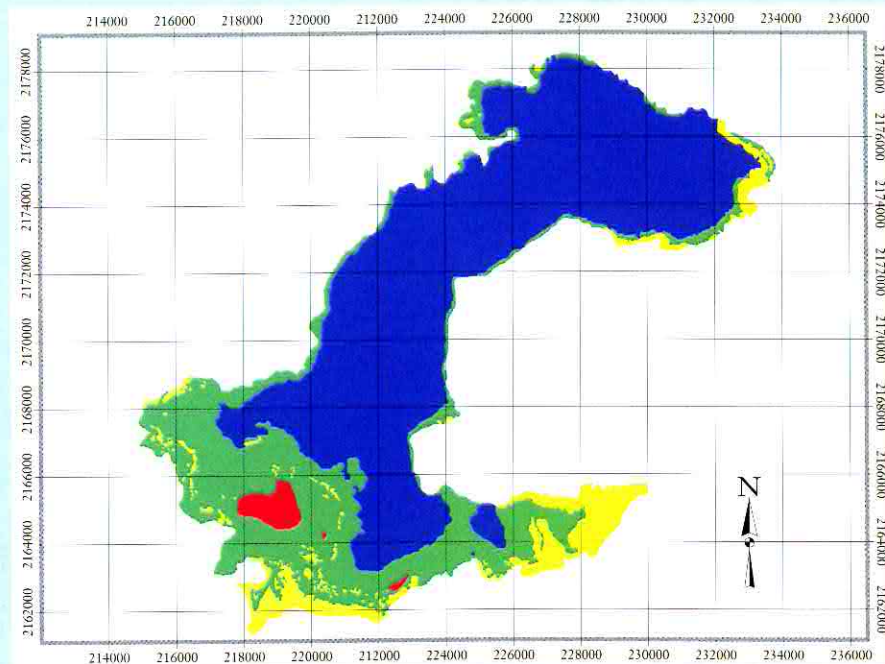
Método: Fotointerpretación y análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Reticula: 2000 m

Lago de Pátzcuaro 1974



Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

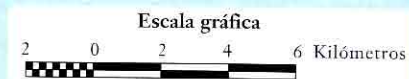
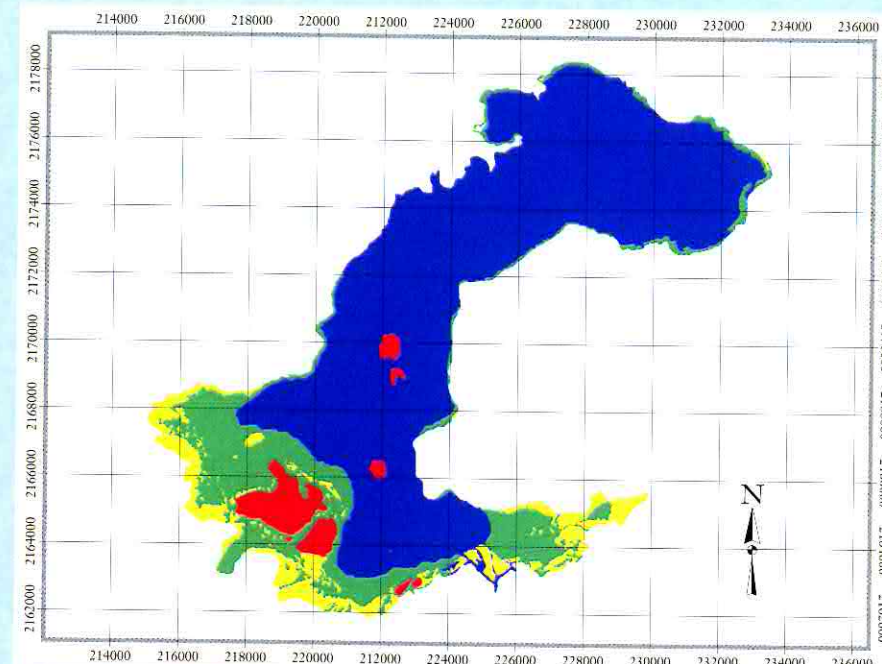
Método: Fotointerpretación y análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Retícula: 2000 m

Lago de Pátzcuaro 1986



Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

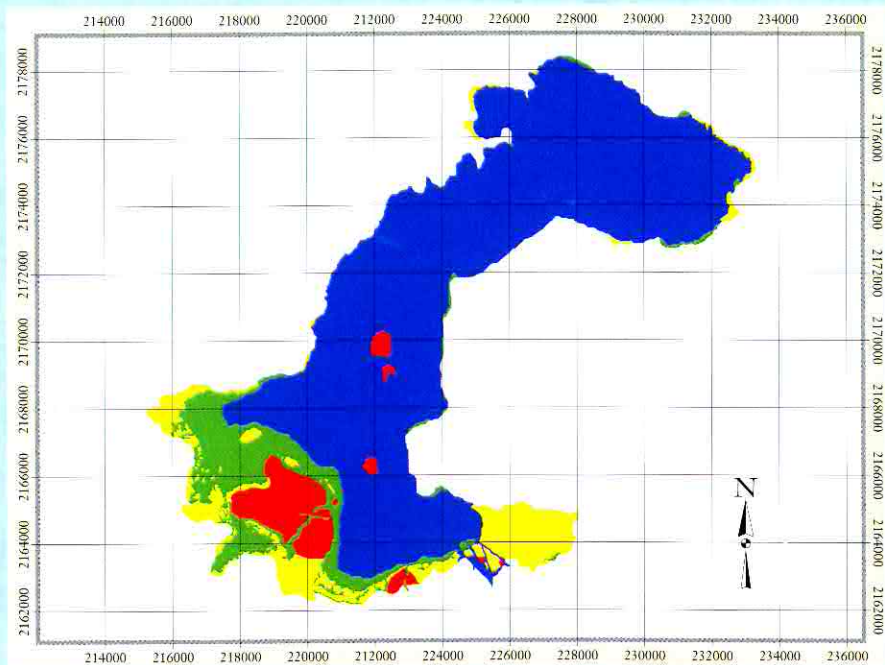
Método: Fotointerpretación y análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Retícula: 2000 m

Lago de Pátzcuaro 1991



Escala gráfica
2 0 2 4 6 Kilómetros

Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

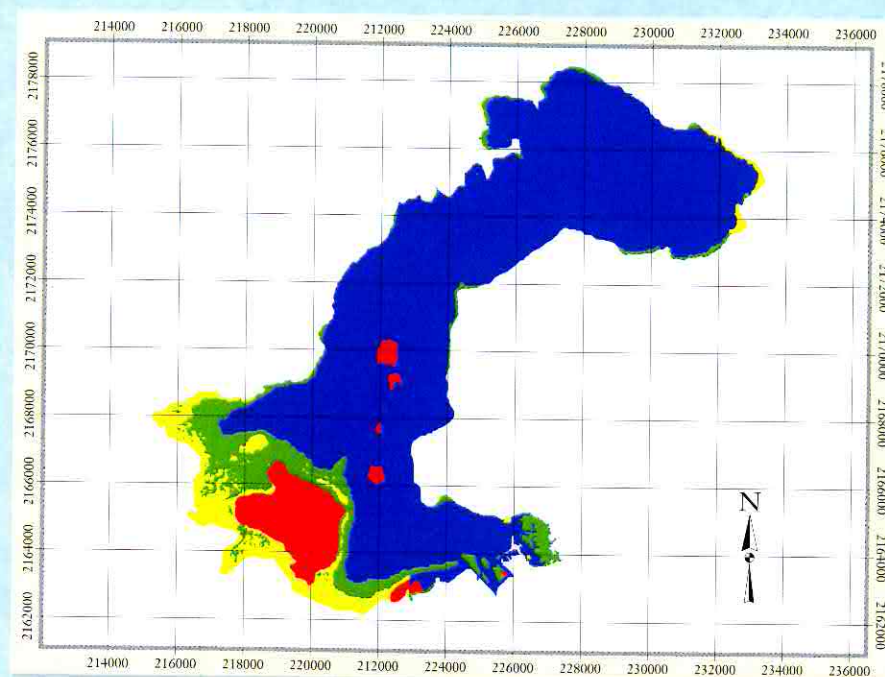
Método: Fotointerpretación y análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Retícula: 2000 m

Lago de Pátzcuaro 1995



Escala gráfica
2 0 2 4 6 Kilómetros

Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

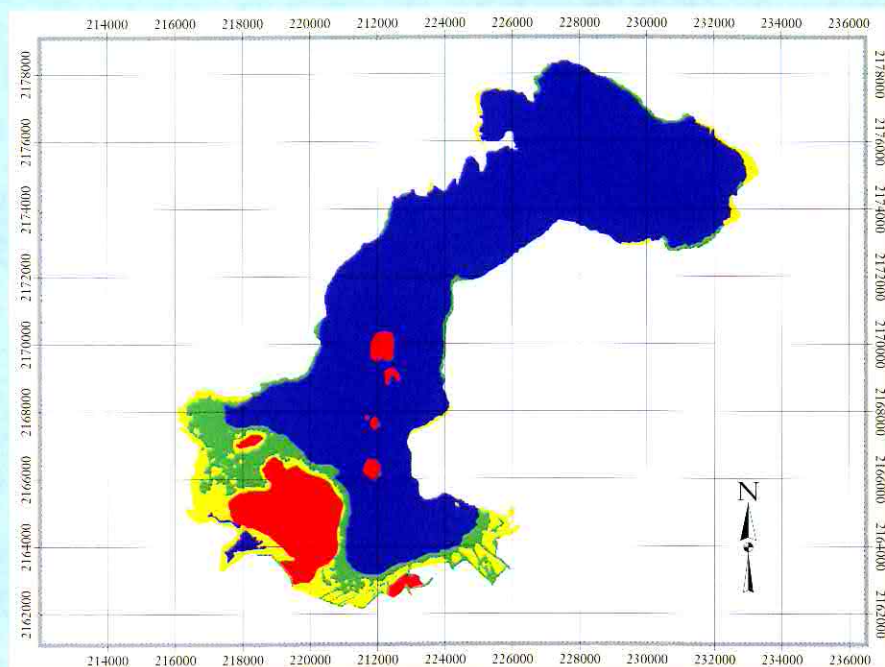
Método: Fotointerpretación y análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Retícula: 2000 m

ANEXO 2

*Evidencias fotográficas de los cambios morfométricos
ocurridos al lago de Pátzcuaro**Isla de Jarácuaro, con muelle seco (2003), Fernando Bernal.***Lago de Pátzcuaro 2000****Escala gráfica**

2 0 2 4 6 Kilómetros

Leyenda

- Vegetación Emergente
- Vegetación Sumergida
- Aguas Abiertas
- Islas

Proyección: UTM

Esferoide: Clarke 1866

Datum: NAD27 (México)

Elaboró: A. Gómez-Tagle Ch.

Método: Fotointerpretación y
análisis en SIG.

Escala 1: 111,561

Fecha: marzo-2001

Retícula: 2000 m



El embarcadero de Pátzcuaro, arriba, *Saucedo*; abajo (2003), *Fernando Bernal*.

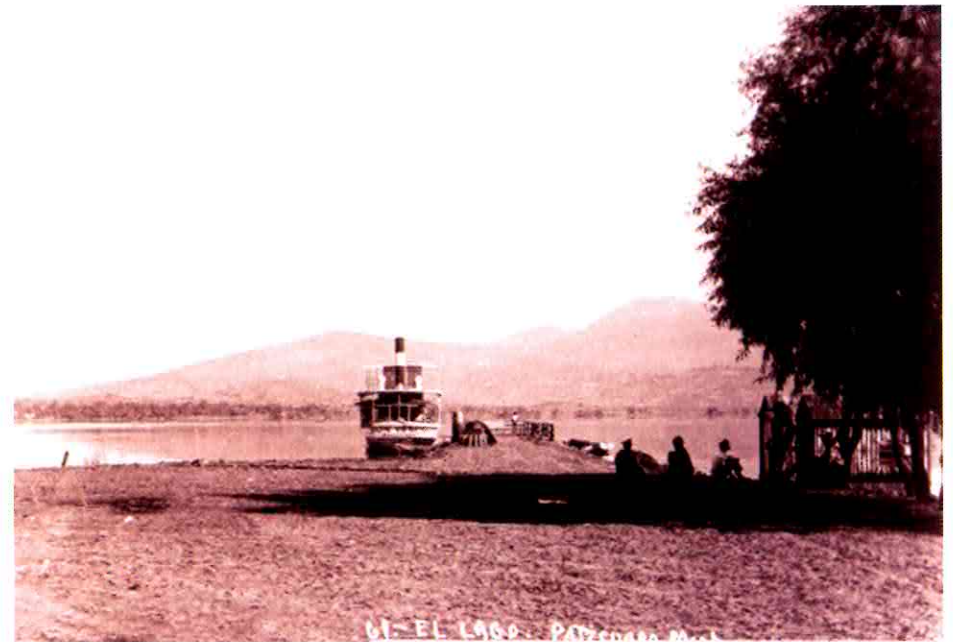


Islas de Urandén, arriba, *anónimo*; abajo (2005), *Fernando Bernal*.





Isla San Pedrito, arriba, *anónimo*; abajo (2008), *Fernando Bernal*.



Embarcadero viejo, arriba, *anónimo*; abajo (2003), *Fernando Bernal*.



BIBLIOGRAFÍA

- ALAYE, N. (1993), "El pescado blanco (género *Chirostoma*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Composición de especies", en *Ciencia Pesquera*, núm. 9.
- ALCOCER-DURAND, J. y BERNAL-BROOKS, F. W. (2002), "Spatial and temporal heterogeneity of physical and chemical variables for an endorheic, shallow water body: Lake Patzcuaro, Mexico", en *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 155, núm. 2.
- ____ y Escobar-Briones, E. (1990), "The drying-up of the mexican axalapazcos", en *Salinet*, núm 4.
- ALFARO, A. (1998), *Análisis gonádico del pez blanco (Chirostoma estor estor Jordan 1879) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*, tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- ALVARADO, J., ZUBIETA, T., ORTEGA, R., CHACÓN, A., y ESPINOZA, R. (1985), "Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México)", en *Boletín del Departamento de Biología*, UMSNH.
- ÁLVAREZ, J. (1950), *Claves para la determinación de especies en los peces de las aguas continentales mexicanas*, Secretaría de Marina-Dirección General de Pesca e Industrias Conexas.
- ____ (1972), "Ictiología Michoacana. V. Origen y distribución de la ictiofauna dulceacuícola de Michoacán", en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, núm. 19, IPN.
- ____ (1981), *Pláticas hidrobiológicas*, Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología-Compañía Editorial Continental.

- _____, ÁVILA, P., CALDERÓN, G. y CHAPA, H. (1961), *Los recursos naturales de México III. Estado actual de las investigaciones de hidrobiología y pesca*, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.
- ANCONA, I., BATALLA, M. A., CABALLERO, E., HOFFMAN, C., LLAMAS, R., MARTÍN DEL CAMPO, R., OCHOTERENA, I., RIOJA, E., ROCA, J., SÁMANO, A., VEGA, C. y VILLAGRÁN, F. (1940), "Prospecto biológico del Lago de Pátzcuaro", en *Anales del Instituto de Biología* (México) 11.
- ANDRADE, E. (1990), *Desarrollo embrionario y larval de Chirostoma Pátzcuaro Meek 1902 y de los híbridos obtenidos por fertilización artificial con Chirostoma grandocule Steindachner 1894 (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich., México*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- ARMIJO, A. y SASSO, L. (1976), *Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de aterínidos (Chirostoma sp.) del lago de Pátzcuaro, Mich.*, Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA), serie Técnica núm. 3.
- ARREDONDO FIGUEROA, J. L. (1987), "Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos con especial énfasis en su ictiofauna", en *Contribuciones en Hidrobiología*, ed. Gómez-Aguirre, S. y Arenas-Fuentes, V., Memorias de la Reunión "Alejandro Villalobos", octubre 24-26, 1983, Instituto de Biología, UNAM.
- BARBOUR, C. D. (1973), "The systematics and evolution of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae)", en *Tulane Studies in Zoology and Botany* 18 (3).
- BARRIGA-SOSA, I. (2001), *Variabilidad morfométrica, merística y molecular de especies del género Chirostoma (Pisces: Atherinopsidae)*, tesis de Doctorado, UAM-Iztapalapa.
- BERNAL-BROOKS, F. W. (1984), *Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de Tilapia nilotica en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Mich.-Gro*, tesis de Licenciatura, UNAM.
- _____. (1988), *Limnology of Lake Zirabuén relative to cultural impacts*, tesis de Maestría, University of Guelph.
- _____. (1998), "The lakes of Michoacan: a brief history and alternative point of view" en *Freshwater Forum*, 10.
- _____. (2002a), "Classic lake and reservoir studies across Mexico", en *Lakeline Magazine*, Winter issue.
- _____. (2002b), *La limnología del lago de Pátzcuaro: una visión alternativa a conceptos fundamentales*, tesis de Doctorado, UNAM.
- _____. y MACCRIMMON, H. R. (2002a), "Lake Zirahuen (Mexico): A natural reservoir visually insensitive to cultural eutrophication", en *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status & Scope*, ed. Munawar, M., Lawrence, S., Munawar, I. y Malley, D., Ecovision World Monograph Series, Backhuys Publishers.
- _____. y MACCRIMMON, H. R. (2000b), "Lake Zirahuen (Mexico): An assessment of the morphometry change based on evidence of water level fluctuations and sediment inputs", en *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status & Scope*, ed. Munawar, M., Lawrence, S., Munawar, I. y Malley, D., Ecovision World Monograph Series, Backhuys Publishers.
- _____. DÁVALOS-LIND, L. y LIND, O.T. (2002a), "Assessing trophic state of an endorheic tropical lake: the algal growth potential and limiting nutrients", en *Archiv für Hydrobiologie* 153.

- _____, DÁVALOS-LIND, L., y LIND, O. T. (2003), "Seasonal and spatial variation in algal growth potential and growth-limiting nutrients in a shallow Mexican lake: Lake Pátzcuaro", en *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 8.
- _____, GÓMEZ-TAGLE ROJAS, A. y ALCOCER-DURAND, J. (2002b), "Lake Patzcuaro (Mexico): a controversy about the ecosystem water regime approached by field references, climatic variables and GIS", en *Hydrobiologia* 467.
- BRANDON, R.A. (1970), "Size range, size at maturity and reproduction of *Ambystoma* (Bathysiredon) *dumerilii* (Duges), a paedogenic mexican salamander endemic to lake Pátzcuaro, Michoacán", en *COPELA*, núm 2.
- CAMPOS, A. (2000), *Comparación del crecimiento de tres especies del género Chirostoma (Pisces: Atherinidae) en cultivo experimental dentro de sistemas parciales de recirculación de agua*, tesis de Maestría, UMSNH.
- CHACÓN, A. (1989), *A limnological study of Lake Patzcuaro, Mexico, with a consideration of the application of remote sensing techniques*, tesis de Doctorado. University of Stirling.
- _____, (1992), "El Ecosistema lacustre", en *Pátzcuaro 2000*, ed. Toledo, V. M., Álvarez-Icaza, P. y Ávila, P., Fundación Friedrich Ebert Stiftung.
- _____, (1993a), *El Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México: bosquejo limnológico de un lago amenazado*, UMSNH.
- _____, (1993b), "Lake Pátzcuaro, Mexico: watershed and water quality deterioration in a tropical high-altitude Latin American lake", en *Lake and Reservoir Management* 8 (1).
- _____, y MUZQUIZ, E. (1991), *El Lago de Zirahuén, Michoacán, México. Reconocimiento ambiental de una cuenca Michoacana*, UMSNH.
- _____, PÉREZ, R., y MUZQUIZ, E. (1991), *Síntesis Limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*, UMSNH.
- CHÁVEZ-TOLEDO, C. (1987), *Ictiofauna del Alto Lerma; aspectos sistemáticos, zoogeográficos y ecológicos*, tesis de Licenciatura, IPN.
- CRUZ, O. (1995), *Balance hídrico en la cuenca del lago de Zirahuén*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- DE BUEN, F. (1939), "Huevos, crías, larvas y jóvenes de *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro", en *Trabajos de la Estación Limnológica de Pátzcuaro (México)*.
- _____, (1941a), "El Lago de Pátzcuaro. Recientes estudios limnológicos", en *Revista del Instituto Panamericano de Geografía e Historia* 1.
- _____, (1941b), "Las variaciones físicas y químicas de las aguas del Lago de Pátzcuaro (st. X) desde octubre de 1939 a marzo de 1941", en *Investigaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro (México)* 7.
- _____, (1943), "Los lagos michoacanos. I. Caracteres generales. El Lago de Zirahuén", en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 3-4.
- _____, (1944a), "Limnobiología de Pátzcuaro", en *Anales del Instituto de Biología (México)* 15 (1).
- _____, (1944b), "Los lagos michoacanos. II. Pátzcuaro", en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 1-2.
- DE LA LANZA, G. y HERNÁNDEZ PULIDO, S. (comp. y col.) (2007), *Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*, AGT Editor.
- DEEVEY, E.S. Jr. (1944), "Pollen analysis and Mexican Archaeology: An attempt to apply the method", en *American Antiquity* 10.

- _____. (1957), "Limnologic studies in Middle America with a chapter on aztec Limnology", en *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 39.
- DÍAZ-PARDO, E. y CHÁVEZ-TOLEDO, C. (1987), *Resultados preliminares del estudio ictiofaunístico de la cuenca Lerma-Chapala, México*, Proceedings of the Desert Fishes Council, XVI-XVII.
- _____, GODÍNEZ-RODRÍGUEZ, A., LÓPEZ-LÓPEZ, E. y SOTO-GALLERA, E. (1993), "Ecología de los peces de la cuenca del Río Lerma, México", en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (México)* 39.
- ESTRADA, M. C. (1991), *Verificación a nivel experimental de la existencia de híbridos entre las especies de *Chirostoma estor* y *Chirostoma grandocule* (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. tesis de Licenciatura, UMSNH.
- GARCÍA, R. (1990), *Relaciones alimenticias entre cuatro especies simpátricas de peces de la familia Atherinidae en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- GARCÍA DE LEÓN, F. J. (1984), *Ecología pesquera, alimentación y ciclo gonádico de *Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacépède, en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*, tesis de Licenciatura, UANL.
- GARDUÑO MONROY, V., ISRADE ALCÁNTARA, I. y ARREY-GUE ROCHA, E. (2002), "La inquietante evolución de las cuencas lacustres en zonas volcánicas, ejemplo, la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán, México", en *Aportes al Proyecto Pátzcuaro: estudios, propuestas y avances para la restauración de la cuenca del lago de Pátzcuaro*, SEMARNAT-Delegación Michoacán.
- GÓMEZ-TAGLE CHÁVEZ, A. (2001), *Fotomosaicos secuenciales del Lago de Pátzcuaro incorporados a un SIG. Un estudio retrospectivo de morfometría lacustre*, tesis de Licenciatura, UNAM-FES Iztacala.
- _____, BERNAL-BROOKS, F. y ALCOCER, J. (2002), "Sensitivity of Mexican water bodies to regional climatic change: three study alternatives applied to remote sensed data of lake Patzcuaro", en *Hidrobiologia* 467.
- GRAHAM, A. (2001), *Comparative study of proteolytic enzymes in the digestive tracts of the sub-species of pez blanco *Chirostoma estor estor* and *Chirostoma estor copandaro* (Pisces: Atherinidae)*, Proyecto de Acuicultura de la Universidad de Stirling.
- HERNÁNDEZ, S., BERNAL-BROOKS, F. W., VELARDE, G., ORTIZ, D., LIND, O. y DÁVALOS-LIND, L. (2001), "The algal growth potential and limiting nutrient of 30 lakes and reservoirs of the Mesa Central of México", en *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27.
- HORVÁT, L., TAMÁS, G. y TÖLG, I. (1984), *Special methods in fish pond husbandry*, ed. Halver, J. Akadémiai Kiadó, Halver Corporation.
- HUIPE RAMOS, A. B. (2007), *El extensionismo acuícola en microembalses: una propuesta de manejo para la región de Zacapu, Michoacán*, tesis de Maestría, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales-UMSNH.
- HUTCHINSON, G. E. (1957), *A treatise on Limnology*, John Wiley & Sons, Inc.
- _____, PATRICK, R. y DEEVEY, E. (1956), "Sediments of lake Pátzcuaro, Michoacán, México", en *Bulletin of the Geological Society of America* 67.

- ISRADE, I. (2005), "Los cuerpos de agua" en *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado*, ed. Villaseñor, L., Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad-Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente-UMSNH.
- LARA, A. (1980), "Introducción de nuevas especies al lago de Pátzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas", en *Memorias del 2º Simposio Latinoamericano de Acuacultura*.
- LEDESMA, P. (1990), *Análisis de las fases ontogénicas primarias y reconocimiento del híbrido obtenido por fecundación artificial entre *Chirostoma attenuatum* y *Chirostoma Pátzcuaro* (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich., México*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- LIMÓN, G. y LIND, O. T. (1990), "The management of Lake Chapala (Mexico): considerations after significant changes in the water regime", en *Lakes and Reservoirs Management* 6.
- LÓPEZ, G. (1982), *Dinámica hidrológica del lago de Zirahuén*, tesis de Licenciatura, UAM-Iztapalapa.
- LÓPEZ-LÓPEZ, E. (1989), *Ecología y distribución de la ictiofauna del río Laja (Sistema Lerma-Chapala)*, tesis de Maestría. IPN.
- _____. (1991), "Cambios distribucionales en los peces del río de la Laja (cuenca río Lerma), por efectos de disturbios ecológicos", en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (México)* 35.
- _____. y DÍAZ-PARDO, E. (1989), "Estudios biológicos y ecológicos de la ictiofauna de la presa Begonias, Gto.", en *Zoología Informa* 12.
- MARES, G., LEÓN, G., DE JESÚS, S. y LEÓN, F. (1996), *Desarrollo y crecimiento de larvas de pescado blanco *Chirostoma estor* Jordan 1879*, informe técnico, inédito.
- _____. MORALES, J. J. y LEÓN, F. (1997), *Desarrollo y crecimiento de larvas de pescado blanco *Chirostoma estor* Jordan 1879*, informe técnico, inédito.
- _____. MORALES, J. J., HERNÁNDEZ, N., SABANERO, S. y LEÓN, G. (1999), "Comportamiento de reproductores de pez blanco en condiciones de cautiverio", en *Memorias de la IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuacultura*.
- _____. PEDROZA, R., MORALES, J. J., SABANERO, S., LEÓN, G., DE JESÚS, S. y VILLAGÓMEZ, D. (2002), *Evaluación de dos tipos de presentación de alimentos en crías de pescado blanco, *Chirostoma estor* en laboratorio. Informe de avances, Noviembre de 2002*, Inédito, CRIP-Pátzcuaro-Instituto Nacional de la Pesca.
- MARGALEF, R. (1983), *Limnología*, Ediciones Omega.
- _____. PLANAS, D., ARMENGOL, J., VIDAL, A., PRAT, N., GUISET, A., TOJA, J. y ESTRADA, M. (1976), *Limnología de los embalses españoles*, Dirección General de Obras Hidráulicas-Ministerio de Obras Públicas.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C., BARRIGA-TOVAR, E., TAYLOR, J. F., RÍOS-DURÁN, G. y ROSS, L. (2002), "Effects of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor* Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes", en *Aquaculture* 209.
- _____. COMAS-MORTE, J., TELLO-BALLINAS, J. A., TOLEDO-CUEVAS, M. y ROSS, L. G. (2004), "The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor* Jordan 1880 (Pisces: Atherinidae)", en *Aquaculture* 238.

- _____, RACOTTA, I. S., RÍOS-DURÁN, M. G., PALACIOS, E., TOLEDO-CUEVAS, M. y ROSS, L.G. (2006), "Advances in applied research for the culture of Mexican silversides (*Chirostoma*, Atherinopsidae)", en *Biocell* 30.
- _____, RÍOS, M. G., CAMPOS, A., TOLEDO, E., AGUILAR, M. C. y ROSS, L. G. (2003), "Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro", en *Historia y avances del cultivo de pescado blanco*, Dirección General de Investigación en Acuicultura-Instituto Nacional de la Pesca.
- MATSUI, Y. y YAMASHITA, T. (1936), "Informe acerca del establecimiento del laboratorio limnológico de Pátzcuaro", en *Boletín Forestal y de Caza y Pesca*, año I, núm. 4.
- _____, (1937), "Proyecto de los trabajos que se desarrollarán en la Estación Limnológica de Pátzcuaro, Mich.", en *Boletín Forestal y de Caza y Pesca*, año II, núm. 6.
- MELACK, J. M. (1976), "Primary productivity and fish yields in tropical lakes", en *Transactions of the American Fisheries Society* 105.
- _____, (1979), "Temporal variability of phytoplankton in tropical lakes", en *Oecologia* 44.
- MENDIVIL, O., CORTÉS, R., CUEVAS, C. y GARCÍA, J. L. (1980), "Algunos aspectos fisicoquímicos y consideraciones sobre la pesca en el lago de Cuitzeo, Mich. (estudio trimestral 1976-1977)", en *Memorias del 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura*.
- MENDOZA, G. (1962), "The reproductive cycles of three viviparous teleosts, *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldii* and *Neophorus diazi*", en *The Biological Bulletin* 123.
- MORELOS, M. (1987), *Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto Chirostoma attenuatum Meek 1902 (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich., México*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- _____, SEGURA, V. y CHACÓN, A. (1994), "Desarrollo embrionario de pez blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor* Jordan 1879 (Pisces: Atherinidae)", en *Zoología Informa* 27.
- OLIVARES, A. (2001), *Toxicidad de la formalina en larvas de pez blanco (Chirostoma estor estor) y acúmara (Algansea lacustris) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- ORDÓÑEZ, P., PÉREZ, A., TRACONIS, S. y ROJAS, A. (1982), "Características limnológicas y clasificación trófica del lago de Zirahuén, Mich.", en *Memorias del 3º Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 22-24 de septiembre.
- OSEGUERA, L. (1990), *Caracterización morfológica de los estadios embrionarios y juveniles de Chirostoma grandocule Steindachner y la verificación del híbrido con Chirostoma attenuatum Meek (1902) del lago de Pátzcuaro, Mich., México*. tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- OSORIO-TAFALL, B. F. (1941), "Materiales para el estudio del microplancton del lago de Pátzcuaro (México)", en *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (México)* 2.
- _____, (1944), "Biodinámica del lago de Pátzcuaro I. Ensayo de interpretación de sus relaciones tróficas", en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 5.
- _____, (1946), "Anotaciones sobre algunos aspectos de la hidrobiología mexicana", en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 7.
- PÉREZ, H. (1987), *Contribución al conocimiento de la hibridación natural entre Chirostoma estor Jordan 1879 vs. Chirostoma*

- grandocule Steindachner 1894 (Pisces: Atherinidae) en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- PLANAS, D. y MOREAU, G. (1990), "Natural eutrophication in a warm volcanic lake", en *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 24.
- RAUDA, J. (1987), *Contribución al conocimiento de la biología pesquera del charal pinto Chirostoma Pátzcuaro Meek 1902 (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich., México*. Tesis de Licenciatura, UMSNH.
- RÍOS-DURÁN, G. (2000), *Actividad proteolítica en larvas de pez blanco Chirostoma estor Copándaro (Pisces: Atherinidae): implicaciones para su cultivo*, tesis de Maestría, UMSNH.
- RODRÍGUEZ-CASILLAS, A. S. (2003), "Reserva de conservación ecológica de pez blanco *Chirostoma estor* y acúmara *Algaensea lacustris*", en *Historia y avances del cultivo de pescado blanco*, Dirección General de Investigación en Acuicultura-INP.
- ROJAS, P. (1985), *Crecimiento del pescado blanco en estanquería rústica con tres tipos de alimento*, Dirección General de Acuicultura, documento inédito.
- ____ (1991), "Aplicación de la técnica de Woynarovich en huevos de pescado blanco *Chirostoma estor* Jordan 1879 del lago de Pátzcuaro, Mich.", INP-CRIP-Pátzcuaro, informe técnico inédito.
- ____ (2003), "Cultivo de pescado blanco del Lago de Pátzcuaro. Una revisión de las investigaciones del Instituto Nacional de la Pesca", en *Historia y avances del cultivo de pescado blanco*, Dirección General de Investigación en Acuicultura-INP.
- ____, MORALES, J. J. y GÓMEZ, A. (1986), "Experiencias preliminares de incubación de *Chirostoma estor* en un sistema cerrado de recirculación de agua", en *Memoria del Primer Simposio Nacional de Acuicultura*.
- ____, MARES, G., MORALES, J. J., SABANERO, S., HERNÁNDEZ, N., LEÓN, G. y LEÓN, F. (2000), *Desarrollo y crecimiento de larvas de pescado blanco Chirostoma estor Jordan*, Proyecto CONACYT-INP.
- ROSAS, I., VELASCO, A., BELMONT, R., BÁEZ, A. y MARTÍNEZ, A. (1993), "The algal community as an indicator of the trophic status of Lake Pátzcuaro, México", en *Environmental Pollution* 80.
- ROSAS, C. (1994), *Cultivo experimental de crías de pez blanco: Chirostoma estor estor Jordan 1879 (Pisces: Atherinidae) en jaulas de cultivo y bajo régimen de alimentación con cinco dietas*, tesis de Licenciatura, UMSNH.
- ROSAS, M. (1967), *Investigaciones relacionadas con el cultivo de pez blanco de Pátzcuaro Chirostoma estor Jordan 1879*, tesis de Licenciatura. UNAM.
- ____ (1970), *Pescado blanco (Chirostoma estor): su fomento y cultivo en México*, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras-Secretaría de Industria y Comercio.
- ____ (1976a), *Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo*, INP-Secretaría de Industria y Comercio-Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo.
- ____ (1976b), "Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies", en *Memorias del Simposio de Pesquerías en Aguas Continentales*, Secretaría de Industria y Comercio.

- RYDER, R.A. (1965), "A method for estimating the potential fish production of north temperate lakes" en *Transactions of the American Fisheries Society* 94.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2006a), "Carta Nacional Pesquera", en *Diario Oficial de la Federación*, 25 de agosto de 2006.
- ____ (2006b), *Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo*, INP-SAGARPA.
- SALAS, H. J. y MARTINO, P. (1991), "Simplified phosphorus trophic state model for warm tropical lakes" en *Water Research* 25.
- SÁNCHEZ, S. (1992), *Biología reproductiva del charal blanco Chirostoma grandocule (Steindachner, 1894. Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich., México*. tesis de Licenciatura, UMSNH.
- SEGURA, V. (1997), *Ecología reproductiva del pez blanco Chirostoma estor Jordan, 1879 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. tesis de Maestría, IPN.
- SLÁDECEK, V. y VILA CLARA, G. (1993), "A water-bloom in Lake Pátzcuaro (Michoacán, Mexico)", en *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 25.
- SOLÓRZANO PRECIADO, A. (1955), *La pesca en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, y su importancia económica regional*, Dirección General de Pesca-Secretaría de Marina.
- ____ (1961), *Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*, Secretaría de Industria y Comercio.
- ____ (1963), *Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras-Secretaría de Industria y Comercio.
- SOTO-GALERA, E. (1989), *Estudio ictiofaunístico de la subcuenca del río Turbio-Silao-Guanajuato*, tesis de Licenciatura, IPN.
- TAMAYO, J. L. (1962), *Geografía General de México*, t. II, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas.
- ____ y West, R. C. (1964), "The hidrography of Middle America", en *Handbook of Middle America Indians*, ed. Wauchope, R. y West, R. C., vol. I, Univ. Texas Press.
- TÉLLEZ, C. y MOTTE, O. (1980), "Estudio planctonológico preliminar del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. México, mayo de 1976", en *2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura*.
- WELCH, P.S. (1952), *Limnology*. McGraw-Hill.
- WETZEL, R.G. (1975), *Limnology*, Sanders.
- ZOZAYA, M. (1940), *La Estación Limnológica de Pátzcuaro*, Departamento de la Marina Nacional.
- ____ (1941), "Observaciones termopluviométricas en Pátzcuaro, Michoacán". en *Investigaciones de la Estación Limnológica de Pátzcuaro*, núm 2.

La Estación Limnológica de Pátzcuaro, 1938-2008

se terminó de imprimir en la ciudad de Santiago de Querétaro
en el mes de octubre del año 2008.

El cuidado editorial estuvo a cargo de Viterbo Editorial.

El tiraje fue de 1,000 ejemplares.

Ing. Manuel Juvencio Rodríguez Arteaga, coordinador del programa de Dragado en el Lago de Pátzcuaro

Nicolás Hernández Zárate, egresado del Colegio Nacional de Educación Profesional-Técnica, técnico titular "C" del laboratorio de limnología en el CRIP Pátzcuaro

Georgina Mares Báez, encargada del programa de Pescado Blanco en el CRIP Pátzcuaro

Sergio Sabanero Meza, técnico asociado "A" en el laboratorio de acuicultura del CRIP Pátzcuaro

Carlos Meléndez Galicia, biólogo egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, técnico auxiliar "C" del CRIP Pátzcuaro, especialista en evaluaciones pesqueras

Claudia de Jesús Avendaño, estudiante de la Facultad de Biología y especialista en el manejo de Sistemas de Información Geográfica

Sesángari Galván Quesada, estudiante de maestría por la Universidad de Nancy, Francia, al igual que por parte de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



COMISIÓN DE
PESCA DEL ESTADO
MICHOCÁN



MICHOCÁN
TRABAJA



ISBN 970955753-4



9 789709 557534

