



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS RECURSOS NATURALES
(INIRENA-UMSNH)



COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS

**“CULTIVO EXPERIMENTAL DE LA ACÚMARA DEL LAGO
DE PÁTZCUARO (*Algansea lacustris* STEINDACHNER,
1895. PISCES: CYPRINIDAE) EN ESTANQUES RÚSTICOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

PRESENTA

JOSÉ MANUEL FABIÁN REGALADO

DIRECTOR DE TESIS

DR. ARTURO CHACÓN TORRES

**MORELIA, MICHUACÁN, MÉXICO
2008**



CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	10
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	10
III. ANTECEDENTES.....	11
3.1. Orígenes de la acuacultura.....	11
3.2. Historia de la acuacultura en México.....	16
3.3. La pesquería en aguas continentales de México.....	16
3.4. La pesquería en el estado de Michoacán.....	18
3.5. Los sistemas acuáticos mexicanos.....	25
3.6. La introducción de especies.....	27
3.7. Especies de aprovechamiento pesquero.....	28
3.8. Las especies nativas.....	35
3.8.1. Mojarra castarrica.....	35
3.8.2. Pez blanco.....	36
3.8.3. Pejelagarto.....	36
3.8.4. Achoque.....	37
3.8.5. Ictalurus balsanus.....	38
3.9. La acúmara.....	38
IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.....	42
4.1. La región de origen de la especie.....	42
4.1.1. Localización geográfica.....	42
4.1.2. Fisiografía.....	42
4.1.3. Geología.....	43
4.1.4. Clima.....	44
4.1.5. Suelos.....	45
4.1.6. Vegetación.....	45
4.1.7. Hidrografía.....	46
4.1.8. Ictiofauna.....	46
4.1.9. Pesquerías.....	47
4.1.10. Limnología.....	48

4.2. El área experimental de cultivo.....	52
4.2.1. Localización geográfica.....	52
4.2.2. Origen.....	52
4.2.3. Geología.....	55
4.2.4. Suelos.....	57
4.2.5. Clima.....	60
4.2.6. Flora y fauna.....	61
4.2.7. Hidrología.....	62
4.2.8. Morfometría del lago.....	63
4.2.9. Balance hidráulico.....	64
4.2.10. Características del agua.....	65
4.2.11. Ictiofauna.....	66
4.2.12. Especies endémicas.....	68
4.2.13. Especies introducidas.....	69
4.2.14. Programas acuícolas o de repoblación.....	72
4.2.15. Producción pesquera.....	72
V. LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	77
5.1. Sistemática.....	77
5.2. Diagnósis.....	77
5.3. Habitat y distribución.....	78
5.4. Hábitos alimenticios.....	78
5.5. Crecimiento.....	79
5.6. Ecología reproductiva.....	80
5.7. Enfermedades.....	80
VI. MÉTODO.....	83
6.1. El sistema de cultivo.....	83
6.2. Análisis de suelo.....	87
6.2.1. Textura.....	87
6.2.2. Estructura.....	87
6.2.3. Consistencia.....	87
6.2.4. Materia orgánica.....	87
6.2.5. Permeabilidad.....	87
6.2.6. Color.....	87

6.2.7. Calcio y magnesio.....	88
6.3. Meteorología y balance de agua.....	88
6.4. Sanidad.....	89
6.5. Sembrado de crías y biometría inicial.....	89
6.6. Alimentación y engorda.....	90
6.7. Análisis de contenidos estomacales.....	90
6.8. Crecimiento.....	90
6.8.1. Ganancia en peso.....	91
6.8.2. Tasa de crecimiento específica.....	91
6.9. Análisis parasicológico.....	91
6.10. Análisis de agua.....	91
6.10.1. Temperatura.....	92
6.10.2. Potencial de Hidrógeno.....	92
6.10.3. Conductividad eléctrica.....	92
6.10.4. Concentración de sólidos totales.....	92
6.10.5. Concentración de sólidos suspendidos.....	92
6.10.6. Concentración de sólidos totales disueltos.....	93
6.10.7. Concentración de nitratos (NO_3).....	93
6.10.8. Concentración de nitritos (NO_2).....	93
6.10.9. Concentración de nitrógeno amoniacal (NH_4).....	93
6.10.11. Dureza total.....	94
6.10.12. Alcalinidad.....	94
6.10.13. Acidez.....	94
6.10.14. Oxígeno disuelto.....	94
6.10.15. Saturación de oxígeno.....	94
6.10.16. Concentración de clorofila-a.....	94
6.10.17. Transparencia del disco de Secchi.....	95
6.10.18. Concentración de materia orgánica disuelta.....	95
6.11. Comunidades biológicas.....	96
6.11.1. Fitoplancton.....	96
6.11.2. Zooplancton.....	96
6.11.3. Bentos.....	96
VII. RESULTADOS	97
7.1. El sistema de cultivo.....	97

7.2. Análisis del suelo.....	97
7.2.1. Análisis físicos.....	98
7.2.1.1. Textura.....	98
7.2.1.2. Estructura.....	99
7.2.1.3. Consistencia.....	99
7.2.1.4. Permeabilidad.....	100
7.2.1.5. Color.....	100
7.2.2. Análisis químicos.....	102
7.2.2.1. Contenido de materia orgánica.....	102
7.2.2.2. Potencial de Hidrógeno.....	103
7.2.2.3. Concentración de calcio y magnesio.....	103
7.3. Balance de agua	104
7.3.1. Clima del sitio de cultivo.....	104
7.3.2. Balance de agua en el sistema.....	106
7.4. La especie.....	109
7.4.1. Crecimiento.....	109
7.4.1.1. Ganancia en peso.....	109
7.4.1.2. Tasa de crecimiento.....	109
7.4.1.3. Tasa de crecimiento específico.....	110
7.4.2. Contenidos estomacales.....	110
7.4.3. Enfermedades.....	114
7.5. Calidad del agua.....	115
7.5.1. Temperatura.....	115
7.5.2. Potencial de Hidrógeno.....	115
7.5.3. Conductividad eléctrica.....	118
7.5.4. Sólidos totales.....	118
7.5.5. Sólidos suspendidos.....	118
7.5.6. Sólidos totales disueltos.....	122
7.5.7. Transparencia de Secchi.....	122
7.5.8. Dureza total.....	122
7.5.9. Alcalinidad.....	122
7.5.10. Acidez.....	122
7.5.11. Concentración de oxígeno disuelto.....	127
7.5.12. Nitrógeno amoniacal.....	127

7.5.13. Nitritos.....	127
7.5.14. Nitratos.....	131
7.5.15. Fósforo total.....	131
7.5.16. Fosfato reactivo soluble.....	131
7.5.17. Materia orgánica disuelta.....	135
7.5.18. Clorofila-a.....	135
7.6. Ciclo dial.....	138
7.7. Comunidades biológicas.....	139
7.7.1. Fitoplancton.....	139
7.7.2. Zooplancton.....	141
7.7.3. Bentos.....	142
VIII. DISCUSIÓN.....	143
IX. CONCLUSIONES.....	154
X. RECOMENDACIONES.....	155
Anexo I.....	156
XI. LITERATURA CITADA.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. Imagen satelital de la cuenca del lago de Cuitzeo, México.....	53
Figura 3. Imagen satelital del lago de Cuitzeo, Michoacán, México.....	54
Figura 4. Mapa geológico de la región oriental del lago de Cuitzeo, Michoacán.....	56
Figura 5. Mapa edafológico de la zona oriental del lago de Cuitzeo, Michoacán.....	59
Figura 6. Producción pesquera en el lago de Cuitzeo, Michoacán.....	76
Figura 8. Ubicación de los estanques rústicos experimentales, en la ribera norte del lago de Cuitzeo.....	84
Figura 9. Ubicación de los estanques rústicos experimentales, en la ribera norte del lago de Cuitzeo.....	85
Figura 10. Ubicación de los estanques rústicos experimentales en tramo carretero Irámuco – Andocutín.....	86
Figura 11. Climograma de la zona de estudio (Estación meteorológica de Huingo).....	107
Figura 12. Balance de agua del estanque de cultivo de acúmara.....	108
Figura 13. Temperatura mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	116
Figura 14. Potencial de Hidrógeno mensual registrado en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	117
Figura 15. Conductividad eléctrica mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	119
Figura 16. Concentración de sólidos totales mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	120
Figura 17. Concentración de sólidos suspendidos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	121
Figura 18. Concentración de sólidos suspendidos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	123

Figura 19. Transparencia del disco de Secchi mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	124
Figura 20. Dureza total mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	125
Figura 21. Alcalinidad mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	126
Figura 22. Concentración de oxígeno disuelto mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	128
Figura 23. Concentración de nitrógeno amoniacal mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	129
Figura 24. Concentración de nitrógeno de nitritos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	130
Figura 25. Concentración de nitrógeno de nitratos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	132
Figura 26. Concentración de fósforo total mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	133
Figura 27. Concentración de fósforo reactivo disuelto mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	134
Figura 28. Concentración de materia orgánica disuelta mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	136
Figura 29. Concentración de materia orgánica disuelta mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	137
Figura 30. Ciclo dial registrado en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.....	138

Figura 31. Gráfico de crecimiento en longitud vs peso de la acúmara de Pátzcuaro bajo condiciones de cultivo en estanques rústicos.....	147
Figura 32. Gráfico de longitud vs peso de la acúmara de Pátzcuaro bajo condiciones de cultivo en estanques rústicos.....	148

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ictiofauna del lago de Pátzcuaro.....	7
Tabla 2. Países de mayor producción en la acuicultura mundial (FAO, 2006).....	15
Tabla 3. Producción pesquera mundial por origen, grupo biológico y tipo de agua (2003) (miles de toneladas en peso vivo)....	19
Tabla 4. Producción nacional de la acuicultura en peso vivo en litorales y entidades federativas durante el periodo de 1994- 2004 (toneladas).....	20
Tabla 5. Producción pesquera de Michoacán, en peso vivo, por principales especies (1994-2004) (Toneladas).....	23
Tabla 6. Producción pesquera mensual en Michoacán, en peso vivo, por principales especies 2004 (toneladas).....	24
Tabla 7. Principales lagos y presas de México.....	25
Tabla 8. Número de embalses mayores en el territorio nacional y volumen de almacenamiento por estado.....	26
Tabla 8 a). Especies de dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	29
Tabla 8 b). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	30
Tabla 8 c). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	31
Tabla 8 d). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	32
Tabla 8 e). Especies de anfibios dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	33
Tabla 8 f). Especies de crustáceos dulceacuícolas que se aprovechan en México.....	33
Tabla 8 g). Especies de moluscos dulceacuícola que se aprovechan en México.....	34
Tabla 8 h). Especie de insecto dulceacuícola que se aprovecha en México...	34
Tabla 8 i). Especie de molusco dulceacuícola que se aprovecha en México...	34
Tabla 9. Características del agua en el lago de Cuitzeo, Michoacán.....	67
Tabla 10. Ictiofauna del lago de Cuitzeo, Michoacán, México.....	70
Tabla 11. Especies de peces nativos del lago de Cuitzeo, Michoacán, México.....	71

Tabla 12. Especies de peces introducidos del lago de Cuitzeo, Michoacán, México.....	71
Tabla 13. Siembras realizadas en los últimos años en el lago de Cuitzeo.....	75
Tabla 14. Coordenas de ubicación de los estanques rústicos (cuadrante 14Q)...	83
Tabla 15. Características generales del suelo del sistema de estanquería rústica.....	97
Tabla 16. Resultados del análisis de textura de los estanques de cultivo por el método de Boyouccos (FAO, 1985).....	98
Tabla 17. Resultados del análisis de estructura del suelo de los estanques de cultivo.....	99
Tabla 18. Resultados del análisis de consistencia del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.....	99
Tabla 19. Resultados del análisis de permeabilidad del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.....	100
Tabla 20. Resultados del análisis de color de suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.....	101
Tabla 21. Resultados del análisis de la concentración de materia orgánica del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.....	103
Tabla 22. Resultados del análisis de Calcio de suelo de los estanques experimentales del cultivo de acúmara.....	104
Tabla 23. Resultados del análisis de Magnesio del suelo del estanque experimental del cultivo de acúmara.....	103
Tabla 24. Temperatura media en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000).....	105
Tabla 25. Precipitación en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000).....	105
Tabla 26. Evaporación total en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000).....	105
Tabla 27. Balance de agua de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.....	106

Tabla 28. Valores de talla y peso de acúmara registrados en estanquería rústica durante el periodo experimental.....	111
Tabla 29. Resultados de las variables de crecimiento estimadas para la acúmara en estanquería rústica.....	112
Tabla 30. Resultados del análisis de contenidos estomacales en crías y alevines de acúmara mantenidas en estanquería rústica.....	113
Tabla 31. Especies de fitoplancton identificadas en el sistema de estanquería rústica.....	140
Tabla 32. Especies de zooplancton identificadas en el sistema de estanquería rústica.....	141

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como una actividad productiva orientada hacia el cultivo de los organismos acuáticos incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivo implica necesariamente alguna forma de intervención del ser humano en el proceso de crianza para incrementar la producción, así como el manejo de un lote de organismos de talla regular, su alimentación, la protección de depredadores o el incremento en la sobrevivencia. También implica la posesión individual o corporativa sobre un grupo de organismos acuáticos que se encuentra bajo condiciones de cultivo. Los ejemplares cosechados por cualquier individuo o empresa, que han sido los propietarios de estos organismos durante el periodo de crecimiento y engorda, contribuyen a la acuicultura como actividad económica o productiva, mientras que aquellos organismos acuáticos que son capturados del medio natural y aprovechados por los individuos como un recurso de propiedad común, son considerados como captura pesquera o producción de pesca.

La acuicultura por lo tanto es una actividad económica orientada a la producción de organismos acuáticos bajo condiciones controladas, alcanzando el manejo de una ó más etapas del ciclo de vida de un organismo acuático antes de aprovecharlo, con el propósito elevar la producción y rendimiento (FAO, 1988).

La acuicultura es también la producción de organismos acuáticos en criaderos para liberarlos posteriormente a un hábitat natural o artificial, con el objeto de que sean capturados cuando la talla de estos organismos alcance un tamaño comercial definido. Esta actividad tiene una amplia aplicación en aguas dulces o interiores o epicontinentales, sosteniendo pesquerías activas que dependen principalmente de los criaderos o centros de producción de crías.



La acuacultura incluye también la captura de juveniles silvestres y su crecimiento en condiciones de cautiverio con cuidados específicos. Esta actividad puede iniciar desde la cría de organismos juveniles a partir de huevos fertilizados obtenidos de poblaciones silvestres, mantenidos y alimentados en corrales hasta que éstos alcanzan una talla comercial. En algunos casos, se impulsan pesquerías de alguna especie silvestre mediante el manejo en cautiverio de organismos juveniles silvestres.

Existe una amplia diversidad de actividades que se desarrollan en el cultivo de los organismos acuáticos en cautiverio, incluyendo la preparación del fondo de estanques como espacio de cultivo hasta el suministro de una alimentación intensiva o fertilización del agua como una técnica de nutrición para asegurar el crecimiento de los organismos.

La técnica de acuacultura más completa consiste en la producción y eclosión de huevos, la cría de juveniles en estanques, tanques, jaulas flotantes u otros sistemas de encierro hasta que los organismos alcanzan la talla comercial requerida. Esta opción incluye la creación y el mantenimiento de un lote de organismos como pie de cría. El sistema de cultivo se orienta hacia un completo control sobre el ciclo de vida de la especie. El grado de control del ciclo vital es variable y el rendimiento aumenta en proporción a nivel e intensidad de manejo en la producción de crías, mantenimiento de los organismos en un ambiente adecuado, control de depredadores y técnicas eficientes de alimentación y nutrición.

La producción de la acuacultura se refiere a los organismos obtenidos, incluyendo sus diferentes destinos como la cosecha, consumo, reproducción u otros propósitos como el ornato. Esta producción es reportada en número de organismos producidos en el caso de crías y alevines o en unidades de peso vivo para los animales acuáticos y en peso húmedo para las plantas acuáticas.



La actividad de la acuacultura también se orienta al empleo de los tres ambientes de cultivo incluyendo el agua dulce o dulceacuícola, salobre y marina.

El ambiente de agua dulce es el medio acuático que presenta una baja concentración de salinidad que generalmente es menor a 1.0 parte por mil. Estos ambientes son generalmente epicontinentales, es decir, que se encuentran situados en tierra firme y su fuente de agua incluye lagos, embalses artificiales, ríos, arroyos, canales, manantiales o pozos profundos.

El agua salobre es el medio en el cual el agua puede alcanzar diferentes concentraciones de salinidad. La concentración de sales puede variar desde 5.0 hasta 45.0 partes por mil. Este medio salobre puede presentar variaciones en el volumen, así como en los valores de salinidad de una manera regular o cíclica ya sea diaria o estacional. Estas variaciones se encuentran determinadas por el ingreso al sistema de cultivo de agua dulce o marina. El agua salobre se presenta generalmente en lagunas costeras y sistemas estuarinos en donde existe una fuerte interacción entre el medio marino y los escurrimientos superficiales de agua dulce. Algunos sistemas acuáticos cerrados interiores, que se encuentran en tierra firme pueden ser salobres o halinos, estos sistemas por lo general poseen un nivel de salinidad constante y que con frecuencia superan a la concentración normal de sales del agua dulce incluso ocasionalmente pueden llegar a registrar una concentración de sales mayor a la del mar.

El agua marina es el medio generalmente costero y oceánico en donde la salinidad se mantiene en niveles de concentración cercanos a las 35.0 partes por mil. De manera específica existen zonas marinas con menor concentración y que se encuentran asociadas a los deshielos de las zonas polares. Sin embargo, en el ambiente marino la concentración salina por lo general no se encuentra sujeta a variaciones diarias o estacionales.



La piscicultura es una rama de la acuacultura que tiene como objetivo el cultivo controlado de los peces incrementando la producción y el rendimiento de su biomasa optimizando el uso racional del suelo y del agua (Huet, 1973). Esta actividad se practica en diversos sistemas acuáticos incluyendo los lagos, ríos, presas, canales, estanques, tanques y jaulas de cultivo.

Los avances en la piscicultura para desarrollar técnicas y métodos de producción de peces son cada día más diversos, lo que significa que la tecnología acuícola se orienta principalmente hacia la eficiencia en la capacidad de producción, es decir, un incremento en la densidad de organismos bajo condiciones de cultivo, el mantenimiento de la infraestructura y la calidad del agua para disminuir los costos de inversión y operación, así como el incremento en la calidad del producto para su presentación en el mercado o el mejoramiento en las características nutritivas del producto para su consumo.

En México la apremiante necesidad de producción de alimentos con un alto contenido en proteína para satisfacer las demandas de nutrición de la población utilizando la amplia diversidad de recursos naturales acuáticos ha generado un creciente interés. Las comunidades rurales del territorio nacional requieren para su desarrollo y adecuada alimentación de la producción de proteína animal a bajo costo utilizando para ello técnicas accesibles y económicas para el cultivo de peces.

El cultivo de peces en estanques de tierra o rústicos es una práctica acuícola que es productiva, de bajo costo, controlada y alto rendimiento.

Un estanque es un depósito artificial de tierra que se puede llenar y vaciar fácilmente. De acuerdo a las necesidades de la piscicultura casi siempre es rectangular ya que esta geometría facilita la captura de los peces y permite una operación más eficiente en su construcción y mantenimiento. De preferencia el estanque posee una orientación de este a oeste en su longitud máxima para obtener el máximo aprovechamiento de la luz solar.



Los estanques pueden ser contruidos directamente sobre el sustrato del suelo a los que actualmente se les conoce como rústicos. Alternativamente existen aquellos estanques contruidos con fondo del mismo terreno, pero con las paredes de materiales sólidos y permanentes como el concreto. De esta manera, a estos estanques se les conoce semi-rústicos.

El estanque de concreto es un sistema que posee los mismos principios de la estanquería rústica, pero tanto sus paredes como el fondo, así como sus estructuras de suministro de agua y su drenaje se encuentran cubiertos y reforzados con mampostería y concreto. De esta manera, se asegura una mayor durabilidad, mejor control sobre la calidad del agua y una alta eficiencia en las actividades de mantenimiento. Generalmente sus dimensiones tienden a ser pequeñas comparadas con los estanques rústicos, ya que los costos de construcción con materiales de concreto son generalmente elevados.

Alternativamente los estanques pueden ser contruidos de fibra de vidrio o con cubierta de plástico, siendo esta modalidad utilizada principalmente para sistemas de cultivo intensivo en donde el flujo de agua es permanente y de alta calidad.

Los estanques más ampliamente utilizados para la producción de peces son los rústicos ya que éstos representan bajos costos de construcción y los depósitos de materia orgánica que se acumulan en el fondo del mismo, así como en los taludes de sus paredes, favorecen el crecimiento de microorganismos que constituyen una fuente adicional de alimento para los peces. El sistema es productivo y económico en su mantenimiento, existe el control del agua con relativa facilidad y se pueden aplicar abonos y alimentos artificiales además de alcanzar una alta productividad.

Durante las últimas tres décadas la acuacultura de especies nativas ha adquirido importancia en México, ya que las especies nativas significan una sólida identidad cultural, potencial económico además de su alta afinidad ecológica en la región.



El cultivo de las especies nativas también puede reducir la presión de captura sobre aquellas poblaciones de peces regionales de interés comercial en su hábitat natural, además de ofrecer la posibilidad de repoblar lagos como es el caso del lago de Pátzcuaro que es el hábitat de 13 especies de peces de las cuales nueve son consideradas como nativas y cuatro son introducidas (Tabla 1).

Tabla 1. Ictiofauna del lago de Pátzcuaro

Nombre local	Especie	Familia	Origen
Choromu	<i>Neophorus diazi</i>	Goodeidae	Nativa
Chehua	<i>Allophorus robustus</i>	Goodeidae	Nativa
Tirhú pitsupiti	<i>Goodea atripinnis luitpoldi</i>	Goodeidae	Nativa
Chakuami	<i>Menidia grandocule</i>	Atherinopsidae	Nativa
Kuerepo	<i>Menidia pátzcuaro</i>	Atherinopsidae	Nativa
Kuerepo turipiti	<i>Menidia attenuatum</i>	Atherinopsidae	Nativa
Kurucha urapiti	<i>Menidia estor</i>	Atherinopsidae	Nativa
Akumara	<i>Algansea lacustris</i>	Cyprinidae	Nativa
Gupi	<i>Poeciliopsis infans</i>	Poeciliidae	Nativa
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Cyprinidae	Introducida
Carpa de Israel	<i>Cyprinus carpio espectralis</i>	Cyprinidae	Introducida
Mojarrita	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	Introducida
Trucha o lobina negra	<i>Micropterus salmoides</i>	Centrarchidae	Introducida

En el caso del lago de Pátzcuaro los diferentes grados de competencia ecológica en la trama trófica, la alteración ambiental que sufre el lago por el deterioro y la sobreexplotación pesquera son factores que han generado el riesgo de extinción de las diferentes especies nativas que habitan el lago de Pátzcuaro (Chacón, 1993).

Por otro lado, el diseño de una tecnología regional para inducir la producción intensiva de alevines de especies nativas, permite no solamente recuperar un recurso pesquero amenazado, sino que también ofrece posibilidades de respaldar una acuacultura regional compatible y autosuficiente.



En México, la falta de investigación básica y aplicada sobre los recursos acuáticos nativos y endémicos favoreció la introducción de especies exóticas y la adopción de su tecnología de cultivo. En consecuencia, la competencia ecológica, la introducción de parásitos, la dependencia tecnológica y la erosión genética de las poblaciones introducidas generó riesgos tanto ecológicos como económicos que afectaron el desarrollo de una acuacultura sustentable y responsable.

En la actualidad en diversos sitios del territorio nacional se desarrollan estudios sistemáticos sobre las diferentes especies nativas que representan un potencial para el cultivo. Estos estudios incluyen la generación de información básica de cada especie sobre aspectos ecológicos, fisiológicos, biología reproductiva y alimentaria, resistencia a las enfermedades y su demanda en el mercado.

Por lo anterior, es de fundamental importancia que la acuacultura regional se oriente hacia el aprovechamiento de las especies nativas que posean un potencial para su cultivo así como la interacción de una serie de factores tanto del medio natural como de la especie biológica para permitir su manejo eficiente y control adecuado bajo condiciones de cultivo.

De las especies nativas que habitan el lago de Pátzcuaro y que representan un creciente interés en la pesquería comercial, se identifica a la acúmara (***Algansea lacustris***), que es una especie de carpa mexicana de amplia aceptación dentro de las comunidades P'urhépecha de la ribera del lago. Sin embargo, los trabajos orientados hacia el conocimiento de su biología y posibilidades de cultivo han sido insuficientes y fragmentados.

En la actualidad las poblaciones naturales de acúmara del lago de Pátzcuaro se encuentran seriamente amenazadas a causa de la sobreexplotación pesquera y el deterioro ambiental.



Es necesario entonces diseñar esquemas de regulación de la pesquería de esta especie, planear su cultivo e incrementar su volumen de producción, mediante el estudio de su biología y el desarrollo de tecnología para su cultivo aprovechando sus atributos biológicos y su afinidad regional.

El presente trabajo forma parte de un eje de investigación orientado hacia el cultivo de especies nativas que actualmente se desarrolla en el Departamento de Acuicultura del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH) y tiene como propósito evaluar las posibilidades de establecer cultivos experimentales en la modalidad de estanquería rústica para el crecimiento y desarrollo de ***Algansea lacustris*** Steindachner (1895), que permita su posterior desarrollo bajo un esquema de acuicultura compatible con las necesidades regionales.



II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el sistema de cultivo en estanque rústico para el crecimiento de crías de acúmara del lago de Pátzcuaro (*Algansea lacustris* Steindachner, 1895. PISCES: CYPRINIDAE) con alimentación natural.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

2.2.1. Evaluar las características físicas y químicas del suelo que influyen en el funcionamiento de un estanque rústico.

2.2.2. Evaluar los efectos de la calidad del agua en un cultivo semi-intensivo de acúmara para la producción de alimento natural utilizando el estanque rústico como sistema de cultivo.

2.2.3. Evaluar la tasa de crecimiento en crías de acúmara bajo condiciones de cultivo semi-intensivo utilizando el estanque rústico como sistema de cultivo.



III. ANTECEDENTES

3.1. Orígenes de la acuacultura

La acuacultura es una actividad productiva antigua realizada por el hombre cuando en su evolución y adaptación identificó la necesidad de alimentarse disminuyendo las desventajas de las actividades de colecta del medio natural. La necesidad del cultivo de peces se desarrolló ante la posibilidad de criar peces en sistemas cerrados sustituyendo la captura en los lagos, ríos, arroyos o el medio marino.

Los orígenes de la acuacultura se remontan casi a 4,000 años en la historia del hombre. Considerando la antigüedad de esta actividad así como la diversidad de sus prácticas no existe una fecha precisa del primer cultivo de organismos acuáticos. Sin embargo, las ostras en Japón así como los peces en Egipto son quizás los primeros organismos cultivados en la historia del hombre.

Se ha documentado que durante el periodo de 2852 a.c. al 2737 a.c. los primeros cinco emperadores de China desarrollaron algunas técnicas básicas para el cultivo de la carpa común (*Cyprinus carpio*) y de la lisa (*Mugil cepahlus*), en estanques construidos en las granjas para gusanos de seda, lo que sugiere que las primeras prácticas de acuacultura pudieron realizarse hace 4,000 años.

Se han interpretado registros en bajorrelieves del antiguo Egipto (2052 a.c. a 1786 a.c.) y de Roma, en donde se muestra el cultivo de peces en estanques. Algunos registros antiguos que datan desde el año 2000 a.c. refieren a los japoneses que cultivaban ostras en zonas intermareales, actividad que también refiere Aristóteles se desarrolló en Grecia y que según Plinio también se realizó en Roma 100 a.c. (Cifuentes, 1990).

En China en el año 900 a.c. se registran antecedentes de un policultivo como técnica de producción en la que ensayaron la combinación del uso de un sistema acuático con el aprovechamiento de peces, hortalizas y la cría de cerdos. Esta técnica permaneció como una actividad aislada durante varios años (Juárez, 1982).



En China también la domesticación de la carpa se inició 500 años antes que en Europa. El primer escrito sobre el cultivo de peces en estanques fue hecho por el piscicultor y general retirado chino Fain Li, en el año 475 a.c. (Chakroff, 1983).

La literatura griega y romana menciona en algunos de sus documentos el cultivo de peces en estanques rústicos; la carpa común fue introducida a Europa a través del río Danubio por los romanos entre el siglo I y el IV, estableciendo así el cultivo de especies introducidas en el continente Europeo (Huet, 1983; SEPESCA 1986).

El romano Sergius Orata desarrolló los bancos o camas de ostras en Baiae en las orillas del Mar Lucrino. Posteriormente el general romano Lucullus construyó estanques rústicos incluyendo un estanque circular posiblemente para reproducción de peces, en Tusculum, cerca de la Bahía de Nápoles. Durante el primer siglo del presente el romano Lucius Junius Moderatus Columella elaboró el Tratado de Piscicultura Romana.

En el año 1086 se realizó en Gran Bretaña la primera construcción de estanques rústicos para el cultivo de peces, actividad introducida por los normandos después de concluir la invasión y la conquista en el año de 1066.

En el año de 1229 los romanos iniciaron la transformación de la Gran Laguna de Comacchio en el Mar Adriático para cultivar peces en estanques rústicos.

Durante el siglo XIV en el año de 1420 el monje francés Dom Pichon de la Abadía de Reome logró incubar huevos de trucha arcoiris que colectó en los ríos en donde estos peces se reproducían, posteriormente concluyó su manuscrito “Fecundación artificial y eclosión de huevos de peces”, documento que no fue publicado hasta el año de 1850. Taverner en 1600 describió el manejo de un estanque y técnicas sobre el cultivo de la carpa común. También describió técnicas sobre la construcción, fertilización y alimentación en estanques rústicos (Chakroff, 1983).



En el año de 1700 en Bolivia, se desarrolló una granja acuícola con una extensión de casi 500 km². Al final de la década de los años 1950, los arqueólogos registraron este hallazgo en la región de Baures cerca del Amazonas boliviano. Sin embargo, la edad de estos trabajos de estanquería y norias de alimentación no fueron precisados hasta que el investigador Clark Erickson de la Universidad de Pennsylvania realizó una detallada evaluación del sitio (Erickson, 2001).

Las técnicas de cultivo en Europa fueron mejoradas por los monjes durante los siglos XIV a XVI. La trucha fue cultivada en una pequeña instalación alemana en el año de 1741, el alemán Jacobi logró fecundar huevos de trucha y de salmón, publicando sus resultados en el año de 1758. En el año de 1834 Shaw y Young desarrollaron técnicas de eclosión de salmón bajo condiciones artificiales en Drumbuggrigg, Escocia. Con estos conocimientos los pescadores franceses Joremy y Gehin en el año de 1844 obtuvieron alevines que utilizaron para la repoblación de sistemas acuáticos naturales. En el año de 1852, el Instituto Huningue de Francia inició actividades en Basle para la reproducción controlada de la trucha café orientada a la restauración de las poblaciones silvestres de los ríos de Francia (Cifuentes, 1990).

En el continente americano Theodatus Garlick en Cleveland, Ohio inicia sus trabajos reproducción y cultivo de trucha arcoiris en año de 1854, publicando su manual de cultivo en el año de 1857.

En el año de 1870 se estableció la primera granja de cultivo del esturión en Rusia, mientras que la primera introducción de América hacia Europa se registró en el año de 1873 con ensayos de cultivo y reproducción de lobina (*Grystes nigracaus*).

El 11 de julio de 1893 se registró la primera producción de perla cultivada en Japón, aunque esta actividad ya había sido practicada en este país en la antigüedad.

En el año de 1912 Noruega iniciaron los primeros cultivos de trucha arcoiris en ambientes marinos.



En el año de 1935 en Pemberton, Australia se estableció la primera productora de de crías de peces para la acuicultura regional. En el año de 1951 en Vineyard Haven, Massachusetts se construyó la primera estación de investigación y producción de larvas de langosta. Desde ese año de manera ininterrumpida se han producido poblaciones de langosta para su liberación a lo largo de la costa del Atlántico.

Al término de la Segunda Guerra Mundial el desarrollo de la acuicultura adquirió un fuerte impulso tecnológico que facilitó su integración a nivel mundial como actividad productiva. Este éxito productivo fue motivado por tres aspectos esenciales: a) las facilidades ofrecidas por el moderno transporte de peces, b) el avance en la reproducción artificial de los peces en cultivo, y c) el desarrollo alimentos concentrados para las especies (Huet, 1983).

A partir de la década de los años sesenta se extendió el interés por la acuicultura en numerosos países del mundo, de manera que para el año de 1990 la producción de la acuicultura mundial alcanzó un equivalente a 22 billones de dólares. En la actualidad se ha estimado que se obtienen cerca de 59.4 millones de toneladas de diferentes especies acuáticas y marinas cultivadas en diferentes sistemas, con un beneficio económico de 70.3 billones de dólares en donde el 47.41% corresponde a la producción de peces, 23.44% a plantas acuáticas, 22.31% a moluscos, 6.19% a crustáceos, 0.43% a anfibios y reptiles y 0.21% a invertebrados acuáticos (FAO, 2006).

Los principales países productores en la producción de la acuicultura son China, India, Filipinas, Indonesia, Japón, Viet Nam, Tailandia, Corea del Sur, Bangladesh y Chile (FAO, 2006) (Tabla 2).



Tabla 2. Países de mayor producción en la acuicultura mundial (FAO, 2006)

PAÍS (2004)	PRODUCCIÓN (TON)	GLOBAL (%)	VALOR (1000 US\$)	GLOBAL (%)
China	41'329,608	69.6	35'997,253	51.2
India	2'472,335	4.2	2'936,478	4.2
Filipinas	1'717,028	2.9	794,711	1.1
Indonesia	1'468,612	2.5	2'162,849	3.1.
Japón	1'260,810	2.1	4'241,820	6.0
Vietnam	1'228,617	2.1	2'458,589	3.5
Tailandia	1'172,866	2.0	1'586,625	2.3
República de Corea	952,856	1.6	1'211,741	1.7
Bangladesh	914,752	1.5	1'363,180	1.9
Chile	694,693	1.2	2'814,837	4.0



3.2. Historia de la acuacultura en México

En México, existen referencias acerca de que el emperador Netzahualcóyotl y posteriormente Moctezuma mantuvieron peces en estanques rústicos, los que eran utilizados como adorno o para alimento. De gran importancia histórica y belleza fueron los diez estanques que el emperador Moctezuma mandó construir en una de sus residencias en donde mantenía una gran variedad de peces (FAO 1979; Sevilla 1981).

A finales del siglo XVII, se intentó cultivar peces en las riberas de los ríos Chalco, lago de Texcoco y en varios estanques que se encontraban en la zona de Chapultepec, Churubusco, San Joaquín y Culhuacán (FAO, 1979).

El primer intento para integrar la piscicultura a la actividad productiva de México fue realizado por Antonio Alzate en el año de 1772 cuando presentó ante las autoridades del virreinato una propuesta sobre las ventajas de nutrir en forma adecuada al pueblo a través de la piscicultura (Sevilla, 1981).

Cházari (1884) realizó los primeros experimentos en estanques rústicos con especies introducidas como la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) especies que se adaptaron al sistema de estanques rústicos mencionando las características de la calidad del agua óptimas para su desarrollo.

Por otro lado, en México se han utilizado estrategias de cultivo económicas pero de baja productividad, como es el caso de la piscicultura extensiva, ésta se refiere a la introducción de crías en cuerpos de agua naturales y artificiales, sin mantener un estricto control de las poblaciones en cultivo.

En el año de 1910 se realizó la introducción de crías de lobina negra en Poncitlán, Jalisco. En 1929 es introducida esta misma especie en el lago de Pátzcuaro con el propósito de incrementar las pesquerías locales (Sevilla, 1981).



Por otro lado, se han hecho intentos para utilizar el cultivo semi-intensivo e intensivo por medio de técnicas más elaboradas como sería el cultivo en jaulas, las canaletas de corriente rápida ("raceways") y los encierros manejando diferentes especies de carpas, bagre, trucha y tilapia.

Durante la década de los años 50 se creó en la Secretaría de Marina, la Comisión para el Fomento de la Piscicultura Rural bajo la dirección de Don Fernando Obregón Fernández en donde se confrontaban dos tendencias en el campo de la piscicultura rural. Una de ellas cuestionaba la distribución indiscriminada y preferencial de especies para la pesca deportiva, particularmente las de origen neártico, tales como la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y sus especies forrajeras del género *Lepomis*; además de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), todas ellas introducidas a México con anterioridad, al igual que la carpa común (*Cyprinus carpio*), aunque ésta, bajo el primer enfoque, estaba orientada a su eliminación para generar un espacio a las especies antes mencionadas. La segunda tendencia argumentaba que el número de embalses artificiales era cada día mayor, sobre todo en las áreas tropicales donde se localizan los ríos de mayor caudal en México, lo que permitía diseñar por razones ecológicas así como socioeconómicas, un plan de piscicultura a escala nacional que respondiera a las necesidades alimentarias de la población campesina y a las características ecológicas de los ecosistemas acuáticos del país.

Por lo anterior, se procedió a la aplicación de una nueva política acuícola, en la cual, sin excluir los aspectos positivos del esquema anterior, se establecieron en la práctica lineamientos y métodos más afines con las características ambientales, problemas y necesidades del país, las grandes extensiones acuáticas tropicales fueron pobladas con especies carnívoras y herbívoras que contribuyeron de manera incipiente a resolver el problema de malezas acuáticas.



3.3. La pesquería en aguas continentales de México

La acuacultura mundial ha mostrado un rápido crecimiento durante los últimos cincuenta años, hasta alcanzar 59.4 millones de toneladas en el año de 2004. Esta producción representa un valor total de 70.3 billones de dólares americanos.

La producción de la acuacultura mundial indica una tasa de crecimiento anual de 8.8% desde el año de 1950 hasta el año de 2004. La actividad pesquera desarrollada en las aguas continentales del territorio nacional registró en el año 2000 un volumen total de 122,711 toneladas con un valor de 1'187,974 miles de pesos (Anuario Estadístico de Pesca, 2000 SAGARPA-CONAPESCA). Esta cifra representó el 13.4% de la producción pesquera total a nivel nacional y el 9.96% del valor total de esa producción (Tablas 3 y 4).

3.4. La pesquería en el estado de Michoacán

La pesca y la acuacultura michoacana se han realizado con tecnología limitada y baja industrialización operando con infraestructura deficiente u obsoleta. El proceso de comercialización no refleja el potencial productivo del estado. El desarrollo del sector pesquero se encuentra estático a partir de la década de los años noventa. En el año de 1993 la producción pesquera de Michoacán fue de 35.5 mil toneladas ocupando el 10º lugar nacional; en el año 2002 se registró una producción de 22 mil toneladas ocupando el décimo segundo lugar (Tabla 5). En el año de 1993 la actividad de la acuacultura generó 25 mil de toneladas ubicando al estado de Michoacán en el segundo lugar nacional. Sin embargo, en el año 2003 se registraron menos de 16 mil toneladas ocupando el quinto lugar en la producción nacional de acuacultura.

En la producción acuícola de extensionismo la especie biológica que históricamente ha sido aprovechada es la tilapia que se captura en numerosos sistemas acuáticos de aguas interiores, especialmente en la Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” (Tabla 6).



Tabla 3. Producción pesquera mundial por origen, grupo biológico y tipo de agua (2003) (miles de toneladas en peso vivo)

PAIS	PRODUCCIÓN MUNDIAL	ORIGEN		GRUPO BIOLÓGICO		AMBIENTE	
		CAPTURA	CULTIVO	ANIMALES	VEGETALES	AGUA MARINA	AGUA DULCE
TOTAL 2/	147,517	91,845	55,672	133,752	13,765	112,128	43,718
CHINA	55,737	17,052	38,686	45,697	10,040	39,406	16,331
PERU	6,108	6,071	37	6,100	8	5,713	395
JAPON	6,085	4,784	1,302	5,506	579	5,640	445
INDIA	6,034	3,721	2,313	6,025	9	5,638	396
INDONESIA	5,920	4,692	1,229	5,631	289	3,451	2,469
E.U	5,533	4,989	544	5,484	49	4,182	1,351
CHILE	4,525	3,922	603	4,147	378	3,704	821
TAILANDIA	3,914	2,850	1,064	3,914		3,153	761
FILIPINAS	3,618	2,170	1,449	2,629	990	2,898	720
RUSIA	3,429	3,321	109	3,390	39	2,991	438
NORUEGA	3,287	2,702	584	3,133	153	2,882	405
VIET NAM	2,824	1,856	968	2,794	30	2,285	539
COREA	2,488	1,648	840	2,031	457	1,613	875
ISLANDIA	2,009	2,005	4	1,987	22	1,616	393
BANGLADESH	1,998	1,141	857	1,998		909	1,089
MYAMAR	1,596	1,344	252	1,596		1,171	425
TAIWAN 3/	1,655	1,291	364	1,643	13	1,078	421
MALASIA	1,540	1,348	192	1,517	23	1,047	436
MEXICO	1,468	1,345	123	1,438	30	987	481
CANADA	1,281	1,131	151	1,261	20	767	515
ESPAÑA	1,169	896	273	1,169	0	766	403
DINAMARCA	1,074	1,044	30	1,074		681	393
BRASIL	990	712	278	990		585	405
FRANCIA	948	708	240	878	70	441	507
ARGENTINA	918	883	34	918		469	449
MARRUECOS	898	896	2	887	11	332	566
EGIPTO	876	431	445	876		483	393
SUDAFRICA	848	848	0	813	35	452	396
REINO UNIDO	817	635	182	817		424	393
COREA	1,174	704	470	713		314	399
RESTO DEL M.	16,755	14,706	2,049	16,236	519	16,050	705

1/ CAPTURA Y CULTIVO DE ANIMALES Y VEGETALES EN PESO VIVO SE EXCLUYEN CONCHAS, ESPONJAS, CORALES, COCODRILOS Y MAMIFEROS.

2/ LAS CIFRAS PUEDEN NO COINCIDIR, DEBIDO AL REDENDEO DE LAS CIFRAS.

FUENTE: Food and Agriculture Organization (2006)



Tabla 4. Producción nacional de la acuacultura en peso vivo en litorales y entidades federativas durante el periodo de 1994- 2004 (toneladas)

LITORALES Y ENTIDADES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TOTAL 1/	171,389	157,574	169,211	173,878	159,781	166,336	188,158	196,723	187,485	207,775	224,249
LITORAL DEL PACIFICO	60,487	64,313	59,360	57,658	57,714	61,049	69,469	82,117	79,582	102,666	115,293
Baja California Norte	659	517	1,101	1,447	1,634	1,406	1,567	1,327	1,041	5,280	5,432
Baja California Sur	132	54	60	116	229	84	330	513	491	638	1,293
Sonora	8,065	11,060	7,330	7,527	9,194	13,757	14,135	25,084	20,204	32,574	45,687
Sinaloa	17,659	18,989	12,857	13,734	17,900	18,655	23,163	23,590	27,723	28,189	23,903
Nayarit	1,266	1,656	1,981	2,636	3,568	3,751	3,823	5,354	6,092	10,905	9,001
Jalisco	9,598	9,396	6,432	6,142	6,416	5,646	5,465	5,610	4,810	4,450	5,230
Colima	647	777	725	788	818	923	1,006	1,006	463	407	1,076
Michoacán	11,860	13,574	20,309	15,882	12,850	11,857	14,272	15,007	15,693	16,701	19,661
Guerrero	5,292	4,047	2,987	2,726	1,219	1,493	1,150	1,211	1,208	1,941	1,367
Oaxaca	483	348	709	866	517	480	610	603	399	612	675
Chiapas	4,826	3,895	4,869	5,794	3,369	2,997	3,949	2,813	1,457	969	1,967
LITORAL DE GOLFO	69,849	56,723	71,426	80,405	68,588	72,943	84,300	85,925	78,964	73,560	74,891
Tamaulipas	12,840	7,125	8,339	7,656	5,082	5,165	4,565	3,923	4,317	3,499	7,004
Veracruz	33,925	30,338	35,038	38,048	36,810	35,755	41,349	45,349	43,349	41,113	36,874
Tabasco	20,256	17,775	26,084	32,087	24,144	29,534	35,364	33,168	27,262	25,147	26,513
Campeche	2,818	1,477	1,957	2,331	1,859	1,476	1,775	2,580	1,870	2,007	2,052
Yucatan	7	7	8	283	693	1,013	1,156	906	1,522	1,752	2,416
Quintana Roo	3	1	-	-	-	-	0	N.S.	0	42	32
ENTIDADES SIN LITORAL	41,053	36,538	38,425	35,815	33,479	32,344	34,388	28,680	28,938	31,549	34,066
Aguascalientes	1,531	562	194	296	449	442	519	370	425	507	509
Coahuila	2,675	2,380	2,078	2,433	1,699	1,459	2,420	989	1,089	1,624	1,112
Chihuahua	613	603	806	1,140	870	707	637	854	673	681	650
Durango	3,846	3,906	2,775	3,394	2,621	2,599	3,138	2,685	2,648	3,943	3,765
Guanajuato	7,193	6,696	4,682	4,063	4,483	4,613	4,491	3,766	3,891	2,888	2,933
Hidalgo	3,816	2,821	2,543	2,771	3,501	2,723	3,734	3,998	4,533	5,391	5,651
Mexico	4,967	4,214	5,295	4,463	4,897	5,918	6,120	6,787	6,740	7,347	10,241
Morelos	1,541	816	1,156	1,170	597	602	636	456	516	540	552
Nuevo León	248	3	190	153	150	167	157	110	98	151	148
Puebla	4,982	5,159	5,524	5,589	5,548	5,131	4,986	5,115	5,225	5,286	5,091
Queretaro	569	567	401	585	458	855	650	662	779	691	879
San Luis Potosí	2,164	1,443	1,488	1,135	642	1,394	1,109	326	375	177	378
Tlaxcala	1,175	728	628	707	715	699	698	386	364	416	447
Zacatecas	5,733	6,640	10,665	7,916	6,849	5,035	5,095	2,176	1,583	1,907	1,710

1/ Se han manejado dos conceptos diferentes de acuacultura; de 1983 se consideró como producción cultivada al volumen total de especies de agua dulce.

A partir de 1994 comprende en exclusiva la producción cultivada en forma intensiva (sistemas controlados) y la derivada de siembra de organismos (pesquerías acuaculturales).



Los productos pesqueros obtenidos en el estado de Michoacán consisten en un 94% de la acuacultura incluyendo la captura de especies sembradas en los lagos y embalses epicontinentales. Esta producción es sostenida mediante la productividad natural que genera el sistema acuático complementado con programas de repoblación mediante el sembrado de crías que se producen en los diferentes centros de reproducción ubicados en el estado, además del cultivo y engorda que se desarrolla en unidades de producción incluyendo estanques rústicos, jaulas de cultivo y tanques artificiales. El 6% de la producción pesquera se genera a través de la pesca ribereña en pequeña escala.

Las causas que han inducido la disminución progresiva en la captura y producción pesquera incluyen la falta de un plan de ordenamiento pesquero regional, la carencia de un programa de vigilancia, la falta de permanencia de los programas de repoblación y manejo eficiente de las poblaciones pesqueras, así como la intensa explotación de los recursos acuáticos existentes.

Por otro lado, durante la última década las instituciones responsables de la administración del sector pesquero mexicano han sido severamente afectadas por los cambios de adscripción, la degradación de sus estructuras de gobierno y operatividad así como la disminución en el presupuesto.

Lo anterior ha ocasionado necesariamente la inconsistencia de los programas de fortalecimiento del sector, especialmente en los programas de manejo genético, producción de alevines y siembra para la acuacultura de extensionismo, con la consecuente degeneración paulatina en las poblaciones introducidas en embalses, bordos y canales, la degradación de las tallas comerciales, la incidencia de parásitos y enfermedades, así como la disminución progresiva de la producción pesquera.



El estado de Michoacán posee 18 lagos naturales, 260 embalses, 44 ríos, 600 manantiales con flujo cercano a los 100 L/s y más de seis mil pozos, de los cuales únicamente los que se encuentran al norte del estado se consideran a su nivel máximo de explotación o sobre explotados. Lo anterior representa una fortaleza con oportunidades productivas para el territorio michoacano en materia acuícola e hidrológica.

Por lo anterior, es de fundamental importancia que el potencial pesquero regional se impulse a través un programa de ordenamiento, asociado a un plan de manejo eficiente de las especies biológicas considerando a las especies nativas con potencial comercial, así como un programa de producción de crías y repoblación de embalses con especies nativas genéticamente controladas. De la misma manera, es necesario el desarrollo del cultivo en jaulas y encierros respaldado con técnicas de producción, esquemas de sanidad acuícola, manejo de capacidad de carga, disminución del impacto ambiental, así como su integración de las diferentes redes productivas que favorezcan su competitividad en el mercado.

De la misma manera, se debe definir un plan rector para el manejo y conservación de los recursos acuáticos regionales deberá incluir, estrategias de protección de las diferentes zonas de recarga de agua, especialmente en las regiones de montaña, un programa de regulación en el aprovechamiento de los pozos profundos, un esquema de optimización de los sistemas de irrigación, acciones eficientes para el mantenimiento de la capacidad de volumen de lagos y embalses así como el manejo eficiente del ciclo hidrológico a través del bosque y el suelo.



Tabla 5. Producción pesquera de Michoacán, en peso vivo, por principales especies (1994-2004) (Toneladas).

ESPECIE	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TOTAL	28,023	30,759	32,250	25,762	19,444	18,288	20,665	21,154	21,871	22,824	26,508
Bagre	159	60	76	78	70	103	262	132	109	167	289
Carpa	2,407	2,635	4,589	2,887	2,811	2,712	3,048	3,358	3,545	2,886	3,069
Charal	1,618	1,878	1,220	908	358	286	459	285	1,381	964	786
Guachinango	215	268	330	278	263	208	265	287	289	242	302
Lobina	-	139	142	234	10	3	4	13	1	2	-
Mojarra	13,384	15,621	17,923	13,425	9,719	9,732	11,364	12,063	12,339	13,758	16,581
Ostión	25	15	26	59	33	16	31	22	18	7	4
Pargo	42	48	57	65	77	48	33	36	47	86	74
Sierra	108	118	154	95	63	92	143	144	126	132	147
Tiburón y cazón	80	81	91	52	82	47	40	52	48	57	46
Otras	4,664	4,161	4,632	3,036	1,896	1,022	864	676	821	1,124	1,1128
Otras sin registro oficial	5,321	5,733	3,010	4,645	4,062	4,019	4,152	4,085	3,147	3,399	4,082



Tabla 6. Producción pesquera mensual en Michoacán, en peso vivo, por principales especies 2004 (toneladas)

DESTINO/ESPECIE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TOTAL	2,446	2,292	2,942	2,378	2,008	1,124	2,100	2,227	2,107	1,924	2,088	1,854	26,509
Consumo humano directo	2,466	2,292	2,942	2,378	2,008	2,124	2,100	2,227	2,107	1,923	2087	1,854	26,508
Almaja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2
Bragre	14	4	47	11	9	12	15	5	15	8	103	53	298
Bandera	1	2	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	9
Baqueta			0							0		0	0
Berrugata								0	0	0			0
Camaron								11				8	19
Carpa	323	315	298	242	235	230	233	273	236	237	242	205	3,069
Cazon	2	2	1	1	5	2	4	5	3	2	4	3	34
Charal	54	91	90	59	65	139	99	48	36	37	44	25	786
Corvina		0	0					0	0		0	0	
Esmedregal						0	0						0
Guachinango	20	21	25	26	25	33	35	27	20	24	27	19	302
Jaiba	0					0	0	0	0	0	0		
Juarel	8	10	8	12	8	7	8	7	9	13	11	10	109
Langosta	5	2	4	1	2	6	2				7	7	35
Langostino	3	3	2	2	3	2	5	2		1	1	1	25
Lebrancha													
Lenguado			1		1	1					1		4
Lisa	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	0	19
Lobina	0												0
Mero y similares	0	0	0			1	1	1					5
Mojarra	1,569	1,391	1,896	1,513	1,236	1,275	1,291	1,429	1,366	1,223	1,223	1,159	16,581
Ostion	1									1	0	1	4
Pampano	1	0	1				1					1	3
Pargo	4	4	5	5	4	4	6	6	9	10	11	7	74
Pulpo				1	4	4	8	1					17
Raya y similares	2	2	2	2	1	1	1	1	4	5	7	2	30
Robalo	1	1	1	2	1	2	2	3	2	2	3	3	23
Ronco	3	6	3	4	2	2	3	3	3	2	2	3	36
Sierra	13	17	14	23	13	7	9	6	5	10	16	14	147
Tiburón	1	4	4	6	4	7	6	2	6	1	3	3	46
Trucha	4	9	18	43	53	8	16	21	24	19	14	21	249
Otras	49	46	43	46	29	49	34	42	42	37	41	42	499
Otras sin registro oficial	387	362	476	374	306	328	320	332	323	290	315	266	4,080
Uso industrial										1	1		2
Otras										1	1		2



3.5. Los sistemas acuáticos mexicanos

México posee 320 cuencas hidrográficas, en las cuales se destacan 70 lagos, con tamaños de superficie de 1,000 a 10,000 hectáreas y que en su totalidad tienen una extensión total en el territorio nacional de 370,891 hectáreas (Tabla 7). Sin embargo, existen más de 14,000 embalses de los cuales el 83.5% posee una superficie menor a las 10.0 hectáreas. Los embalses mayores a las 10,000 hectáreas cubren el 66.0% de la superficie inundada (Tinoco y Atanacio, 1988).

Tabla 7. Principales lagos y presas de México

Tipos	Número de sistemas acuáticos	Superficie (ha)
Laguna perenne	1,256	884,601.55
Laguna temporal	335	51,801.66
Lago perenne	1,755	353,549.96
Lago temporal	1,974	254,117.44
Presa perenne	662	489,795.89
Presa temporal	551	33,241.30
Bordo	1,352	33,325.60
Total	7,885	2'100,433.41

El volumen reportado para las presas o embalses artificiales, corresponde al denominado Nivel de Agua Máxima de Operación (**NAMO**) que es un valor de referencia promedio definido por el nivel del agua en metros sobre el nivel del mar. El nivel del agua así como el volumen que ocupa el agua en el embalse, tiende a cambiar en función del régimen de precipitación así como de descarga del embalse para diferentes usos incluyendo la generación de energía eléctrica, irrigación y el control de avenidas (Tabla 8).



Tabla 8. Número de embalses mayores en el territorio nacional y volumen de almacenamiento por estado.

Estado	Total	Volumen NAMO (Mm ³)
Aguascalientes	4	386.55
Baja California Norte	3	135.00
Coahuila	5	5,638.86
Colima	2	258.34
Chiapas	4	22,798.90
Chihuahua	12	4,050.82
Durango	9	3,846.03
Guanajuato	9	1,345.80
Guerrero	7	2,3101.04
Hidalgo	8	1,767.55
Jalisco	17	9,812.99
México	14	946.68
Michoacán	24	12,644.66
Morelos	1	28.00
Nayarit	1	5,540.00
Nuevo León	5	1493.44
Oaxaca	3	10,315.60
Puebla	2	348.06
Querétaro	6	143.38
San Luís Potosí	1	0.00
Sinaloa	10	15,100.81
Sonora	10	8,314.07
Tamaulipas	8	8,789.62
Tlaxcala	1	54.50
Veracruz	2	480.42
Zacatecas	4	275.79
Total	172	104,190.29



3.6. La introducción de especies

Hace 60 años la especie conocida como tilapia estaba confinada en África y los valles de Jordania. En la actualidad han sido introducidas casi todas las especies y variedades de tilapia en numerosas partes del planeta especialmente en zonas tropicales y subtropicales. También formaron parte de su introducción en los programas de pesquerías de la India, Sudáfrica y actualmente en Norte, Centro y Sudamérica (Morales, 1991).

La tilapia fue introducida a México el 10 de julio de 1964, procedente de Auburn, Alabama, EUA (Morales, 1991) las cuales fueron depositadas en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca. La Dirección General de Pesca a través del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras (actualmente Instituto Nacional de Pesca), consideró la posibilidad de integrar en los programas de trabajo el aprovechamiento de la presa Miguel Alemán en Temascal, Oaxaca. Para ello, se proyectó de acuerdo con la gestión de la entonces Comisión del Papaloapan, la instalación de la primera estación piscícola de especies tropicales en México. Las acciones se orientaron hacia la adaptación, cultivo y propagación de tres especies de tilapias africanas importadas de los Estados Unidos de Norteamérica.

La acuacultura extensiva de especies introducidas en México promovió cambios socioeconómicos de gran importancia regional, pero con el riesgo de competencia ecológica, erradicación y posible extinción de la fauna acuática nativa.

La escasa información disponible acerca de las especies nativas restringió la utilización de éstas en los trabajos de cultivo, situación que se ha prolongado hasta la actualidad.



3.7. Especies de aprovechamiento pesquero

Las especies dulceacuícolas que son capturadas en las aguas continentales del territorio nacional, tanto las que son objeto comercial en la pesca como aquellas que son capturadas de manera incidental o también conocidas como asociadas o fauna de acompañamiento, se presentan en la Tabla 9 a), b), c), d) y e) las cuales son reportadas para los diferentes ecosistemas acuáticos naturales y embalses (Castro-Aguirre *et al.*,1999; De la Lanza *et al.*, 2000; Espinosa-Pérez *et al.*,1993; Atlas Pesquero de México 1994; Carta Nacional Pesquera del Diario Oficial de la Federación de fecha 28 agosto de 2000).

Considerando las características del inventario pesquero, no se incluye la totalidad las especies de la fauna acuática presente en los lagos y embalses mexicanos. De la misma manera, debido al carácter multiespecífico de la pesquería de los embalses, se incluyen 16 especies contenidas en la NOM-059-ECOL-2001 que pueden ser capturadas como pesca incidental.



Tabla 8 a). Especies de dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Algansea lacustris</i>	Acúmara	Acúmara
<i>Allophorus robustus</i>	Chehua	Chehua, Tiro
<i>Allotoca diaza (P)*</i>	Choromu	
<i>Aplodinotus grunniens</i>	Besugo, Chopá, Roncador	Roncador de agua dulce, verrugato
<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpa cabezona	Carpa cabezona
<i>Astyanax aeneus</i>	Pepesca, sardina	Sardinata, pepesca, chopá, blanquillo
<i>Astyanax mexicanus</i>	Sardina plateada	Sardina mexicana
<i>Atractosteus spatula</i>	Catán	Pejelagarto
<i>Bramocharax caballeroi</i>	Pepesca	Pepesca de Catemaco
<i>Brycon guatemalensis</i>	Macabil	Macabí
<i>Campostoma anomalum</i>	Chupapiedras, rodiedras	Carpa del centro
<i>Carassius auratus</i>	Carpa dorada, caracio	Carpa dorada, carpa japonesa, carpa colorada
<i>Carpoides carpio (A)*</i>	Matalote, Potranca	Matalote, matalote de río
<i>Centropomus sp</i>	Robalo	
<i>Cichlasoma gadovii</i>	Mojarra nativa	Sinónimo de <i>T. fenestratum</i>
<i>Cichlasoma sp</i>	Mojarra copetona	
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Mojarra castarrica	Mojarra del sureste
<i>Ctenophryngodon idella</i>	Carpa herbívora	Carpa herbívora
<i>Cyprinella lutrensis (A)*</i>	Sardina común	Sardinita roja
<i>Cyprinodon variegatus</i>	Cachorrito	Bolín
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa, carpa común	Carpa común
<i>Cyprinus carpio rubrofasciatus</i>	Carpa barrigona	
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	Carpa espejo	
<i>Chirostoma arge</i>	Charal	Charal del Verde, Charal del Lerma



Tabla 8 b). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Menidia attenuatum</i>	Charal prieto, Kuerepu	Charal prieto
<i>Menidia bartoni (P)*</i>	Charal	Charal de La Caldera
<i>Menidia consocium</i>	Charal	Charal de rancho,
<i>Menidia chapalae</i>	Charal de Chapala	Charal de Chapala
<i>Menidia estor copandaro</i>	Pescado blanco de Zirahuén	Pescado blanco
<i>Menidia estor estor</i>	Pescado blanco de Pátzcuaro	Pescado blanco
<i>Menidia grandocule</i>	Charal blanco	Charal de lago o de ojo grande
<i>Menidia humboldtianum</i>	Charal	Charal de Xochimilco
<i>Menidia jordani</i>	Charal	Charale
<i>Menidia labarcae (A)*</i>	Charal	Charal de La Barca
<i>Menidia lucius</i>	Pescado blanco de Chapala	Charal de la laguna
<i>Menidia patzcuaro</i>	Charal pinto	Charal pinto o de Pátzcuaro
<i>Menidia promelas (A)*</i>	Pescado blanco de Chapala	Charal boca negra
<i>Menidia sphyraena</i>	Pescado blanco de Chapala	Charal barracuda
<i>Dionda episcopa (P)*</i>	Sardina	Carpa del Bravo
<i>Dorosoma cepedianum</i>	Cuchilla, Machete blanco	Sardina molleja
<i>Dorosoma petenense</i>	Topote, machete amarillo	Sardina Maya
<i>Esox lucius</i>	Lucio	
<i>Esox masquinongy</i>	Lucio	
<i>Euguerres mexicanus</i>	Pichincha	Mojarra blanca
<i>Gambusia affinis</i>	Pez mosquitero, Guyacón blanco	Guayacón mosquito, gupi
<i>Goodea atripinnis</i>	Tiro	Tiro, Chehua
<i>Herichthys cyanoguttatum</i>	Mojarra copetona	Mojarra del norte
<i>Herichthys geddesi</i>	Mojarra colorada o camalotera	



Tabla 8 c). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Herichthys pearsei</i>	Mojarra zacatera	Mojarra zacatera
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Carpa plateada	Carpa plateada
<i>Ictalurus balsanus</i>	Bagre, bagre del Balsas	Bagre del Balsas
<i>Ictalurus dugesii</i> (A)*	Bagre duges	Bagre del Lerma, bagre negro
<i>Ictalurus furcatus</i>	Bagre azul, bagre puyón	Bagre azul
<i>Ictalurus melas</i>	Bagre de cabeza de toro negro	
<i>Ictalurus meridionales</i>	Bagre o Bobo	
<i>Ictarulus mexicanus</i> (Pr)*	Bagre	Bagre del Ojo Frío, río Verde
<i>Ictalurus nebulosus</i>	Bagre cabeza de toro café	Sinónimo de Ictalurus meridionales
<i>Ictalurus ochoterenai</i>	Bagre	Bagre de Chapala
<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre, bagre de canal	Bagre de canal
<i>Ictiobus bubalus</i> (A)*		
<i>Lepisosteus oculatus</i> (A)*	Catán	Pejelagarto manchado
<i>Lepomis macrochirus</i>	Mojarra de agallas azules, orejona pechirroja	Mojarra de agallas azules
<i>Lepomis megalotis</i>	Orejona roja, mojarra roja	Mojarra gigante, mojarra orejona
<i>Lepomis microlophus</i>	Mojarra de pecho amarillo	Mojarra roja
<i>Megalobrama amblycephala</i>	Carpa brema	Carpa brema
<i>Membras martinica</i>	Charal crema	
<i>Menidia beryllina</i>	Charal de marea	Plateadito
<i>Micropterus dolemiei</i>	Lobina de boca chica	Lobina de boca pequeña
<i>Micropterus punctulatus</i>	Lobina moteada	
<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina, lobina negra, robalo, trucha	Lobina negra
<i>Micropterus salmoides floridanus</i>	Lobina de Florida	
<i>Morone chrysops</i>	Robalo blanco	Lobina blanca



Tabla 8 d). Especies dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Morone saxatilis</i>	Robalo rayado	Lobina rayada
<i>Moxostoma congestum</i>	Matalote blanco	Matalote blanco
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Carpa negra	Carpa negra
<i>Nandopsis vean</i>	Mojarra de río	Mojarra de Sinaloa
<i>Nandopsis salvini</i>	Mojarra pinta	Mojarra de Santa Isabel
<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Trucha	Trucha arcoíris
<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia azul	Tilapia azul, tilapia áurea
<i>Oreochromis hornorum</i>	Tilapia	Tilapia híbrida
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	Tilapia negra, mojarra
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Tilapia del Nilo
<i>Parachromis managuense</i>	Mojarra pinta	Sinónimo de Cichlasoma managüense
<i>Petenia splendida</i>	Mojarra tenhuayaca	Tenguayaca
<i>Poecilia formosa</i>	Moly amazona	Topote del trópico
<i>Poecilia mexicana</i>	Moly mexicano	Topote del Atlántico
<i>Poecilia reticulata</i>		Gupi
<i>Pomoxis annularis</i>	Robaleta, crapy blanco	Robalo blanco
<i>Potamarius nelsoni (Pr)*</i>	Coruco	Bagre lacandón
<i>Pylodictis olivaris</i>	Pitontle	Bagre de cabeza plana
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Juile	Juil descolorido
<i>Skiffia bilineata (P)*</i>	Chehua	Tiro de dos rayas
<i>Theraps fenestratum</i>	Paleta, mojarra negra	Mojarra de la Lana
<i>Tilapia melanopleura</i>	Tilapia	Sinónimo de Tilapia rendalli
<i>Xenotoca variata</i>	Chehua	Pintada, pintola, carangua
<i>Xiphophorus helleri</i>	Espada verde	Pez cola de espada



Tabla 8 e). Especies de anfibios dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Ambystoma dumerilli (Pr)*</i>	Achoque	Salamandra o ajolote de Pátzcuaro
<i>Ambystoma mexicanum (Pr)*</i>	Ajolote	Salamandra, ajolote
<i>Rana catesbeiana</i>	Rana	Rana toro
<i>Rana pipiens</i>	Rana	Rana tigre
<i>Rana montezumae</i>	Rana	Rana verde
<i>Rana pustulosa</i>	Rana	Rana
<i>Rana tarahumara</i>	Rana	Rana leopardo
<i>Rana palmipes</i>	Rana	Rana

Tabla 8 f). Especies de crustáceos dulceacuícolas que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Callinectes sp</i>	Jaiba	
<i>Cambarellus sp</i>	Acocil	
<i>Macrobrachium americanum</i>	Chacal, Langostino de río	Acamaya
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Acamaya	
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Langostino malayo	



Tabla 8 g). Especies de moluscos dulceacuícola que se aprovechan en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Pomacea patula</i>	Caracol	Tegogolo
<i>Pomacea flagellata</i>	Caracol	Tole
<i>Anodontites grandis</i>	Almeja	Almeja

Tabla 8 h). Especie de insecto dulceacuícola que se aprovecha en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Ephydra sp</i>	Mosco	

Tabla 8 i). Especie de molusco dulceacuícola que se aprovecha en México

Nombre científico	Nombre local	Nombre común
<i>Tubifex sp</i>	Gusano de fango	

*

- NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres –
- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. (D.O.F.6-III-2002).
- Nomenclatura: **(P)** Especie en peligro de extinción, **(A)** Especie amenazada, **(Pr)** Especie sujeta a protección especial, **(E)** Especie probablemente extinta en el medio silvestre.



3.8. Las especies nativas

La acuacultura mexicana ha presentado diferentes niveles de desarrollo. La escala experimental se caracteriza por un esfuerzo principalmente experimental de incorporar especies nativas como el pez blanco, mojarra castarrica, pejelagarto, acúmara, abulón, mejillón, langosta y caracol. Mientras que la escala comercial se identifica por la adopción de tecnología en cultivo de especies introducidas como la trucha arcoiris, tilapia, carpa, bagre, camarón, rana y langostino. En principio, cualquier especie se considera potencial para el cultivo, sin embargo; existen criterios biológicos, económicos y de mercado, que reducen la posibilidad de incorporar de manera compatible a diversas especies tanto exóticas como regionales a esta actividad productiva.

El esfuerzo para incorporar a las especies nativas mexicanas en los diferentes sistemas de cultivo con perspectivas de viabilidad tecnológica, ecológica y económica se han identificado a las siguientes especies:

3.8.1. Mojarra castarrica

La mojarra castarrica (*Cichlassoma urophthalmus*) pertenece a la familia de los cíclidos nativos de América. Es una especie que se le encuentra en aguas tropicales de América Central y el sureste de México. Sus hábitos alimenticios son omnívoros, tienen un rápido crecimiento y su calidad de carne es excelente, por lo que su aceptación en el mercado regional es mayor que la tilapias introducidas.

Desde el año de 1985 se han desarrollado cultivos de esta especie nativa tanto en el nivel experimental como en el comercial y de repoblación de sistemas acuáticos del sureste de México. Los resultados han sido positivos, generando en consecuencia un creciente interés en la consolidación de redes de mercado para el aprovechamiento de la mojarra castarrica.



3.8.2. Pez blanco

El pez blanco previamente referido como *Chirostoma estor estor* y en la actualidad *Menidia estor estor* forma parte de la familia de los anteriormente conocidos como aterínidos y ahora identificados como aterinópsidos nativos de la región hidrológica Lerma – Chapala ubicada en la Mesa Central de México. Su distribución original se reportaba como endémica del Lago de Pátzcuaro. Sin embargo, durante la década de los años setenta, se realizaron introducciones en todo el país (Rosas, 1970). Lo anterior ha extendido su distribución sin tener una evaluación exacta de las localidades, en donde han establecido poblaciones permanentes.

Esta especie por su calidad de carne y su sabor ocupa el primer lugar en el mercado nacional alcanzando precios equivalentes hasta 25 dolares el kilogramo en peso fresco. Si embargo, las poblaciones naturales se encuentran bajo una intensa sobrepesca además del deterioro ambiental de su hábitat natural. Lo anterior, ha ocasionado una disminución progresiva en su captura.

Se han realizado diversos ensayos para su cultivo en diversos sistemas incluyendo modalidades como las jaulas flotantes en reserva acuícola (Rosas-Monge y Chacón 1994), tanques de fibra de vidrio, estanques rústicos, tanques de lámina y lona (Mares y Morales (2003).

3.8.3. Pejelagarto

El pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) también conocido como pejerrey, es un pez nativo que habita en aguas tropicales de lagunas, pantanos y áreas inundables. Esta es una especie atractiva para su consumo regional por su sabor y textura de carne. Además, sus huevecillos son incluidos en platillos regionales y su piel es cotizada para la artesanía local. El deterioro ambiental de las zonas de humedales y la sobre pesca ha colocado a esta especie en peligro de extinción. De la misma manera, existen restricciones en relación a su captura. Lo anterior, ha motivado el desarrollo de estudios para el cultivo a nivel experimental y posterior integración a la actividad comercial.



3.8.4. Achoque

El achoque es un anfibio vertebrado, con una piel lisa y cubierta de glándulas, de respiración branquial y pulmonar; es decir, un anfibio perteneciente al grupo de las salamandras. En el Valle de México se le conoce como *ajolote* y el género posee diversos endemismos.

Entre sus características principales es que se reproduce sin un cambio de morfología juvenil, ya que sus tres pares de branquias externas en forma de penacho no se reabsorben, a diferencia de otros anfibios, como las ranas y los sapos que completan su metamorfosis, a este estado morfológico se le conoce como noetenia. En el lago de Pátzcuaro se encuentra una especie endémica que se le conoce como achoque (*Ambystoma dumerilli*).

El achoque tiene el cuerpo alargado, robusto, presenta una aleta dorsal a lo largo del cuerpo, la cual se convierte en una cola que le permite desplazarse fácilmente. En las patas delanteras tiene cuatro dedos y cinco en las traseras. Puede alcanzar un tamaño de entre 25 y 30 cm de longitud. Estos pequeños animales pueden llegar a vivir de ocho a diez años en cautiverio y aún no se sabe cuántos años en su hábitat natural. Se alimenta de peces pequeños, gusanos, acociles, caracoles, pequeños invertebrados y hasta de otros achoques.

En Michoacán existen dos especies consideradas como endémicas: *Ambystoma andersonii* de la región de Zacapu y *Ambystoma dumerilli* del Lago de Pátzcuaro.

Los achoques son aprovechados por los habitantes de la ribera del lago de Pátzcuaro, quienes lo han empleado para la alimentación por su sabor y alto valor nutritivo. También lo emplean en la medicina tradicional ya que se le atribuye propiedades curativas contra infecciones respiratorias.



El lago de Pátzcuaro, actualmente se encuentra afectado por la contaminación, la erosión y la introducción de especies exóticas, afectando a las poblaciones silvestres de achoquite. El achoquite se encuentra en la lista de las normas de protección nacional e internacional, por lo que es importante establecer programas para su recuperación y conservación.

3.8.5. *Ictalurus balsanus*

El bagre del Balsas (*Ictalurus balsanus*) es una especie endémica que pertenece a la familia Ictaluridae y se encuentra distribuida en la cuenca del río Balsas (México) (Kato y Romo, 1981; Díaz y Díaz, 1991; Contreras-MacBeath y Soto, 1991). En la actualidad esta especie se encuentra amenazada debido principalmente a la sobreexplotación, a la contaminación de su hábitat, a la introducción de especies exóticas y como consecuencia del deterioro y desplazamiento de su nicho ecológico. Se han realizado ensayos experimentales en crías de *Ictalurus balsanus* en donde se ha observado que se adaptan a las condiciones físicas y químicas del agua de cultivo, asimismo, aceptan alimentos balanceados permitiendo con esto evaluar el efecto de las dietas sobre el crecimiento. Por otro lado la alta sobrevivencia de las crías permite impulsar cultivos piloto para evaluar diferentes sistemas de encierro y mejorar su producción (Arce y Luna (2003).

3.9. La acúmara

El género ***Algansea*** fue descrito por Girard (1856), posteriormente Steindachner (1895) realizó una descripción de la acúmara, (***Algansea lacustris***) enfatizando la naturaleza de ser un cíprinido nativo del lago de Pátzcuaro, Michoacán. La especie ***Algansea lacustris*** es un organismo que ha sido relativamente poco estudiado a pesar de ser una especie económicamente importante.



En la actualidad esta especie ha sido introducida en algunos embalses del estado de Michoacán incluyendo la Presa Sabaneta en el Municipio de Pucuto; Presa Guadalupe en el Municipio de Villa Jiménez, Presa Cuitzítán en el Municipio de Villa Escalante; Presa Pajonales en el Municipio de Huiramba; Presa Guaracha en el Municipio de Villamar; estanquería de Parácuaro en el Municipio de Apatzingán. De la misma manera se han realizado donaciones de crías para siembra a los estados de Tlaxcala y Jalisco constituyendo una pesquería en estos lugares

En la cuenca de Pátzcuaro se han realizado estudios sobre sistemática de peces, calidad del agua del vaso lacustre, biología y productividad pesquera mencionando características óptimas para el desarrollo de las especies de peces que habitan en el lago, entre los que destacan los trabajos de De Buen (1940 a, b, c y d; 1941 a, b y c; 1942 a, b y c; 1944 a), Martín del Campo (1940), Espinosa (1941), Solórzano (1961; 1963) Barbour y Brown (1974); Lara (1974), Barbour y Miller (1978), González (1985), García de León (1985) y Chacón (1993).

Solórzano (1955) reportó campañas en el lago de Pátzcuaro destinadas a identificar el número de sitios de desove de la acúmara y a conocer de su época de oviposición, reportando como la temporada de reproducción entre los meses de noviembre y mayo. De la misma manera, destacó que la mayor abundancia de población de acúmara correspondía a los meses de febrero, marzo y abril.

Barbour y Miller (1978) realizaron una revisión taxonómica de los ciprínidos mexicanos del género ***Algansea***, destacando las publicaciones existentes en esa época y que incluían algunos aspectos ecológicos, coincidiendo con lo reportado por Jordan y Evermann (1900); Neck (1902 y 1904); además del listado del género realizado por Eigenmann (1904); resultados sobre el desarrollo y biología publicados por De Buen (1941 y 1944); además del trabajo de sinonimia de Alvarez y Cortés (1962) y las claves de identificación elaboradas por Alvarez (1950, 1970). De la misma manera, el trabajo de Barbour y Miller incluyó una revisión taxonómica completa del género y algunos de sus



aspectos ecológicos.

Jensen y Barbour (1979) en sus análisis filogenéticos indicaron que de las seis especies del género *Algansea* (*A. aphanea*, *A. monticola*, *A. barbata*, *A. tincella*, *A. lacustris*, y *A. popoche*) se dividían naturalmente en dos grupos: *A. aphanea*, *A. monticola* y *A. barbata*, las cuales presentan barbas mientras que las restantes *A. tincella*, *A. lacustris* y *A. popoche* presentan un mayor número de branquiespinas siendo el rango de este género de 9 a 84 para el primer arco branquial. Estos autores discutieron que *A. tincella* es especie hermana plesiomórfica de *A. lacustris* y *A. popoche*.

González (1985) propuso como medida de protección para la especie, la implantación de una veda durante los meses de marzo a mayo y describió la madurez gonádica de acúmara.

Rivera (1987) analizó y presentó la información existente sobre la sistemática, biología y distribución de la especie en el lago de Pátzcuaro. De la misma manera, presentó información sobre el efecto de la temperatura y el tiempo de incubación de huevos de acúmara mantenidos bajo condiciones de acuario, incluyendo información sobre la temporada de desove, temperatura óptima de incubación, volúmenes de captura y porcentajes de eclosión.

Rivera y Orbe (1988), presentaron información sobre biología, cultivo y manejo de *A. lacustris* con el objeto de desarrollar su cultivo controlado. Mencionaron también aspectos sobre la densidad y distribución de la especie en el lago de Pátzcuaro así como el comportamiento de la pesquería.

Rivera y Orbe (1990) realizaron un estudio para la determinación de la densidad óptima de la acúmara en estanques de concreto, en donde se realizaron ensayos de siete meses con una densidad de 200 org/m², obteniendo una longitud total de 3.0 cm y con variaciones dependiendo de la tasa de fertilización y alimentación suministrada.



Chacón (1993) realizó una discusión sobre el estado trófico del lago de Pátzcuaro así como el estado de la pesquería del lago sugiriendo el desarrollo de cultivos experimentales en especies nativas incluyendo a la acúmara para impulsar una acuacultura regional.

López (1993) realizó un análisis de cariotipos con el objeto de describir la composición cromosómica de la especie. Este estudio reportó que *Algansea lacustris* presenta un número cromosómico diploide de 50, por lo que el número haploide es de 25. La fórmula cromosómica propuesta fue de $5m + 15sm + 2st + 3t$, siendo el número fundamental de 94 brazos cromosómicos. De acuerdo a los análisis de cariotipos se concluyó que la especie se encuentra entre las más evolucionadas considerando que la especie ancestral presentaba 48 cromosomas telocéntricos.

Chacón *et al* (1996) realizaron estudios sobre la embriología de la acúmara en condiciones controladas así como en el medio natural. Los resultados de estos ensayos describieron las diferentes fases embriológicas de la acúmara, así como las temperaturas recomendadas para alcanzar una máxima eclosión y sobrevivencia larvaria bajo condiciones controladas.

A pesar de la diversidad de recursos acuáticos, el desarrollo tecnológico y el potencial económico nacional, la acuacultura en México presenta una serie de limitaciones y desventajas que imponen limitaciones para el funcionamiento adecuado de este sector, ya que no se encuentran áreas integradas como la producción, asesoría, adaptación tecnológica, sanidad acuícola, procesamiento, empaque, almacenamiento y distribución del producto.



IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

4.1. La región de origen de la especie

4.1.1. Localización geográfica

El lago de Pátzcuaro se encuentra situado en el Altiplano Mexicano se localiza en la porción centro-norte del Estado de Michoacán a 57 km al noroeste de la ciudad de Morelia, capital del Estado. De acuerdo al sistema de proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) las coordenadas geográficas del lago de Pátzcuaro son 0227345.00 m E; 2178640.00 m N y 0221378.00 m E; 2162798.00 N (Figura 1).

El lago tiene forma de C y posee ocho islas, la más grande de ellas, la isla de Jarácuaro se encuentra conectada a tierra firme por un camino de asfalto y piedra, mientras que otras tres: Urandén de Morelos, Urandén de Morales y Carián se encuentran separadas por pantanos y angostos canales artificiales (Chacón *et al.*, 1989). Por ser una cuenca endorréica, es decir, una cuenca cerrada con entradas estacionales de agua y sin salida al mar sufre de continuas oscilaciones de nivel. Un análisis de cincuenta años de observaciones en el nivel del agua indica un promedio de altitud de 2035 metros sobre el nivel del mar (De Buen, 1944; Gorenstein y Pollard, 1983; Chacón, 1991).

4.1.2. Fisiografía

El lago de Pátzcuaro se encuentra situado al sur de la Altiplanicie Mexicana, los márgenes de ésta son la Sierra Madre Oriental por el este y la Sierra Madre Occidental por el Oeste. El límite sur se encuentra delimitado por el Eje Neovolcánico Transversal o Cinturón Volcánico Transmexicano, el cual se extiende a lo largo de México en dirección este-oeste entre los paralelos latitudinales 19 y 20. El Eje Neovolcánico Transversal o Cinturón Volcánico Transmexicano se caracteriza por la presencia de un gran número de conos cineríticos, conos de lava y volcanes centrales. La frecuente sismicidad y la intensa actividad volcánica que lo caracteriza, han sido relacionados con el proceso de subducción que sufre la Placa de Cocos dentro de la Placa Norteamericana.



Estos movimientos tectónicos se llevan a cabo en la trinchera Mesoamericana la cual se localiza a lo largo del margen continental del Océano Pacífico (Nixon, 1982; Canul, 1985). La región se encuentra rodeada por un poco más de 200 volcanes de diferentes tipos y edades lo que identifica a la región con una fisonomía de relieve muy compleja (Barrera, 1987).

La cuenca de Pátzcuaro colinda al sur con las sierras de Santa Clara y Tingambato, al oeste con las sierras de Pichátaro y de Comanja, al norte con el Pico del Tzirate y el cerro del Tigre y al oriente con los cerros El Frijol y La Cantera.

4.1.3. Geología

La cuenca del lago de Pátzcuaro se encuentra formada de rocas ígneas volcánicas de la era Cenozoica y de sedimentos lacustres de origen fluvial. Las rocas volcánicas recientes son principalmente basaltos acumulados en varios episodios volcánicos iniciados desde mediados del Terciario hasta el presente. Las rocas de la era Terciaria son principalmente andesitas que contienen olivina, albita, biotita, augita e hiperstenos (INEGI, 1985).

Aunque el Altiplano Mexicano tiene una larga historia geológica, se considera que el lago de Pátzcuaro es origen reciente. Durante el Terciario y al inicio del Pleistoceno, un ancestral río Lerma probablemente fluyó hacia el oeste desde la región central de México hacia el Océano Pacífico (De Buen, 1943a; Alvarez, 1972). Un subsecuente levantamiento orográfico e incremento de la actividad volcánica durante la última fase del Pleistoceno resultó en una serie de grandes lagos que ocuparon el sistema de drenaje del río Lerma (Maldonado-Koerdell, 1964; Barbour, 1973b). La mayoría de estos lagos fueron eventualmente drenados por el actual río Lerma pero algunas cuencas permanecieron cerradas.

Los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén fueron formados como un resultado de la sucesiva fragmentación ocasionada por los flujos de lava en uno de los tributarios del río Lerma (De Buen, 1934a; Alvarez, 1972).



De Buen (1943a) sugirió que una ancestral conexión existió entre estos tres lagos en dirección norte comenzando con el lago de Zirahuén hacia el lago de Pátzcuaro corriendo en dirección noreste hacia el valle de Morelia, siguiendo la cuenca del lago del Río Grande de Morelia y finalmente hacia la parte sur del lago de Cuitzeo. Análisis realizados en núcleos de sedimentos del lago de Pátzcuaro sugieren que este ecosistema acuático tiene una edad aproximada de 40,000 años (Watts y Bradbury, 1982).

4.1.4. Clima

El clima de la cuenca del lago de Pátzcuaro se encuentra determinado principalmente por la interacción de la circulación general de la atmósfera con el accidentado relieve de la región volcánica de México. De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1988) analizando 23 años de información caracterizó el clima de Pátzcuaro de tipo C (w₂) (w) (e) g, que corresponde al templado sub-húmedo con lluvias en verano, cociente $P/T = 63.48$, que lo caracteriza como el más húmedo de los sub-húmedos, porcentaje de lluvia invernal menor de 5%, oscilación térmica entre 7 y 14 °C y marcha de la temperatura tipo Ganges; reportando una temperatura media anual de 16.4°C y una media máxima de 36.5°C y una mínima de 5°C; siendo los meses más fríos diciembre y enero; y los más calientes mayo y junio, pero marcando una disminución en el valor promedio de precipitación de 1041.2 mm.

Sin embargo, Chacón (1993a) analizando un período de 17 años de información climática (1970-1987) reportó que la precipitación media anual ha disminuido a un promedio anual a 902.0 mm por lo que la relación P/T ha disminuido también a un valor de 54.9, lo que ubica a Pátzcuaro en el límite establecido por García (1964) entre los subtipos Cw₂ y Cw correspondiente a un valor intermedio de humedad. Esta tendencia fue ratificada por García (1988) al clasificar a Pátzcuaro considerando un período de 37 años al clima Cb (w₂) (w) e g. El valor promedio de precipitación fue 996.0 mm y un cociente de $P/T = 60.8$ aunque la disminución en el nivel del lago es también un efecto en la reducción de los volúmenes de infiltración debido al acelerado proceso de erosión que



presenta la cuenca de drenaje (Chacón *et al* 1991).

4.1.5. Suelos

Los tipos de suelo presentes en la cuenca de Pátzcuaro son diversos. El tipo de suelo Andosol es un derivado de cenizas volcánicas, por lo común son suelos profundos, negros o pardos-rojizos, la textura dominante es de migajón arcilloso, por lo cual tiene permeabilidad media y drenaje moderado. Gran parte de este suelo se encuentran áreas forestales de bosque de pino y encino, con alto contenido de fósforo y muy susceptibles a la erosión (Toledo y Barrera, 1984). Los suelos Luvisoles son característicos por su gran contenido de arcilla y de color rojizo. Estos se encuentran sobre toda la porción oriental de la cuenca; y suelo tipo Gley el cual sustenta la vegetación acuática de los márgenes del lago (Toledo *et al* 1980).

4.1.6. Vegetación

En la cuenca del lago de Pátzcuaro hay una gran diversidad de plantas tanto acuáticas como terrestres. En las máximas elevaciones de 2800 a 3200 m se encuentran predominando los bosques de pinabete (*Abies religiosa*) con algunas asociaciones de pino (*Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, *P. montezumae*) y aile (*Alnus arguta*) (Rzedowski, 1978), bosque de encino (*Quercus rugosa*, *Q. castanea*, *Q. laurina*) además del crecimiento de pasto alpino (*Festuca* sp). En pendientes más bajas se encuentran pastos y vegetación secundaria herbácea como el huizache (*Acacia pennatula*), maguey (*Agave* sp), el palo santo (*Senecio preacox*), esta zona es también sujeta a la agricultura con variedades de (maíz, frijol, trigo y lenteja) la mayor parte de la ribera del lago se encuentra bajo producción agrícola de alfalfa, garbanzo, canamargo y chícharo que favorece la erosión del suelo.

La vegetación acuática se encuentra representada por hidrofitas emergentes que dominan todo el litoral hasta cuatro metros de profundidad *Scirpus validus latifolia*, el tule (*Scirpus americanus*) y las sumergidas con hojas flotantes que se encuentran en la región más somera del lago, *Nymphaea mexicana*, *Potamogeton illinoensis*, que se encuentran asociadas a plantas libremente flotadoras o sumergidas como



4.1.7. Hidrografía

El lago de Pátzcuaro es una cuenca endorreica donde su principal aporte son las lluvias, no cuenta con ríos ni afluentes tributarios importantes siendo alimentado por arroyos temporales superficiales durante la temporada lluviosa, las entradas de agua al vaso lacustre se derivan exclusivamente de la lluvia estacional y de la infiltración (Chacón, 1993). Las salidas de agua fuera de la cuenca son mínimas utilizadas básicamente para irrigación. De Buen (1944) menciona que la cuenca de Pátzcuaro tiene aportes subterráneos de la Meseta Tarasca y algunos manantiales como Chapultepec y Tzintzuntzan entre otros.

4.1.8. Ictiofauna

Actualmente se reconocen en el lago de Pátzcuaro 14 especies de peces de las cuales diez son nativas y cuatro introducidas. Diferentes autores han reportado un mayor número de especies, como el caso de ***Chirostoma michoacane***, ***Ch. regani*** y ***Ch. estor pacanda*** reportados por De Buen (1944) y que ahora no se reconoce su existencia en las aguas del lago de acuerdo con Barbour (1973), así como, ***Ch. humboldtianun*** y ***Ch. lucius*** reportados por Alaye (1988). Lo anterior ha ocasionado una confusión para la identificación de especies de ***Chirostoma***, debido principalmente al posible hibridismo natural del género ***Chirostoma*** y a la posible variación fenotípica de las especies. Esta situación es más compleja aún con la nueva reubicación tanto de la familia Atherinidae ahora Atherinopsidae como el género ***Chirostoma*** ahora ***Menidia***.

En las aguas del lago existen 14 especies distribuidas en 4 familias; Goodeidae, Atherinopsidae, Cyprinidae y Cichlidae. En los años 1929 y 1930 fue introducida en el lago, la lobina negra o trucha, (***Micropterus salmoides***), esta especie es quizá la primera especie exótica introducida al lago.



La familia Goodeidae tiene especies nativas representados por los Tiros (***Allotoca vivipara***, ***Skiffia lermae*** y ***Goodea atripinnis***), la chehua (***Allophorus robustus***) y el choromu (***Neophorus diazi***). Estos organismos viven en aguas lénticas templadas, se reproducen todo el año, presentan dimorfismo sexual, fecundación interna y son vivíparos. Los estudios sobre godeidos del lago son bastantes escasos. Rosas (1982) consideró que la población de estos peces estaba muy disminuida por la fuerte presión que sobre ellos ejerció la lobina.

La familia Cyprinidae se encuentra representada por la Acúmara (***Algansea lacustris*** Steindachner) especie nativa de origen neártico de importancia pesquera y comercialización de sus huevecillos, distribuida dentro del lago de Pátzcuaro principalmente en el seno Quiroga.

Dentro de esta familia se encuentran la carpa común (***Cyprinus carpio***) y la carpa herbívora (***Ctenopharyngodon idellus***), especies que fueron introducidas al lago, siendo especies de rápida adaptación que les permitió establecerse como una pesquería.

La familia Cichlidae incluye dos especies introducidas en el lago, conocidas localmente como "mojarras" pertenecientes a los géneros ***Tilapia*** y ***Oreochromis aureus***.

El anfibio neoténico nativo y endémico achoque (***Ambystoma dumerilii***) es también considerado un recurso pesquero importante.

4.1.9. Pesquerías

Los estudios que se han realizado en el lago de Pátzcuaro sobre la biología pesquera de diversas especies, sugieren la apremiante necesidad del control administrativo y la reglamentación sobre la captura de las especies de peces que habitan en este lago, ya que la sobrepesca de la que son objeto, los cambios que ha sufrido el sistema lacustre, así como la introducción de especies son factores que han puesto en peligro de extinción a las especies nativas.



Se estima que aproximadamente 1000 a 1500 pescadores de 18 comunidades ribereñas y las 4 isleñas acuden a pescar diariamente al lago haciendo uso de diversas artes de pesca, esta cifra sugiere un promedio de 9.0 pescadores/km². Lo anterior reporta un valor muy alto de pescadores si se considera que Henderson (1974) sugirió que un lago africano de alta productividad pesquera presenta un promedio de 2.0 pescadores/km².

En un periodo de 40 años anteriores a 1976 se obtuvo un promedio de 4.7 kg/ha/año de acuerdo a la Secretaría de Pesca (Rauda, 1987), sin embargo Toledo, *et al.*, (1984) estimó un volumen de 300 a 400 ton/año. Henderson (1974) estimó que para 1964 el rendimiento pesquero era de 40 a 50 kg/ha/año, disminuyendo en 1974 entre 10 y 25 kg/ha/año. De la misma manera, estimó que el potencial era de 50 a 100 kg/ha/año. Lizárraga y Tamayo (1988) calcularon una producción gradual en 1980 y 1987 de 95.77 kg/ha/año, haciendo notar que la carpa y la trucha ocuparon la posición más alta con 21.70% y 20.92%; aunque los charales y la acúmara ha ascendieron en aquellos años con registros mayores a 100 toneladas/año siendo un porcentaje similar a la trucha y a la carpa.

4.1.10. Limnología

La limnología de regiones tropicales aún no ha sido objeto de estudios extensos y permanentes, sin embargo en los últimos años, la investigación en esta área se ha incrementado en algunos países por la sobreexplotación y la contaminación de la que han sido objeto los recursos de agua dulce a consecuencia del desarrollo urbano e industrial y que amenaza su existencia.

Los estudios sobre lagos templados y polares no proporcionan puntos de comparación, debido a que en los lagos tropicales destacan factores que en aquellos son diferentes como son la dinámica de los ciclos biogeoquímicos, la distribución temporal de organismos, la productividad primaria y secundaria y el balance hidrológico.



El lago de Pátzcuaro fue clasificado por De Buen (1941) como un lago de tipo tropical de tercer orden, porque su temperatura de superficie nunca se encuentra por debajo del punto de máxima densidad del agua, es decir 4°C y la temperatura de fondo es muy cercana a la temperatura de superficie resultando en una circulación completa de la masa de agua desde la superficie al fondo a lo largo del año. Utilizando la clasificación revisada de Lewis (1983) con base a la circulación de la masa de agua se considera al lago de Pátzcuaro como un lago polimíctico cálido continuo, es decir, de circulación continua durante todo el año.

Las características químicas del lago de Pátzcuaro han sido descritas por varios autores, sin embargo, en cuanto a la hidrodinámica del sistema únicamente se ha registrado el estudio realizado por Chacón (1989), en donde se describieron cuatro tipos de movimiento del agua, la deriva superficial con un promedio de 5.0 cm/s, eficiencia en el factor de viento de 2.73 %, oscilación teórica de nivel con amplitud de 3.24 cm y duración de 94.29 minutos de norte a sur, un parámetro de Coriolis teórico de 0.0000489 y una altura máxima de oleaje estimada de 0.58 cm con una velocidad del viento de 10.0 cm/s.

Las características químicas del agua del lago de Pátzcuaro se presentan en la Tabla X en donde se manifiesta un promedio de la conductividad eléctrica de 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sin establecer variaciones significativas en la mayor parte del vaso lacustre. Este valor indica una mineralización moderada pero que tiende a aumentar en la temporada seca del año, valores más altos hasta de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ han sido reportados en zonas de alto disturbio ambiental, especialmente en zonas de dragado, descargas de aguas negras y canales de navegación.



Los valores de potencial de Hidrógeno (pH) manifiestan básicamente aguas alcalinas con un valor promedio de 9.3, sin embargo los valores de pH más bajos registrados en el seno norte son resultado de los procesos de la acción combinada de los procesos nocturnos de respiración y degradación de la materia orgánica, así como de la influencia de la contaminación por ácidos que se reciben por las descargas de las aguas negras de la artesanía peletera localizada en la ciudad de Quiroga.

La alcalinidad total en el lago de Pátzcuaro es principalmente resultado de la acción de iones bicarbonato y carbonato. El valor promedio de alcalinidad total es de 400 mg/L. debido a que se presentan valores bajos de calcio y magnesio es muy probable que los bicarbonatos y carbonatos se encuentren asociados con el sodio y el potasio. Esta asociación parece evidente al observar que la alcalinidad es más alta que la dureza total del agua; sin embargo la mayor parte de la dureza moderada es muy probable que se atribuya al magnesio y muy poco al calcio.

Los valores de oxígeno disuelto son cercanos a la saturación, siendo el valor promedio de 7.2 mg/L equivalente al 92% de saturación de oxígeno, se detectan valores más bajos dentro de un rango de 3 a 5 mg/L especialmente en el seno norte y en la porción oriental de la parte del cuello del lago.

Las concentraciones de amonio y nitritos se observan dentro de un rango relativamente bajo con un promedio de 0.1 y 0.2 mg/L respectivamente indicando que los procesos de nitrificación son eficientes en toda la columna de agua. Utilizando las tablas de Trunsell (1972) se estima que para un pH de 9.4 y una temperatura media de 16°C cerca del 42.67% de la concentración de amonia se encuentra en estado de ionizado, es decir como amoníaco. Este porcentaje se encuentra determinado principalmente por el alto pH y se puede incrementar aún más con las temperaturas altas de 28°C un porcentaje de 63.79%. De incrementarse las concentraciones de amonia en el lago se presentarán condiciones de toxicidad para especie de peces sensibles a la contaminación orgánica como es el caso de pez blanco.



Por el contrario el fósforo, la clorofila-a y los sólidos suspendidos muestran variaciones horizontales de concentración en el vaso lacustre, manifestando un máximo en el seno norte y un mínimo en el seno sur. La distribución de clorofila-a y de sólidos suspendidos ha sido evaluada con mayor detalle utilizando imágenes multiespectrales de satélite (Chacón, 1989).

Se aprecia la aparición de florecimientos masivos de fitoplancton de alta densidad en el seno norte del lago, estas floraciones reportadas inicialmente en invierno de 1986-1987 han aumentado con frecuencia de aparición temporal a lo largo del año. Las especies dominantes en la floración son principalmente poblaciones de *Microcystis aeruginosa* y *Aphanizomenon flosaque*. Aunque los valores máximos superiores a los 1,500 µg/L promedio de clorofila-a en el centro de las floraciones masivas de fitoplancton.

La distribución de sólidos suspendidos indica un patrón relativamente más homogéneo que la distribución de clorofila-a, concentraciones máximas de 423 mg/L han sido registradas en asociación con las floraciones masivas de fitoplancton, ha zonas de descarga de aguas negras, así como a los canales de uso agrícola.

Los efectos del deterioro de la cuenca también se detectan en los valores bajos de transparencia del agua, registrándose un promedio de 40.0 cm, lo anterior demuestra una alta turbidez causada por partículas de origen inorgánico.

Los resultados anteriores fueron integrados a índices de estado trófico convencionales, estableciendo que el lago de Pátzcuaro presenta un estado general de eutroficación, con algunas áreas aisladas de oligotrofía, mesoeutrofía e hipereutrofía (Chacón, 1989).



4.2. El área experimental de cultivo

4.2.1. Localización geográfica

Cuitzeo, nombre derivado del vocablo “cuiseo” (Cuis = Tinaja), que significa “lugar de tinajas de agua” o “junto al agua”, se encuentra localizado en el sureste del Estado de Guanajuato y al noroeste del estado de Michoacán. Se ubica entre las coordenadas extremas del sistema de proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 0256900 E; 2203132 N y 0307561 E y 2202055 N (Figuras 2 y 3). El lago comprende parte de los municipios de Huandacareo, Chucándiro, Copándaro de Galeana, Santa Ana Maya, Zinapécuaro y Álvaro Obregón en Michoacán y Acámbaro en Guanajuato (Chacón *et al*, 2007).

4.2.2. Origen

Los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén se encuentran localizados en el Cinturón Volcánico Transmexicano o Eje Neovolcánico Transeversal. A lo largo de esta cadena montañosa se localiza una gran cantidad de conos volcánicos. De acuerdo con algunos autores existe en esta región cerca de 1000 volcanes con una densidad máxima de 11 volcanes por cada 100 km², que conforman tanto grandes elevaciones como fuertes depresiones (Hasenka y Carmichel, 1985). Una de las depresiones con mayor extensión es la de Cuitzeo, con una superficie de 1146 km²; dentro de ella se localizan los valles de Morelia, Zinapécuaro, Indaparapeo y Queréndaro.

El lago de Cuitzeo se originó posiblemente como un resultado de la interacción tectónica que representa el proceso de subducción oblicua de la Placa Pacífica sobre la Norteamericana alineando durante las épocas del Mioceno y el Plioceno a la extensa depresión que ocupa el lago de Cuitzeo en un proceso de reacomodo tectónico de fallas con dirección de este a oeste. Sucesivos eventos tanto volcánicos con derrames de lava y la paulatina migración del lago hacia el norte de Michoacán sugieren que el lago de Cuitzeo se considere junto con el lago de Chapala como uno de los lagos más antiguos del planeta con una edad estimada entre los 4 y 6 millones de años (Israde, 1997).



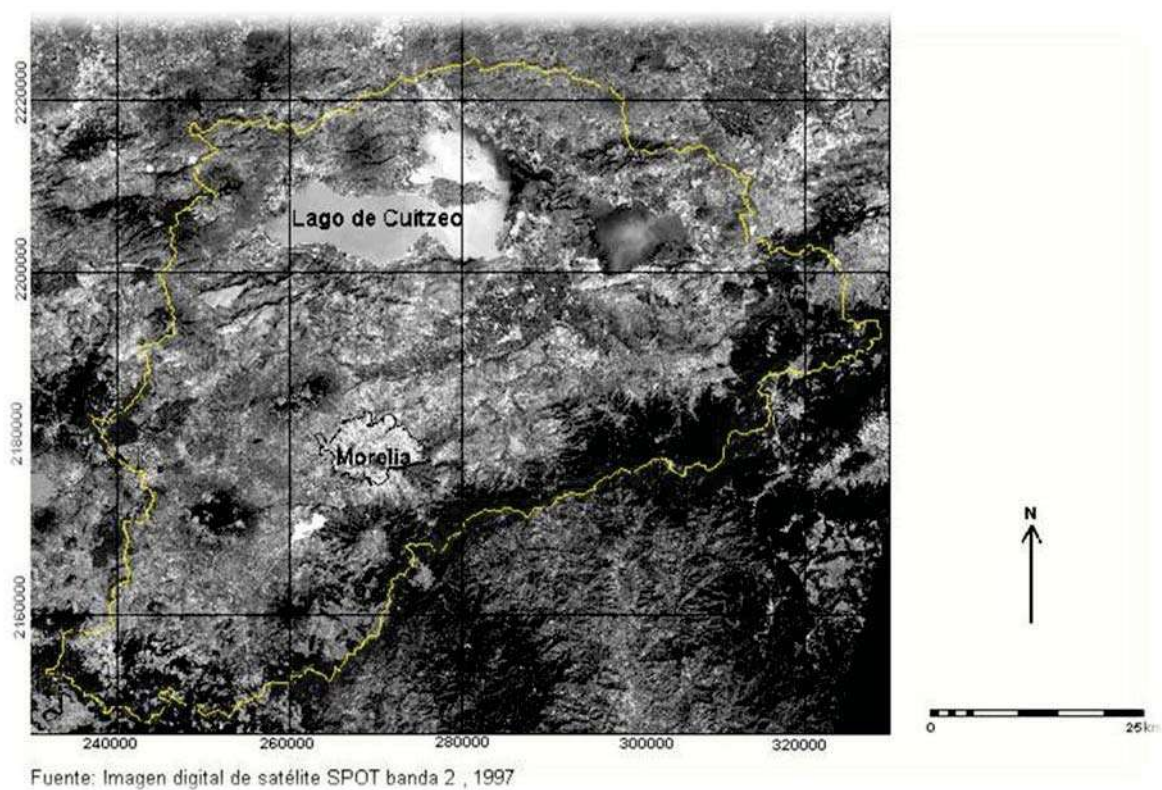


Figura 2. Imagen satelital de la cuenca del lago de Cuitzeo, México.



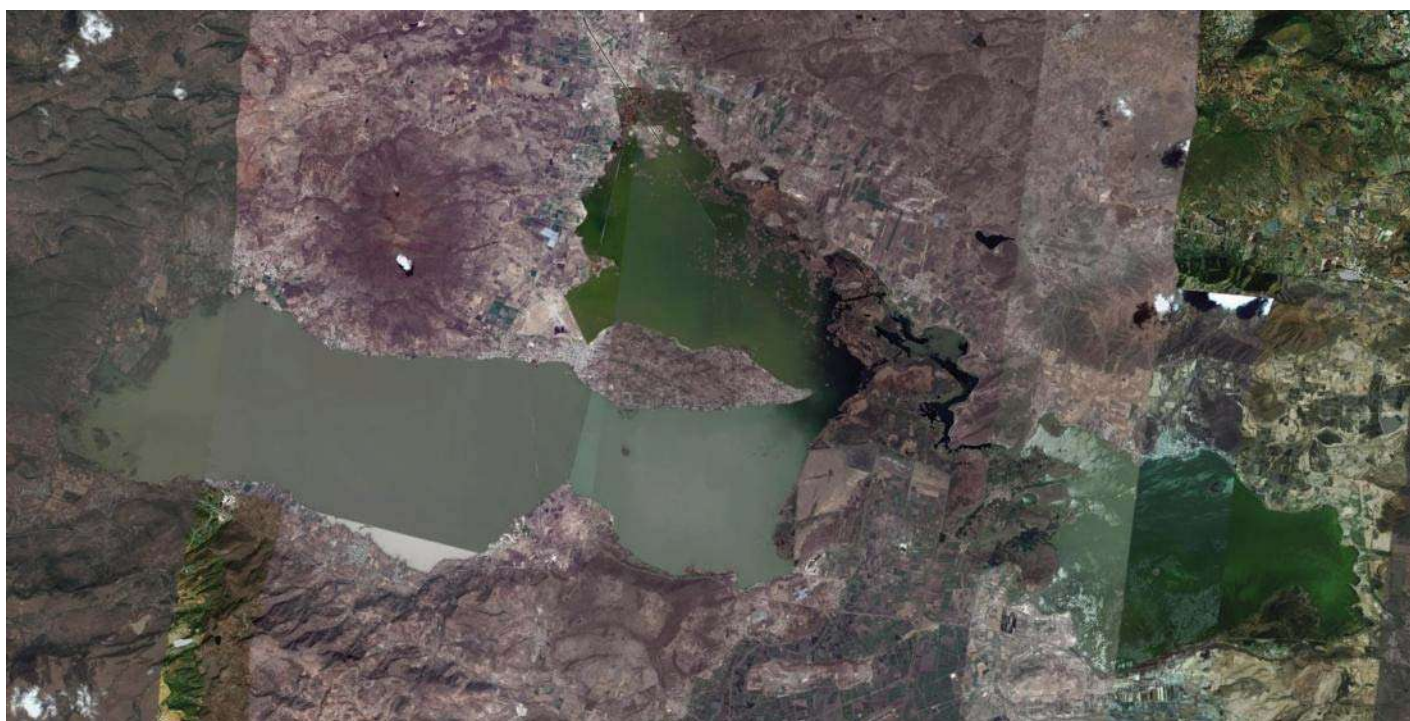


Figura 3. Imagen satelital del lago de Cuitzeo, Michoacán, México



4.2.3. Geología

En el margen sur y oriente del lago de Cuitzeo se identifican rocas que pertenecen a la llamada serie calco alcalina con el predominio de rocas de tipo andesita y distribuidas en tres unidades principales (Figura 4): 1) andesitas con pequeñas cantidades de conglomerados, tobas riolitas e ingimbritas de una edad aproximada entre los 18 y 14 millones de años, b) unidad sedimentaria integrada por lutitas y diatomitas lacustres de edad posiblemente de la época del Mioceno Tardío – Plioceno Temprano de 7 a 4 millones de años de edad y que posiblemente fueron depositados después de formarse el lago de Cuitzeo y c) la unidad derivada del vulcanismo del Eje Neovolcánico Transversal cuyo basamento se encuentra formado por rocas piroclásticas (tobas vítreas) de la época del Plioceno Tardío y por flujos de tipo riolítico que generaron domos y coladas ricas en vidrio (obsidiana). Las edades de estas rocas se estiman desde los 1.6 a los 1.2 millones de años, cuya porción final se compone de derrames fisurales de andesitas y basaltos así como conos cineríticos de edad aproximada entre 0.9 y 0.5 millón de años. Las rocas de estas tres unidades se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos de talud y de aluvión (Gutiérrez, 1996).

Las rocas ígneas extrusivas presentes del Terciario Superior son dacitas y tobas ácidas, así como brechas volcánicas. De la misma manera, se presentan rocas sedimentarias originadas durante el Cuaternario y que son básicamente de tipo aluvial y lacustre. Otras rocas sedimentarias originadas del Terciario Superior e Inferior incluyen las limonitas, areniscas y volcanoclásticas.

La presencia de 317 manantiales termales superficiales en la ribera del lago de Cuitzeo se encuentra asociada a las fallas y fracturas, especialmente en la intersección de estructuras de diferente orientación. Lo anterior significa que las aguas del subsuelo brotan con presión entre las zonas de debilidad de estas estructuras para ascender a la superficie. Las aguas de estos manantiales termales son salinas con altos contenidos de cloruro de sodio, bicarbonato de sodio, bórax y nitrato de sodio, acompañadas de emanaciones de bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y metano.





Figura 4. Mapa geológico de la región oriental del lago de Cuitzeo, Michoacán

4.2.4. Suelos

En las áreas de llanura y de sierra con pendiente suave, cercanas al lago de Cuitzeo existen suelos vertisoles y feozem (Figura 5). Los vertisoles son suelos jóvenes, profundos y someros. Algunos de ellos pedregosos y salinos con un alto contenido de arcilla por lo que son poco permeables y de drenaje lento, estos suelos son de alta fertilidad con contenido de materia orgánica de moderada a alta. De la misma manera, estos suelos se presentan en terrenos de consistencia débil y cuando están húmedos son tierras pegajosas y plásticas. Lo anterior ocasiona que los suelos sean poco permeables y de un drenaje lento. A esta composición se agrega la gran cantidad de sal (cloruro de sodio), “tequesquite” (mezcla de carbonato y bicarbonato de sodio), “salmuera” (mezcla de sulfato y cloruro de sodio), potasa y caliza de que están impregnados los suelos, tanto los adyacentes al lago como los de la región y que son el origen de su salinidad.

Debido a su composición y alto contenido de arcilla, la capacidad de intercambio catiónico es muy elevada, con un alto grado de saturación de bases. En general la salinidad es baja debido al mecanismo de auto desalojo de sales que tienen, lo que permite mantener valores de potencia de hidrógeno (pH) entre 6.0 a 8.5. Sin embargo, los valores de potencial de hidrógeno (pH) aumentan a medida que el complejo de intercambio se vuelve más saturado de sodio. Por lo tanto, los suelos se integran con los de tipo Solonchaks, que son los suelos que se localizan en aquellas zonas que han sido invadidas de tule regularmente inundadas. Cuando los niveles del lago disminuyen en algunos casos, estos terrenos son integrados a la agricultura. El tipo de vegetación que en estos suelos se desarrolla es el bosque espinoso del género *Acacia*.

Los suelos Feozem se localizan también en las zonas de llanuras y de sierras con pendiente suaves intercalados con los vertisoles. Estos suelos son maduros, la mayoría son delgados, limitados por rocas o una capa de tepetate, de permeabilidad media a baja, de color pardo grisáceo o gris oscuro, contiene altas cantidades de materia orgánica y son ligeramente ácidos sin salinidad elevada. Estos suelos se



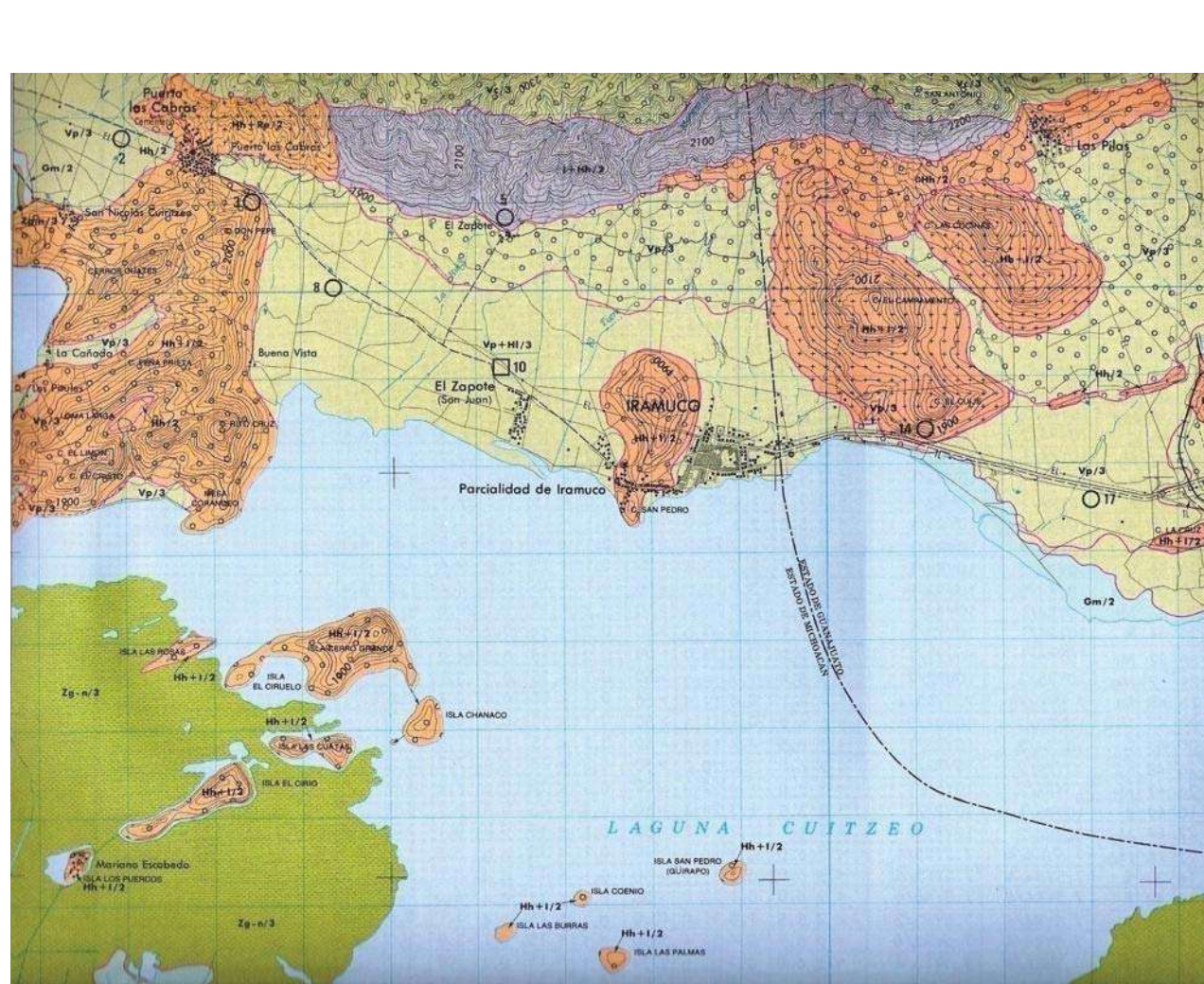
desarrollan en lugares en donde evapotranspiración excede la precipitación (Fitz Patrick 1984).

En las zonas de mayor elevación dentro del área de la sierra se localizan suelos luvisoles, los acrisoles y los andosoles. Los luvisoles se encuentran distribuidos en aquellos lugares que presentan pendientes moderadas a fuertes, son sumamente arcillosos de permeabilidad baja y drenaje lento, ricos en materia orgánica y ligeramente ácidos con un potencial de hidrógeno (pH) que varía de 5.5 a 6.5, llegando a más de 7.5 en lugares con material calcáreo. La comunidad vegetal más común en este tipo de suelo es el bosque deciduo asociado con coníferas.

Los acrisoles son suelos rojos de origen residual desarrollados a partir de rocas volcánicas, siendo la mayoría de ellos profundos, son suelos francos y arcillosos, por lo que son permeables, su drenaje es de moderado a lento. Son suelos fuertemente ácidos y ricos en materia orgánica. Se localizan en donde las pendientes son muy pronunciadas, con una precipitación abundante y con una distribución bastante uniforme durante el año, de modo que constantemente está circulando el agua a través del suelo. Estas condiciones de humedad han permitido el desarrollo de bosques de pino-encino.

En las partes más altas de la cuenca se encuentran los andosoles que se han derivado de cenizas volcánicas por lo cual tienen textura ligeramente media y por la vegetación que soportan tienen un alto contenido de materia orgánica, llegando a ser ricos en nutrientes y presentar tal grado de acidez que en algunos casos el potencial de hidrógeno (pH) llega a alcanzar valores de 4.5. Estos suelos se desarrollan en lugares con buenas condiciones de humedad lo que permite el crecimiento de vegetación de tipo de las coníferas.





Al sur del lago desde Chehuayo Grande hasta San Juan Tararaméo, parte de San Agustín del Maíz, Copándaro, Santa Rita y Congosio, también al oeste desde el Gavilán, Marijo y al norte de Chucándiro.

En la ribera se encuentran grandes porciones del tipo Solonchak gleico sódico de textura fina en una franja que corre del oeste, este, norte y una pequeña porción del sur; por otro lado el suelo de tipo vertisol pélico y litosol de textura fina tienen una dominancia significativa en la ribera del lago. El litosol con feozem háplico de textura media se presenta en una pequeña porción del lado sur del lago en la localidad de Chehuayo Grande y Chehuayo Chico, al norte aflora al noreste de Capacho.

4.2.5. Clima

La cuenca del lago de Cuitzeo presenta un clima de transición caracterizado como el menos seco de los esteparios, con lluvias durante el verano. Su oscilación térmica entre el mes más frío y el mes más caliente es moderada, pues varía entre 5 y 7°C. El clima estepario es considerado como un clima seco en donde por lo general la evaporación excede a la precipitación. El mes más caliente en este lago es mayo, antes del solsticio de verano (21 de junio) con 21°C, por lo que se describe con una marcha de la temperatura de tipo Ganges; mientras que el mes más frío es en enero con 14.3°C de manera que su isoterma es de 18°C. El mes mas lluvioso es julio, con 147.5 milímetros y el mes más seco es febrero con 5.7 milímetros, siendo su isoyeta de 600 milímetros (García, 1981). Durante periodos de años con abundantes lluvias el tipo de clima es templado sub húmedo que es el menos húmedo de los climas sub húmedos (Chacón et al, 2007).



4.2.6. Flora y fauna

La vegetación que caracteriza a la cuenca es de matorral xerófito, especialmente de asociaciones de huizache-mezquite. Los árboles y arbustos más característicos que se localizan son mezquites (*Prosopis laevigata*), huizaches (*Acacia farnesiana*, *A. angustissima*, *A. schaffneri*), cazahuate (*Ipomea murucoides*), pirul (*Schinus molle*) y granjeno (*Celtis palida*). Debido a la alta salinidad que representa los suelos de la ribera, la vegetación es poco diversa, aunque son favorables para el establecimiento de vegetación halófito, es decir, tolerante a la salinidad. Algunas de estas plantas son conocidas como checame (*Distichlys spicata*), verdolaga (*Portulaca aleraceas*) y romerito (*Suaeda nigra*).

La fauna silvestre terrestre de la cuenca del lago de Cuitzeo está compuesta por animales típicos de las zonas semidesérticas del Altiplano Mexicano como son: ardilla del árbol (*Sciurius aureogaster sp.*) Ardilla de tierra (*S. variegatus*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), tlacuaches (*Didelphys virginiana*), Zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo (*Conepatus mesoleucus*) tejón (*Nasua narica*) y comadreja (*Mustela frenata*).

La avifauna del lago de Cuitzeo comprende 38 familias con 157 especies, lo que representa 31.12% de las especies registradas en el estado de Michoacán. De estas 81 especies de aves son residentes (51.6%), mientras que 75 son migratorias, (47.8%) y sólo una especie es estacional (veraneante) (0.6%) (Villaseñor, 1994). En lo que se refiere al tipo de hábitat donde se encuentran las aves existen 106 especies terrestres que representan el 67.5%, 17 acuáticas (10.8%), 14 ribereñas (8.9%), 14 ribereñas/acuáticas y una sola especie es reportada en los tres habitats (0.6%). Del total de la avifauna del lago 17 especies se consideran aves canoras y de ornato las cuales son permitidas para su aprovechamiento.



4.2.7. Hidrología

Con base en los escurrimientos superficiales se forman cuatro regiones hidrológicas entre las cuales, en la porción norte del Estado, se localiza la región Lerma-Chapala, que cubre una superficie aproximada de 58,725 km². Esta constituye una región alta que se caracteriza por la presencia de zonas planas y amplias que drenan ligeramente hacia el noroeste. Esto valles se encuentran separados por elevaciones que corresponden a estructuras volcánicas cuyas altitudes varían entre los 1600 y 3000 msnm en la porción norte del Estado y que se encuentran orientadas de oeste a este. Existen además amplias llanuras de inundaciones y depresiones que rodean a los principales sistemas lacustres como son los de Cuitzeo, Pátzcuaro y en menor escala Zirahuén.

La cuenca de Cuitzeo no tiene salida al mar y se encuentra ubicada a una altitud de 1820 msnm. El área de captación de la cuenca es de 3,675 km², en donde se localizan los valles de Morelia, Zinapécuaro, Indaparapeo y Queréndaro, con actividades principalmente agrícolas

La ribera sur del lago de Cuitzeo recibe las aguas de sus principales afluentes, incluyendo los ríos Grande de Morelia (150 Mm³) y Queréndaro (53 Mm³). Existen además manantiales pequeños de aguas termales en las orillas del vaso lacustre que alimentan al lago, como son los manantiales de Huandacareo, Copándaro, Santa Rita, San Juan Taraméo, Araró y las islas de las Palmas y Los Puercos.

Aunque originalmente el lago de Cuitzeo no poseía efluentes o salidas de agua por los ríos y arroyos naturales, en la actualidad tiene una salida, conocida como el Dren La Cinta que funcionó originalmente para desfogar los excedentes y mantener artificialmente el nivel del lago a los 1820 msnm y así evitar inundaciones en las zonas de cultivo del distrito de riego que se encuentra aguas abajo. De esta manera, las aguas procedentes del lago eran conducidas hacia la laguna de Yuriria con la consecuente integración al Sistema del Lerma-Chapala.



El Dren La Cinta fue cerrado por los pescadores en junio de 1980 en un esfuerzo comunitario para evitar la avanzada desecación del lago. Sin embargo, durante los años húmedos de 2004 y 2005 el lago de Cuitzeo recuperó su nivel anterior y al alcanzar la cota artificial de 1820.00 msnm, el Dren La Cinta fue nuevamente habilitado para desfogar por instrucciones de la Comisión Nacional del Agua un volumen estimado de 50 Mm³ ocasionando un drástico descenso en el nivel de agua (Chacón *et al*, 2007).

4.2.8. Morfometría del lago

El lago es de forma alargada orientado en dirección este-oeste, ocupa un área total de 420 km² y tiene una longitud máxima de 51.3 kilómetros y 13.3 kilómetros de amplitud máxima. Posee 11 islas, conocidas como Los Puercos, Tzirio Grande, Tzirio Chico, Las Cuatas, Chanaco, Tecuena, Corandeo, Las Borrás, Los Magueyes, Las Palmas y Huiripitio.

En dirección norte-sur, el lago es cruzado por la antigua carretera federal No. 43 Morelia-Salamanca, que lo divide en dos vasos (este y oeste), comunicados por un ducto construido en la parte media del tramo carretero, que permite el paso del agua en dirección este-oeste. Durante el año de 2005 el lago en su vaso oeste fue nuevamente cruzado por la construcción de un segundo cuerpo carretero con material de piedra y tierra para alojar a la autopista de cuota que conduce de Morelia a Salamanca. En esta ocasión y después de una fuerte controversia ambiental se construyeron en el nuevo tramo dos grandes ductos denominados pasos de lancha de 30.0 m de largo con el fin de facilitar el flujo de agua entre los dos extremos de la zona oeste.

En el año de 1946 se encontraron profundidades máximas de cuatro metros, 30 años después era de 2.25 metros, en 1979 de 1.55 metros y para 1985 la porción oeste alcanzaba sólo 12 centímetros.



Durante la segunda mitad del decenio de 1980, los vasos oeste y central del lago, constituyen un 60% de la superficie total, quedaron totalmente secos por la escasez de lluvias que afectó a todo el país. Estas secciones del vaso perdieron el relieve batimétrico o de profundidad que caracteriza a cualquier lago y se transformaron en planicies de suelos salinos y de poco drenaje.

A partir del año 2000 el lago de Cuitzeo sufre de fuertes variaciones de nivel del agua. La zona oeste se deseca durante los periodos de años secos favoreciendo uno de los efectos más dañinos que es la generación de tolvánas que cubren a las poblaciones ribereñas principalmente en las poblaciones de Capacho y Miguel Silva con el consiguiente incremento de las enfermedades respiratorias.

4.2.9. Balance hidráulico

En el lago existe un considerable desequilibrio entre la lluvia anual recibida y la evaporación registrada. El volumen medio anual de agua recibida por la cuenca depende fundamentalmente de la lluvia. El volumen total de agua promedio por escurrimiento que recibe el lago en un año es de 458 Mm^3 (255 Mm^3 de lluvia directa y 20^3 Mm^3 de tributarios). La tasa de evaporación es de 766 Mm^3 . Por lo tanto, el déficit hidráulico que presenta el lago de Cuitzeo es de 310 Mm^3 . Otro factor para la disminución del nivel del agua es la demanda de agua de los afluentes para la agricultura, además de la reducción debida a la infiltración por la deforestación y la pérdida del suelo.

La pérdida del suelo ocasionada por la erosión se traduce en un deslave y transporte de lodos, desde las partes más elevadas de la cuenca hacia las riberas del lago, especialmente durante la época de lluvias, la entrada de estos lodos al lago, en combinación con los sedimentos y terrígenos transportados por los



afluentes, forman parte del proceso de azolve del vaso lacustre, que ocasiona una pérdida de la profundidad y por tanto de su capacidad de almacenamiento de agua.

El lago de Cuitzeo presenta tres regiones principales con características hidrológicas y fisicoquímicas propias. La zona este con una extensión de 114 km², la zona central con una extensión 171 km² incluyendo la región del Dren La Cinta y finalmente la zona oeste con una extensión de 135 km².

El área total del vaso lacustre tiende a variar con la abundancia de lluvias y el aporte de los afluentes. De esta manera, cuando el lago se encuentra en la cota altitudinal de los 1820 msnm la superficie inundada es de 452 km², cuando la cota baja a los 1819 msnm entonces la superficie es de 345 km² y cuando la cota disminuye hasta los 1818 msnm entonces la superficie total del lago de Cuitzeo es de únicamente 85 km².

4.2.10. Características del agua

El lago de Cuitzeo presenta una visibilidad del disco de Secchi máxima de 15 centímetros, consecuencia de la deforestación, erosión y azolve que se presentan en la cuenca; además los ríos tributarios que llegan al lago de Cuitzeo también llevan altas concentraciones de terrígenos y sólidos suspendidos debido a las descargas de aguas negras y las que llegan de actividades agropecuarias.

Como el lago es poco profundo y muy extendido, los vientos dominantes ocasionan que sólidos y lodos depositados inicialmente en el fondo asciendan y se distribuyan en toda la columna de agua. Esto trae consigo un aumento en la turbidez, que a su vez disminuye la capacidad de las plantas microscópicas para producir alimento y oxígeno para el resto de los organismos acuáticos que habitan el lago.

Puesto que existe una circulación constante del agua, que permite un mezclado de superficie a fondo durante todo el año, el lago de Cuitzeo, se clasifica con respecto a otros, como un lago polimíctico (Lewis, 1983).



La pérdida de volumen del agua ha ocasionado un incremento en la concentración de sales y un aumento en el potencial de hidrógeno; sin embargo, lo anterior no sucede en toda la extensión del lago. En el vaso este donde se presenta una frecuente renovación del agua, se registran concentraciones relativamente bajas de sales disueltas con un promedio de 345.5 mg/L y un potencial de hidrógeno de 7.9. En cambio, en el vaso oeste se presentan concentraciones de sales hasta de 4800 mg/L y un potencial de hidrógeno de hasta 11.5 (alcalino). Las sales predominantes son carbonatos y bicarbonatos, asociados sobre todo al sodio, que es muy abundante en la región. El calcio y el magnesio, que se consideran elementos reponsables de la dureza del agua, no son abundantes en lago de Cuitzeo, de manera que ésta se considera como blanda, aunque salada. Si se establece una escala de abundancia de los elementos de carga positiva de mayor a menor, el sodio predomina con 61.5%, le sigue el potasio con 17.1%, el magnesio con 13.2% y finalmente el calcio con 8.2% (Tabla 9).

4.2.11. Ictiofauna

Chacón (1980) discutió que la distribución íctica con relación a la vegetación acuática en el lago de Cuitzeo, define como áreas principales de distribución a las zonas litorales someras con praderas sumergidas de *Potamogetum pectinatus* y *P. Foliosus* var. *foliosus* en la zona oriental del lago donde se localizan la mayor parte de especies de peces, sugiriendo que las macrofitas sumergidas representan un hábitat importante al favorecer un sustrato a una gran cantidad de organismos epífitos que forman una fuente importante de alimento para los peces del lago de Cuitzeo. Zubieta (1985) discutió que las zonas someras representan una mayor posibilidad de aprovechamiento de recursos alimenticios para los peces, debido a las praderas del género *Potamogetum* que sirven de refugio a invertebrados, sostienen a la comunidad del perifiton y sirven de zonas de alimentación para las especies de peces forrajeros.



Tabla 9. Características del agua en el lago de Cuitzeo, Michoacán.

PARÁMETRO	VALOR PROMEDIO
Altitud promedio (msnm)	1820
Presión barométrica	620
Temperatura (°C)	18.5
Profundidad media (m)	0.45
Profundidad máxima (m)	1.80
Transparencia de Secchi (m)	0.15
Potencial de hidrógeno	10.4
Conductividad eléctrica (µS/cm)	2456.0
Densidad (g/mL)	1.03
Viscosidad (Poises)	0.0109
Tensión superficial (dina/cm)	70.80
Sólidos totales (mg/L)	3832.0
Sólidos suspendidos (mg/L)	725.0
Oxígeno disuelto (mg/L)	2.0
Saturación de oxígeno (%)	22.7
Alcalinidad total (mg/L)	750.0
Alcalinidad de carbonatos (mg/L)	240.0
Alcalinidad de bicarbonatos (mg/L)	510.0
Dureza total (mg/L)	108.2
Fósforo total (µg/L)	1545.0
Fósforo reactivo soluble (µg/L)	875.0
Clorofila-A (µg/L)	120.0
Cloruros (mg/L)	112.8
Sulfatos (mg/L)	132.2
Nitritos (mg/L)	0.35
Nitratos (mg/L)	0.42
Amonio (NH ₄) (mg/L)	2.42
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	228.6
Demanda química de oxígeno (mg/L)	748.0
Sodio (mg/L)	227.0
Potasio (mg/L)	34.8
Hierro (mg/L)	0.93
Calcio (mg/L)	18.4
Magnesio (mg/L)	37.5
Boro (mg/L)	6.22
Arsénico (mg/L)	0.12



La composición de la ictiofauna del lago de Cuitzeo presenta especies tanto nativas como introducidas, sin embargo, la composición de las especies de peces ha sufrido cambios drásticos por las condiciones de avanzado deterioro de sistema lacustre con un impacto negativo sobre la diversidad biológica acuática que ahí se desarrolla.

En la Tabla 10 se presentan las especies de ictiofauna que actualmente se encuentra en el lago de Cuitzeo, en donde se comparan los registros de campo actuales con los obtenidos por previos autores observando claramente los cambios tendientes a la disminución de la diversidad biológica.

4.2.12. Especies endémicas

Los peces nativos del lago de Cuitzeo se encuentran representados por diez especies. Estas tienen dos orígenes, la acúmara o sardinita (*Algansea tincella*) (esta última ya erradicada) es de colonización neártica, es decir, su procedencia es de Norteamérica a través de sucesivas colonizaciones y procesos de adaptación lacustre realizadas por sus ancestros. Por otro lado, los atherínidos (charales y peces blancos) con dos especies *Chirostoma jordani* y *Chirostoma compressum* (esta última ya extinta) y los godeidos (chehuas) que son consideradas como elementos con un origen común que se encuentra asociado a sus ancestros marinos en donde hace millones de años habitaban el gran canal que comunicaba al Golfo de México con el Océano Pacífico. El posterior levantamiento orográfico y la sucesiva fragmentación del drenaje por la intensa actividad volcánica favorecieron la adaptación y especiación de las familias Atherinidae y Goodeidae en los sistemas acuáticos del Sistema Neovolcánico Transmexicano (Tabla 11).



4.2.13. Especies introducidas

Las especies denominadas exóticas son aquellas especies que no son nativas de México y que han sido introducidas en la mayoría de los sistemas acuáticos mexicanos. Dentro de este grupo se encuentran las carpas de la familia Cyprinidae que fueron introducidas a finales del siglo pasado en casi todas las aguas del Altiplano de México. Se considera que este grupo de peces es el más ampliamente difundido a nivel mundial. La carpa dorada es una especie de ornato y también es aprovechada como alimento.

Las tilapias de la familia Cichlidae fueron introducidas de manera indiscriminada durante los años sesenta y en la actualidad soporta una de las mayores pesquerías de aguas continentales del país.

En el lago de Cuitzeo existen tres especies que incluyen la tilapia *Oreochromis niloticus*, la carpa dorada *Caracius auratus* y la carpa común *Cyprinus carpio*. La carpa y la tilapia forman parte de la obtención de recursos económicos y de alimento de gran parte de la población ribereña que depende de los recursos existentes del lago para su sobrevivencia (Tabla 12).



Tabla 10. Ictiofauna del lago de Cuitzeo, Michoacán, México

Especie	Nombre común	Origen	Importancia	Estado y referencia			
				1	2	3	4
<i>Goodea atripinnis</i>	Barrigona	Nativa	Pesquera	•	•	•	•
<i>Xenotoca variata</i>	Pinta	Nativa	Biológica	•	•	•	•
<i>Allophorus robustus</i>	Tiro	Nativa	Biológica	•	•	•	•
<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Chehua	Nativa	Biológica	•	•	•	X
<i>Hubbsina turneri</i>	Chehua	Nativa	Biológica	•	•	X	X
<i>Neotoca bilineata</i>	Chehua	Nativa	Biológica	•	•	X	X
<i>Allotoca dugessi</i>	Chehua	Nativa	Biológica	•	•	X	X
<i>Skiffia lermæ</i>	Chehua	Nativa	Biológica	•	•	X	X
<i>Neoophorus sp.</i>	Tiro	Nativa	Biológica	•	X	X	X
<i>Poeciliopsis infans</i>	Gupi	Nativa	Biológica	•	•	•	X
<i>Menidia jordani</i>	Charal	Nativa	Pesquera	•	•	•	•
<i>Menidia compressum</i>	Charal	Nativa	Pesquera	•	X	X	X
<i>Menidia bartoni</i>	Charal	Nativa	Pesquera	•	X	X	X
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Exótica	Pesquera	X	•	•	•
<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia	Exótica	Pesquera	•	•	•	•
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Exótica	Pesquera	•	•	•	•
<i>Carassius auratus</i>	Trompo	Exótica	Pesquera	•	•	•	•
<i>Algansea tincella</i>	Sardinita	Nativa	Pesquera	X	X	•	X
<i>Notropis calientis</i>	Sardinita	Nativa	Biológica	•	X	X	X
<i>Notropis sallaei</i>	Sardinita	Nativa	Biológica	•	X	X	X
<i>Lampetra spadiceus</i>	Lamprea	Nativa	Biológica	•	X	X	X
<i>Lampetra geminis</i>	Lamprea	Nativa	Biológica	•	X	X	X

1. Aguirre (1975)

2. Chacón (1980)

3. Colección de Peces, Laboratorio de Biología Acuática, UMSNH (1991)

4. Chacón (inédito, 2006)



Tabla 11. Especies de peces nativos del lago de Cuitzeo, Michoacán, México

Familia	Especie	Nombre común
Atherinopsidae	<i>Menidia jordani</i>	Charal
	<i>Menidia bartoni</i>	Chara
	<i>Menidia compressum</i>	Pescado blanco
Goodeidae	<i>Allophorus robustus</i>	Tiro
	<i>Xenotoca variata</i>	Chehua
	<i>Neotoca bilineata</i>	Chehua
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Chehua
	<i>Goodea atripinnis</i>	Chehua
	<i>Allotoca dugesii</i>	Chehua
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis infans</i>	Gupi
Cyprinidae	<i>Algansea tincella</i>	Sardinita

Tabla 12. Especies de peces introducidos del lago de Cuitzeo, Michoacán, México

Familia	Especie	Nombre común
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
	<i>Carassius auratus</i>	Trompo
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia
	<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia



4.2.14. Programas acuícolas o de repoblación

Aunque en el lago de Cuitzeo la composición ictiofaunística incluye especies tanto nativas como introducidas o exóticas el avanzado deterioro del sistema ha ocasionando un impacto negativo sobre las poblaciones acuáticas que ahí se desarrollan. En este sentido el efecto más significativo se presenta en la diversidad de especies de peces que habitan en el sistema lacustre.

En la actualidad no existe un programa establecido de siembra o repoblamiento del embalse. Las repoblaciones que regularmente se realizan por parte del Gobierno del Estado a través de la Comisión Estatal de pesca y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, a petición de los pescadores de este lago, se sustentan en siembras de especies exóticas, como la tilapia y la carpa (Tabla 13).

4.2.15. Producción pesquera

De la composición ictiofaunística que habita actualmente el lago de Cuitzeo, se encuentra sometida al aprovechamiento comercial tanto especies nativas como introducidas, especies de las familias Atherinidae, Cyprinidae, Cichlidae y las de la familia Goodeidae.

No existen registros para ubicar las fechas de introducción de las especies exóticas, pero de acuerdo a los datos de producción de la entonces Secretaría de Pesca en los últimos 23 años, probablemente las siembras hayan ocurrido en la década de los años cincuenta para el caso de la familia Cyprinidae y en la década de los años setenta para la familia Cichlidae).

En cuanto a los recursos acuáticos que se actualmente se explotan en el lago de Cuitzeo, se reportan además de los peces de interés comercial, otros recursos como el mosco (*Buenoa sp.* y *Noctonecta sp.*), la rana (*Rana montezumae*), acocil o chapo (*Cambarellus montezumae*) y conchilla (*Pisidium abditum*).



A partir del año de 1968 se obtuvieron los primeros registros de producción de charales los cuales poseen una gran importancia socioeconómica regional. Las especies que integran la producción son charales (*Chirostoma jordani*), carpa común (*Cyprinus Carpio*), mojarra-tilapia (*Oreochromis aureus*), rana (*Rana montezumae*) y mosco (*Noctoneta sp.* y *Buenoa sp.*) integradas en el grupo de otras especies en donde se incluyen algunas nativas como la chehua (*Goodea atripinnis*), almeja (*Anodonta sp.*) y acocil o chapo (*Cambarellus montezumae*); de éstas la más importante es la chehua que llega a alcanzar un volumen considerable como el registrado para 1987 con 525 toneladas (Figura 6).

Durante mucho tiempo las pesquerías del lago de Cuitzeo estuvieron representadas por la producción obtenida del charal, sin embargo, a partir de 1979 se observa una caída en su producción, a consecuencia del intenso efecto del proceso de hipereutroficación y desecación del vaso occidental. En 1974 esta pesquería representaba el 100% de la producción reportada, sin embargo, para 1979 descendió a un 78% y actualmente representa únicamente el 10%.

Al analizar los datos de la producción de tilapia con respecto a la del charal, se observa un marcado crecimiento en el nivel de producción de la tilapia y un descenso en la producción de charal, por lo que se observa un desplazamiento en los volúmenes de producción del charal que coinciden con un aumento en la producción de tilapia.

Situaciones como esta ocurren frecuentemente al no existir una evaluación del impacto que ocasiona la introducción de especies exóticas, además del deterioro ambiental de un sistema acuático. Es una realidad que al existir competencia entre las especies nativas y las especies introducidas se ha provocado una paulatina erradicación de los aterínidos como importante recurso pesquero en la región y como una especie biológica de gran interés.



Existen operando en el lago en la zona que corresponde al Estado de Michoacán 28 organizaciones pesqueras que agrupan a 1,182 pescadores quienes cuentan para el desarrollo de su actividad con 906 embarcaciones y 24,844 artes de pesca. Mientras que en la parte de Guanajuato operan 6 organizaciones, cuatro de ellas debidamente registradas y dos en trámite, que agrupan a 362 pescadores los que cuentan con 191 embarcaciones y 3,227 artes de pesca. En total existen 34 organizaciones pesqueras integradas por 1,615 pescadores que cuentan con 1,055 embarcaciones y 26,813 artes de pesca.

Los registros de las artes y equipos de pesca utilizados en el lago de Cuitzeo indican un total de 1,182 pescadores, 906 embarcaciones y 24,844 artes de pesca. Durante todo el año se capturan las especies comerciales como charal, carpa, tilapia y rana; la especie conchilla se captura de agosto a enero y del mosco todo el año con excepción del mes de agosto.



Tabla 13. Siembras realizadas en los últimos años en el lago de Cuitzeo

Año	Especie	N° de crías
1994	Rana toro	26,500
1994	Carpa Israel y barrigona	41,500
1995	Carpa Israel y barrigona	323,000
1996	Carpa Israel y barrigona	10,000
1997	Carpa barrigona	8,000
1999	Tilapia blanca	4,000
2000	Tilapia blanca	2,000



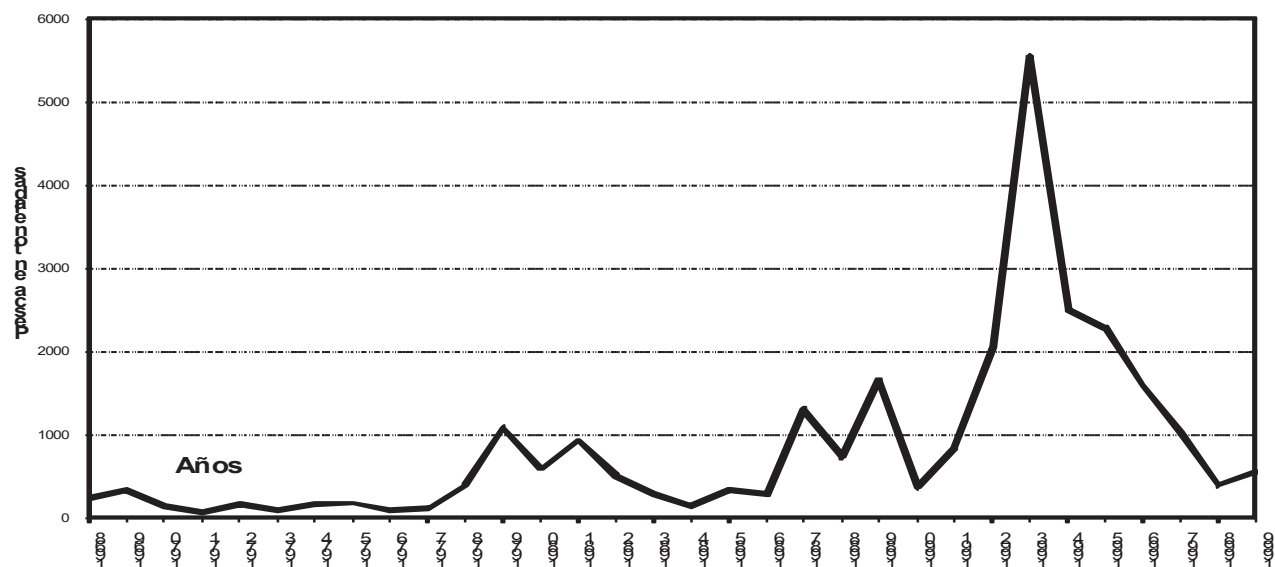


Figura 6. Producción pesquera en el lago de Cuitzeo, Michoacán



V. LA ESPECIE EN ESTUDIO

5.1. Sistemática

De acuerdo con los criterios de Barbour y Miller (1978), Lagler *et al* (1977) y Romer (1973), la ubicación taxonómica de la acúmara, ***Algansea lacustris*** es:

PHYLLUM: Chordata

SUPHYLLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnatostomata

CLASE: Osteichthyes

SUBCLASE: Actinopterygii

DIVISIÓN: Halecostomi

SUBDIVISIÓN: Teleostei

ORDEN: Cypriniformes

SUBORDEN: Cyprinoidei

FAMILIA: Cyprinidae

SUBFAMILIA: Leuciscinae

GÉNERO: ***Algansea*** (Girard, 1856)

ESPECIE: ***lacustris*** Steindachner 1895.

El género ***Algansea*** fue originalmente descrito por Girard (1856), posteriormente Steindachner (1895) describe la especie ***Algansea lacustris*** como un ciprínido nativo del lago de Pátzcuaro.

5.2. Diagnósis

Es un pez con cuerpo alargado y delgado con 85 a 95 escamas en una serie longitudinal; sus escamas son de tipo cicloidea; posee de 18 a 23 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial (Barbour y Miller, 1978); las escamas de la línea lateral son de 79 a 90 (con una media de 85); presenta un rango de 34 a 45 escamas predorsales, la línea de escamas entre el origen de la aleta dorsal y la línea lateral es de 17 a 23; la línea de escamas entre el origen de la aleta pélvica y la línea lateral es 11 a 16; las



líneas de escamas alrededor del pedúnculo caudal arriba de la línea lateral es de 19 a 24; las líneas de escamas alrededor del pedúnculo caudal por debajo de la línea lateral son de 17 a 21; la aleta dorsal posee 8 radios; la aleta anal posee 7, los radios de la aleta pectoral son de 13 a 20 y los radios en la aleta pélvica son de 9 a 10; los poros supratemporales son de 10 a 16; los poros infraorbitales de 22 a 30; los poros del preopérculo mandibulares son de 17 a 24, los ojos de diámetro moderado; boca pequeña protusible y sin barbas; dientes faríngeos de 4-4; las aletas pectorales del macho son más grandes que las de la hembra; presenta un color gris oscuro en su parte dorsal y gris claro en su parte ventral; línea lateral es completa (Barbour y Miller, 1978) (Figura 7).

La parte anterior del arco dentígrado elongado por el radio del brazo anterior hacia el posterior es menos de 1.2; presenta una longitud máxima de 263 mm (De Buen, 1940).

5.3. Habitat y distribución

Es un pez de aguas templadas lénticas, claras o turbias con 5 a 6 mg/L de concentración de oxígeno disuelto, aguas neutras o alcalinas de profundidad media. Durante la época de crecimiento generalmente habita en aguas limnéticas, mientras que en la época de reproducción ocurre en las zonas litorales. Tiene una amplia distribución en el lago de Pátzcuaro, aunque ocurre con mayor abundancia en la parte norte del mismo.

5.4. Hábitos alimenticios

El estudio de los hábitos alimenticios de los peces ha permitido determinar sus requerimientos nutricionales. Los peces pueden ser agrupados en cuatro categorías de acuerdo al tipo de alimento que prefieren bajo condiciones naturales.

- a) Herbívoros
- b) Carnívoros
- c) Omnívoros
- d) Detritívoros



Los organismos herbívoros se alimentan directamente de las plantas verdes, los peces pueden alimentarse de plantas microscópicas o fitoplancton o de plantas más grandes cuando habitan en el estanque. Los peces carnívoros se alimentan de otros usualmente de organismos pertenecientes al zooplancton. Los omnívoros se alimentan de plantas, detritus y animales dependiendo de su disponibilidad. Los organismos detritívoros se alimentan de materia orgánica muerta y cualquier organismo asociado en el fondo del estanque. Gran parte de su alimento consiste en hongos y bacterias.

La acúmara es una especie de pez que cambia sus hábitos alimentarios de acuerdo a la etapa en que se encuentre, se han realizado algunos estudios en su ambiente natural respecto a su alimentación en los que destacan los siguientes.

Rosas (1976) mencionó que las tallas de 6.0 a los 100.0 mm son principalmente zooplantófagas, pero que además aceptan cualquier tipo de harina como complemento alimenticio. La acúmara es un pez omnívoro, con una fuerte inclinación por las algas filamentosas clorofíceas en las que habitan diferentes especies que son ingeridas como son; cladóceros, anfípodos, pequeños moluscos y rotíferos

El aparato digestivo es un tubo sin diferenciación entre esófago, estómago e intestino delgado, con hígado bien desarrollado; las mandíbulas son sin dientes y los dientes faríngeos se encuentran bien desarrollados. Una acúmara con una talla de 14.8 cm de longitud total tiene un tubo digestivo de 43.5 cm que resulta en la siguiente relación: $2.9/1 = 2.9$ (casi tres veces la longitud total, lo anterior explica su preferencia por las algas filamentosas clorofíceas).

5.5. Crecimiento

El crecimiento es el aspecto cuantitativo del desarrollo y es un proceso particular de cada especie y de cada etapa, que para los peces se definen como: huevo, alevín, cría, juvenil, preadulto y reproductor. Los organismos deben de alimentarse de los recursos del ambiente para sobrevivir, afectando su estructura, funciones y modo de vida.



Para el caso de acúmara se han reportado tallas de longitud máxima de 263.0 mm (De Buen, 1941). Solórzano (1955) encontró una talla promedio de 220 mm, mientras que Rosas (1976) mencionó que la acúmara alcanza tallas promedio de 350.0 mm y peso de hasta 400.0 g. Lo anterior no coincide con la mayor parte de los autores, de ser confiable la cifra reportada por Rosas (1976) entonces la especie presenta tallas máximas cercanas a los 400.0 mm y hasta el momento no existe ningún registro de tallas como ésta. González (1985) registró una talla promedio de 216.0 mm. Rivera y Orbe (1990) reportaron una talla promedio de 214 mm. Finalmente, Ríos (1993) reportó para el año 1990 tallas de 196.0 mm con un peso promedio de 170.8 g. Estos registros de tiempo sugieren que las poblaciones de acúmara presentan menores tallas en el tiempo. Lo anterior, es un reflejo de la intensidad de pesca a la que se encuentra actualmente sometida la especie.

5.6. Ecología reproductiva

Las hembras son más grandes que los machos. La época de desove de la acúmara se presenta cuando aumenta la temperatura del invierno a la primavera (diciembre a mayo), en zonas poco profundas con oleaje y con un fondo arenoso para efectuar el desove. El huevo es libre, ligeramente demerso, transparente, mide de 5 a 6 mm de diámetro después de la fecundación (Rosas, 1976).

5.7. Enfermedades

Los parásitos se encuentran siempre presentes en la naturaleza, un solo individuo puede hospedar a varias especies de parásitos, mientras que una población natural de peces puede llegar a albergar 10, 20 o más especies de parásitos.

Bauer (1976) ha señalado que las infecciones parasitarias en los peces aumentan por lo general cuando los hospederos se confinan en condiciones artificiales. La alta densidad de la población de hospederos en condiciones artificiales, al igual que algunos factores adversos como la manipulación y la deficiencia en la concentración de oxígeno disuelto, pueden resultar en un aumento en la población de parásitos que difícilmente se presentaría en condiciones naturales.



De acuerdo con Aparicio *et al* (1988) la acúmara presenta una fauna parasitaria caracterizada por cuatro Phylum

- 1) Plathelminthes: ***Octomacrum mexicanum***, metacercarias del tremátodo, ***Posthodiplostomum minimum***, dos especies de céstodos ***Bothriocephalus acheilognathi*** y uno del orden Caryophyllidae.
- 2) Acanthocephala: ***Achyromorhynchus brevis***.
- 3) Nematoda: Larvas del género ***Spiroxis*** sp, un representante de la familia Philometridae, ***Capillaria patzcuarensis*** y ***Spinitectus carolini***.
- 4) Hirudinea: ***Myzobdella patzcuarensis***

En el consumo de moluscos de las familias Phisidae y Planorbidae la acúmara es parasitada por larvas de tremátodos, cuyos huéspedes intermediarios son los moluscos que ingiere.

Por otra parte, Lamothe (1982), describió a ***Octomacrum mexicanum*** que es una nueva especie de monogéneo de las branquias de la acúmara.

El céstodo ***Bothriocephalus acheilognathi*** es el agente etiológico de la enfermedad conocida como botriocefalosis de los peces. Se considera un parásito muy peligroso para las carpas que tienen menos de un año de edad y una longitud total que no rebasa los 8.0 cm. Una de las consecuencias de esta parasitosis es el adelgazamiento de la pared intestinal. Este tipo de helmintiasis también provoca otros daños como el bloqueo total o parcial de la luz del intestino y la inflamación o perforación del intestino, pierden peso y nadan lentamente muy cerca de la superficie por lo que quedan expuestos a los depredadores.



La acuacultura favorece la distribución y propagación del parásito que es hospedero favorito de la carpa, pero que ataca a formas juveniles y adultos de la acúmara. Sin embargo bajo condiciones de cultivo Rivera (1988), mencionó que bajo condiciones de cultivo son parasitados por ***Dactilogyrus*** sp, ***Gyrodactylus*** sp, ***Ichthyophthirius*** sp y ***Saprolegnia*** sp.



VI. MÉTODO

6.1. El sistema de cultivo

Se utilizaron dos estanques rústicos ubicados al lado sur del tramo carretero Irámuco - Andocutin a 2.8 km al oriente de la ciudad de Irámuco, Guanajuato, en las instalaciones de una granja de cultivo particular. Los estanques rústicos tuvieron como dimensiones 25.0 x 40.0 m y 20.0 x 25 m. El sistema fue alimentado con agua de pozo de bombeo mediante un ducto con un flujo de 15 L/s. El volumen de agua se mantuvo en reposo por cinco días antes de realizar el sembrado de crías de peces con el fin de asegurar la productividad primaria del estanque. El primer estanque tuvo una superficie total de 1,200.0 metros cuadrados mientras que el segundo fue de un total de 400.0 metros cuadrados.

La ubicación de los estanques se presenta en la Tabla 14 y en las Figuras 8, 9 y 10 en coordenadas de la proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator.

Tabla 14. Coordenas de ubicación de los estanques rústicos (cuadrante 14Q).

Estanque	1	2	3	4
1	0302772 E	0302748 E	0302775 E	0302792 E
	2207972 N	2207936 N	2207928 N	2207968 N
2	0302820 E	0302813 E	0302836 E	0302841 E
	2207962 N	2207946 N	2207947 N	2207957 N





Figura 9. Ubicación de los estanques rústicos experimentales, en la ribera norte del lago de Cuitzeo.



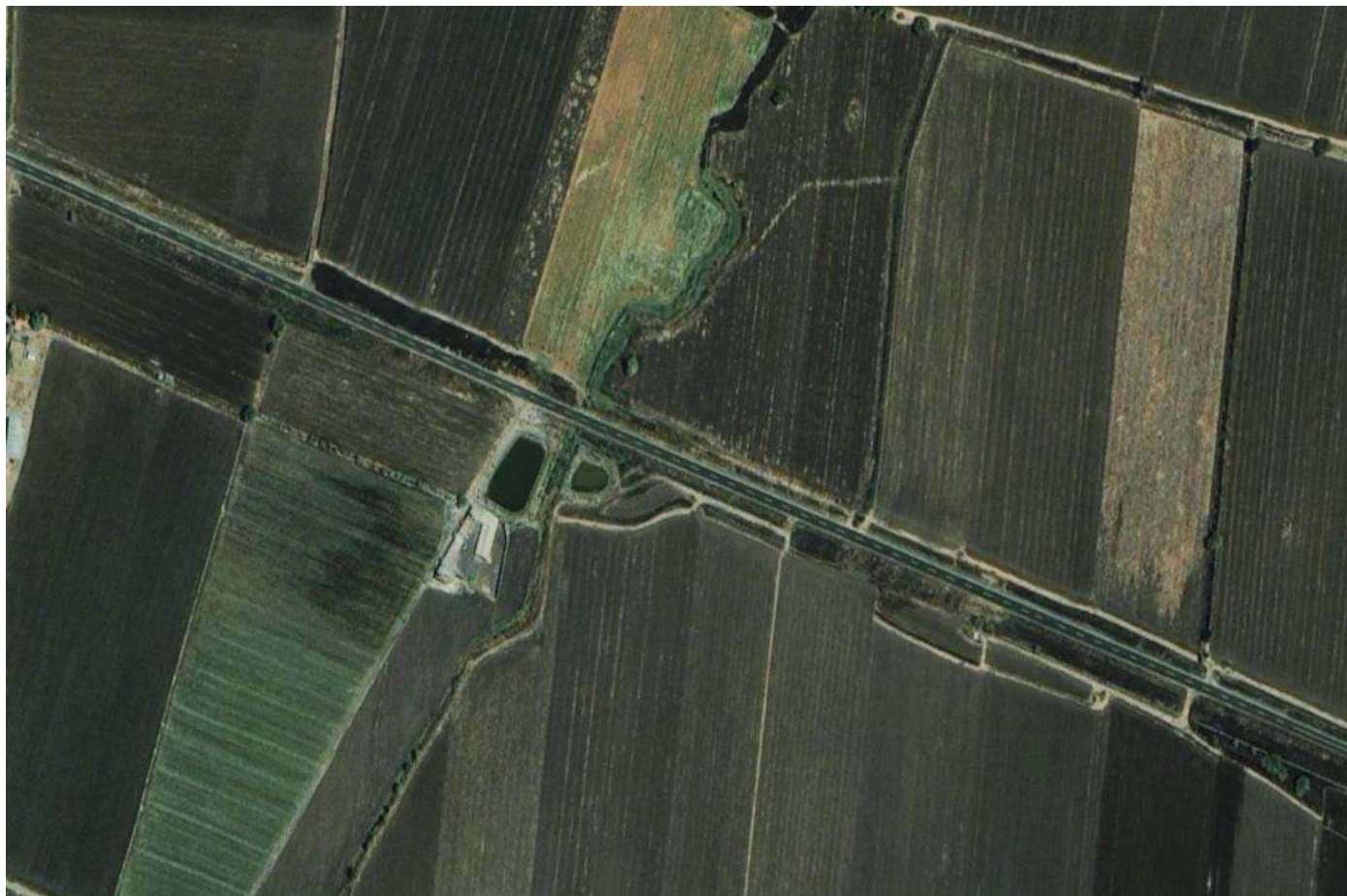


Figura 10. Ubicación de los estanques rústicos experimentales en tramo carretero Irámuco – Andocutín.



6.2. Análisis de suelo

Se analizaron muestras de suelo tomadas cada 20, 40, 60cm y de fondo según las técnicas propuestas por la FAO (1989). La evaluación de la calidad del suelo incluyeron la determinación de:

6.2.1. Textura

La textura del suelo se determinó por el método de Boyouccous (1936) expresando las cantidades de arcillas limos y arenas en valores de porciento (%)

6.2.2. Estructura

Se estimó el tipo de agregados ya sean de carácter granular, en bloque, prismático o aplanado.

6.2.3. Consistencia

La consistencia fue estimada por la forma de moldearse ya sea en campo o en el laboratorio con caracterizaciones desde muy suelta hasta muy plástica.

6.2.4. Materia orgánica

Por medio de combustión húmeda basado en la oxidación con ácido crómico, Walkley y Black (1934).

6.2.5. Permeabilidad

Por indicación visual, midiendo el tiempo que tarda en consumirse el agua en una sepa de 1.0 metro cuadrado de superficie por un 1.5 m de profundidad.

6.2.6. Color

Mediante el uso de comparación de colores de las tablas de Munsell, (Munsell Color, Co. Inc. 1958).



6.2.7. Calcio y magnesio

La concentración de estos cationes se determinó mediante la técnica de titulación con una solución de Etilen Diamino Tetracético (EDTA) utilizando murexida como indicador.

6.3. Meteorología y balance de agua

Se obtuvieron los registros semanales de las variables meteorológicas incluyendo

- a) **Precipitación.** Reportada en milímetros (mm) por el observatorio meteorológico local.
- b) **Evaporación.** Reportada en milímetros (mm) por el observatorio meteorológico local.
- c) **Dirección e intensidad del viento.** Expresado en metros por segundo (m/s) mediante el empleo de un anemómetro de campo.
- d) **Temperatura máxima, mínima y media ambiental.** Expresada en grados centígrados (°C), utilizando un termómetro de mercurio marca "Taylor" de escala 0 a 50 °C con una graduación mínima de 1.0 °C.

Con la información anterior se estimó el balance de agua del sistema con el fin de evaluar las pérdidas por evaporación e infiltración y predecir el volumen de agua de recuperación.

Con el fin de asegurar el funcionamiento normal del estanque se efectuaron las siguientes labores de mantenimiento:

- a) Corte de pasto en la parte superior y en los taludes de las paredes del estanque
- b) Revisión visual de las paredes para localizar posibles fracturas o asentamientos
- c) Revisión del cercado para identificar actividad de depredadores
- d) Revisión permanente de la toma de agua para asegurar el suministro
- e) Revisión permanente de la salida de agua para prevenir obstrucciones
- f) Estimación de la infiltración, mediante la evaluación del balance hidráulico.



6.4. Sanidad

Al estanque rústico se le aplicó un tratamiento preventivo con cal viva en una cantidad de 1.0 kg/m^2 para eliminar quistes de parásitos ahí existentes. Posteriormente se le mantuvo bajo la insolación durante un periodo de 15 días. Después de este tratamiento se suministró agua hasta una profundidad de 15 centímetros y se dejó bajo insolación por otros 15 días, aplicando un rastrillado de la cal para su mejor distribución. Finalmente, se suministró agua con un llenado completo hasta alcanzar una profundidad de 1.5 metros.

6.5. Sembrado de crías y biometría inicial

Se sembró un lote de crías de acúmara, las cuales fueron obtenidas mediante incubación de huevecillos fecundados y eclosionados en la Reserva de Especies Nativas propiedad de la Comisión de Pesca del Gobierno del Estado de Michoacán (COMPESCA) y Estación de Campo del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH) ubicada en las coordenadas del sistema de proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 0221779.0 m E y 2162649.0 m N. La fecundación artificial de huevecillos se realizó a partir de reproductores capturados en el lago de Pátzcuaro, con una talla mínima de 18.0 centímetros de longitud estandar.

Las crías se sembraron con una longitud promedio de 5.3 cm y 2.63 g de peso. La densidad de carga fue de $0.2 \text{ organismos/m}^2$. Esta densidad fue considerada baja tomando como criterio principal que se trata de una especie nativa silvestre sujeta a posibles procesos de tensión fisiológica que podría ocasionar la incidencia de enfermedades. Esta densidad se realizó también considerando la necesidad de mantener un equilibrio entre la población de crías y la producción de alimento natural dentro del sistema.



6.6. Alimentación y engorda

Mediante análisis de contenidos estomacales en adultos de acúmara, Rosas (1976) en condiciones naturales consideró que esta especie presenta hábitos omnívoros y bentófagos. Por lo tanto, la alimentación tuvo como base la productividad natural inducida en el estanque.

6.7. Análisis de contenidos estomacales

Con el fin de evaluar los hábitos alimentarios de la especie en cautiverio se tomaron muestras de ejemplares quincenales en las que se llevaron a cabo registros de biometría que incluyeron:

- a) Peso (g)
- b) Longitud total (mm)
- c) Longitud patrón (mm)

En las mismas muestras de ejemplares se efectuaron análisis de contenido estomacal por conteo directo para determinar los hábitos alimentarios de la especie en condiciones de cultivo.

6.8. Crecimiento

El desarrollo óptimo de la especie que se encuentra en cultivo implica una serie de factores que interactúan entre sí para alcanzar una máxima eficiencia y la disminución de costos, así como de inversión económica. Alcanzar un máximo crecimiento en el menor tiempo posible es el resultado del buen manejo del sistema y de la alimentación hasta el momento de la cosecha. Por lo tanto al análisis continuo de la velocidad de crecimiento permite bajo condiciones de cultivo predecir el tiempo de cosecha así como el diseño de estrategias para mejorar cosechas bajo condiciones establecidas en la región.



6.8.1. Ganancia en peso

Se estimó la ganancia en peso de acuerdo con la relación propuesta por Reigh *et al*, (1993):

$$\text{Ganancia en peso (\%)} = \frac{\text{Peso corporal final (g)} - \text{Peso corporal inicial (g)}}{\text{Peso corporal inicial (g)}} \times 100$$

6.8.2. Tasa de crecimiento específica

La tasa de crecimiento específica (TCE) se define como el incremento en peso, registrado de los organismos en cultivo definida por la pendiente de la línea de regresión del peso (gramos) graficada como variable dependiente contra el tiempo (en días) como variable independiente.

$$T.C.E. (g) = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(T_2 - T_1)} \times 100$$

Donde:

T.C.E. =Tasa de crecimiento específico (%)

W_2 y W_1 = Valor de peso promedio de un lote de ejemplares (g)

T_2 y T_1 = Intervalo de tiempo, en días.

6.9. Análisis parasitológico

Se realizó una colecta mensual de cinco organismos al azar con la finalidad de verificar la presencia de parásitos. A los individuos colectados se les practicó una disección para observar sus órganos. Además, se tomaron muestras de mucus, branquias y escamas para ser observadas con la ayuda de un microscopio compuesto y determinar la presencia de tanto de ectoparásitos como de endoparásitos.

6.10. Análisis de agua

Para la evaluación de la calidad del agua se tomaron muestras semanales en el centro del estanque rústico utilizando para ello una botella de muestreo tipo Van



Dorn de tres litros de capacidad. Las muestras se llevaron inmediatamente al laboratorio para realizar el análisis fisicoquímico correspondiente. El muestreo de agua comprendió los periodos anterior y durante el cultivo de peces incluyendo las siguientes variables

6.10.1. Temperatura

Se realizó el registro diario a nivel de superficie de la temperatura mediante el uso de un termistor marca "Conductronic" modelo PC-18, además de un termómetro marca "Taylor" con una escala de -20° a 50°C y una graduación mínima de 1.0 °C.

6.10.2. Potencial de Hidrógeno

Se realizó el registro diario de los valores de potencial de Hidrógeno (pH) mediante un conductivímetro marca "Conductronic" modelo PC-18.

6.10.3. Conductividad eléctrica

Se llevó a efecto la determinación diaria de la conductividad eléctrica mediante el uso de un conductivímetro marca "YSI" modelo 33 expresado en unidades de microSiemens/cm².

6.10.4. Concentración de sólidos totales:

Se tomaron muestras de agua cada semana y mediante la técnica gravimétrica descrita por APHA (1999), se colocó una muestra de agua de volumen conocido a evaporar dentro de una estufa de secado, en una cápsula de porcelana con un peso conocido registrado y a una temperatura de 105°C. Posteriormente la muestra se enfrió colocando la muestra en un desecador para evitar el ingreso de humedad. Su peso se registró mediante el uso de una balanza analítica con una precisión de 0.001 g. Este procedimiento fue repetido hasta que la cápsula con la muestra alcanzó un peso constante (APHA, 1999).

6.10.5. Concentración de sólidos suspendidos

Se tomaron muestras de agua cada semana y mediante la técnica gravimétrica descrita por APHA (1999), las muestras se filtraron al vacío a través de un filtro de fibra de vidrio de 0.45 micras. El filtro fue pesado en seco previamente después de un secado a una



temperatura de 60°C durante 48 horas. Los filtros con las muestras fueron colocados en una estufa de secado y se mantuvieron a una temperatura de 105°C durante 48 horas. Las muestras fueron colocadas en un desecador hasta alcanzar una temperatura ambiente libre de humedad y finalmente fueron pesadas en una balanza analítica hasta alcanzar una lectura de 0.001g de precisión (Strickland y Parsons, 1972).

6.10.6. Concentración de sólidos totales disueltos

La concentración de sólidos totales disueltos fue estimada mediante sustracción de la concentración de sólidos suspendidos de la concentración de sólidos totales, mediante la relación:

$$\text{Sólidos disueltos (mg / L)} = \text{sólidos totales (mg / L)} - \text{sólidos suspendidos (mg / L)}$$

6.10.7. Concentración de nitratos (NO₃)

Para determinar la concentración de nitratos se tomó una muestra semanal de agua y se aplicó la técnica espectrofotométrica de la cuarta derivativa previa digestión de la muestra con tiosulfato de sodio. La lectura se registró en un espectrofotómetro marca “Perkin Elmer” modelo Lambda 10.

6.10.8. Concentración de nitritos (NO₂)

Para determinación la concentración de nitritos se tomó una muestra de agua semanal y se aplicó la técnica espectrofotométrica usando la reacción colorimétrica de la etilendiamino-N (1-naftil) sulfanilamida (NED) (APHA, 1989).

6.10.9. Concentración de nitrógeno amoniacal (NH₄)

Para estimar la concentración del nitrógeno amoniacal se tomó una muestra de agua semanal y se llevó de inmediato al laboratorio para su análisis siguiendo la técnica espectrofotométrica de la reacción del azul de indofenol usando fenol hipoclorito (Solórzano, 1969).



6.10.11. Dureza total

Para la estimación de la dureza total derivada de la concentración de los cationes calcio y magnesio, se tomó una muestra de agua y se aplicó la técnica titrimétrica cuantificando la concentración de calcio y magnesio mediante una solución valorada de una solución valorada de la sal Disódica de Etilen Diamino Tetracético (EDTA) (Stirling, 1985).

6.10.12. Alcalinidad

Para determinar la alcalinidad se tomaron muestras de agua semanalmente y se analizaron por la técnica titrimétrica usando ácido sulfúrico 0.1N como solución titulante y fenoftaleína como indicador.

6.10.13. Acidez

Para evaluar la acidez del agua se tomaron muestras semanalmente y las muestras fueron analizadas por el método titrimétrico titulando con una solución de hidróxido de sodio 0.02 N utilizando anaranjado de metilo como indicador (APHA, 1999).

6.10.14. Oxígeno disuelto

Para estimar la concentración de oxígeno disuelto se tomaron muestras diarias de agua y se determinaron mediante la técnica iodométrica de Winkler modificada al azida de sodio para corregir las interferencias ocasionadas por los nitritos utilizando almidón como indicador.

6.10.15. Saturación de oxígeno

El porcentaje de saturación se estimó mediante las ecuaciones propuestas por APHA (1999), tomando como variables la presión atmosférica local y la temperatura del agua al momento del muestreo de agua.

6.10.16. Concentración de clorofila-a

La estimación de pigmentos fotosintéticos se determinó semanalmente mediante la filtración de un volumen conocido de muestra de agua a través de un filtro de



fibra de vidrio de 0.45 micras de apertura de malla. Los pigmentos fueron extraídos en una solución de metanol al 90% amortiguado con carbonato de magnesio (Holm-Hansen y Riemman, 1978); posteriormente se registró la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro marca “Bausch and Lomb” modelo Spectronic 20.

La absorbancia a 750nm fue sustraída de aquella lectura tomada a 650nm para corregir las interferencias ocasionadas por la turbidez inorgánica. Las concentraciones de clorofila-a se estimaron utilizando la ecuación sugerida por Jones (1979).

$$Chl - a = \frac{V_e}{V_s} \times \frac{f}{e} \times A$$

Donde:

Chl-a= Concentración de clorofila-a (µg/L)

Ve = Volumen del extracto (mL)

Vs = Volumen de la muestra filtrada (mL).

f = Factor equivalente al recíproco del coeficiente de absorción específica de la clorofila-a multiplicado por 1000. Para clorofila-a en metanol absoluto Holm-Hansen y Riemman (1978) reportan un coeficiente de absorción específica de 77.91 g/cm. Por lo tanto, $1/77.9 \times 1000 = 12.84$. Factor (f) = 12.84.

6.10.17. Transparencia del disco de Secchi

El registro de la transparencia del agua se realizó con una frecuencia quincenal mediante la observación directa con el disco de Secchi expresada en centímetros.

6.10.18. Concentración de materia orgánica disuelta

La concentración de materia orgánica disuelta se estimó mediante determinación semanal por medio de la técnica indirecta de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), cuantificando las concentraciones de oxígeno inicial y final consumidos por un período de incubación de cinco días a una temperatura constante de 20°C (APHA,1999).



6.11. Comunidades biológicas

Con la finalidad de hacer una evaluación de la productividad biológica del estanque como fuente de alimento para la especie se tomaron muestras de las diferentes comunidades biológicas incluyendo:

6.11.1. Fitoplancton

Se tomaron muestras mensuales de fitoplancton con una red de arrastre de 48 micras de luz de malla con un filtrado total de 120 litros. Las muestras se colocaron posteriormente en frascos de plástico con 12 mL de formol al 4% neutralizado con bórax.

6.11.2. Zooplancton

Se tomaron muestras mensuales de organismos de la comunidad del zooplancton con una red de arrastre de 48 micras de luz de malla y se filtró un volumen total de 120 litros. Las muestras se colocaron posteriormente en frascos de plástico con 12 mL de formol al 4% neutralizado con bórax.

6.11.3. Bentos

Se tomaron muestras de la fauna del fondo del estanque, es decir, del bentos mediante el uso de una draga tipo Eckman con una capacidad de 2.0 kg. Las muestras se tamizaron y se colocaron con formol al 4% neutralizado con bórax.

La productividad primaria del estanque fue estimada mediante la variación de oxígeno disuelto por unidad de volumen utilizando la técnica de la botella clara y oscura (Vollenweider, 1969). La incubación se llevó a cabo por un período de 10 horas, de 8:00 a 18:00 horas. Las determinaciones de oxígeno disuelto fueron *in situ* mediante la técnica de Winkler modificada al azida de sodio. Con el objeto de obtener una máxima precisión, las determinaciones de oxígeno fueron realizadas por triplicado.



VII. RESULTADOS

7.1. El sistema de cultivo

Los estanques rústicos tuvieron una superficie total de 1200 y 400m² respectivamente con una orientación de este-oeste obteniendo un máximo de aprovechamiento de la luz solar. El inicio del cultivo inició durante el mes de agosto de 2007 concluyendo en el mes de mayo de 2008. Las características del suelo que constituye los estanques rústicos se presentan en la Tabla 15. Los materiales originales del suelo se observan con la presencia de docita de color gris, con cristales blancos de plagioclasa que forman cuerpos altos, en el lugar se observa que triturándola se utiliza como agregados para la construcción. De la misma manera, en la zona de construcción de los estanques se observa la presencia de Andesita de color café oscuro intercalada con brecha volcánica de composición básica observable de forma esporádica, debido a las variaciones de composición. Es posible que exista una intrusión de la lava original o bien diferentes emisiones con un mismo origen. En algunas áreas se observa la presencia de basalto de textura granulada y color verdoso que subyace a una toba riolítica clara.

Tabla 15. Características generales del suelo del sistema de estanquería rústica

Punto	Roca o suelo	Relieve	Espesor de capas	Edad	Fracturamiento	Intemperismo	Permeabilidad
1	Ígena extrusiva ácida	montaña	masiva	Terciario Superior	Moderado	somero	bajo
2	Andesita	montaña	masiva	Terciario Superior	Intenso	somero	Bajo
3	Basalto	Cerro	masiva	Cuaternario	Moderado	Somero	bajo

7.2. Análisis del suelo

El tipo de suelo identificado en el área del estanque fue del tipo vertisol. Este tipo de suelo se caracteriza por la ausencia de los horizontes A, B, C, presentando por lo tanto una homegeneidad vertical. Son suelos que se caracterizan por su textura pesada y la formación de grietas, además de que son productivos para la agricultura.



7.2.1. Análisis físicos

7.2.1.1. Textura

La Tabla 16 presenta los resultados del análisis de textura de suelo de los estanques utilizados para el cultivo. Los porcentajes registrados de arcilla, limo y arena indican que es un suelo de una textura tipo migajón-areno-arcillosa, estos suelos cuando se encuentran secos, sus terrones son ligeramente difíciles de romper, sin embargo, cuando se encuentran en forma húmeda adquieren una consistencia firme que se imprime bien y presenta una aspereza intermedia por la arena y una pegajosidad debido al contenido de arcilla, tiene poca tersura por la presencia de limos y además mancha los dedos. Dentro de la misma clasificación de la FAO (1979) se identifica también como un suelo de tipo Vertisol que tiene como característica principal ser un suelo arcilloso, no presenta una diferenciación de horizontes debido a repetidas expansiones y contracciones de arcillas tipo motmorrillonita características de este tipo de suelo.

Tabla 16. Resultados del análisis de textura de los estanques de cultivo por el método de Boyouccos (FAO, 1985).

Sitio de muestreo	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Total (%)
PARED (10 cm)	52.72	16.00	31.28	100.00
PARED (20 cm)	50.72	16.00	33.28	100.00
PARED (60 cm)	40.00	26.00	34.00	100.00
FONDO (20 cm)	44.00	34.00	26.28	100.00



7.2.1.2. Estructura

La Tabla 17 presenta los resultados del análisis de estructura realizado en muestras de suelo de los estanques experimentales. La totalidad de las muestras indican una estructura de suelo tipo bloque sub-angular. Lo anterior significa que las partículas de este suelo se adhieren en forma de bloques de orillas más o menos afiladas. Son bloques relativamente largos sugiriendo una resistencia a la penetración y movimiento del agua. Son un tipo de agregados moderadamente compactados por las partículas de arcilla.

Tabla 17. Resultados del análisis de estructura del suelo de los estanques de cultivo.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
ESTRUCTURA	Bloque sub angular	bloque sub angular	bloque sub angular	bloque sub angular

7.2.1.3. Consistencia

La Tabla 18 presenta los resultados del análisis de consistencia practicado en las muestras de suelo de los estanques. Los resultados sugieren una consistencia firme, desde los 10 hasta los 60 cm de profundidad así como a los 20 cm de fondo, es decir, presentan una resistencia moderada a desintegrarse bajo la presión de los dedos.

Tabla 18. Resultados del análisis de consistencia del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.

MUESTRA	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
CONSISTENCIA	FIRME	FIRME	FIRME	FIRME



7.2.1.4. Permeabilidad

La Tabla 19 presenta los resultados del análisis de permeabilidad practicado en pozos de muestreo situados en los estanques experimentales. Se observó que la permeabilidad es de una clase moderada en lo que se refiere a la clasificación propuesta por Coche (1985) para suelos utilizados para agricultura y conservación. De acuerdo a la clasificación propuesta para clases de permeabilidad de uso en ingeniería civil el suelo analizado presenta un tipo semi-permeable con un coeficiente de permeabilidad en límite superior de 1.0×10^{-5} y un coeficiente de permeabilidad de límite inferior de 5.5×10^{-6} .

Tabla 19. Resultados del análisis de permeabilidad del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
PERMEABILIDAD	MODERADA 3-5 cm/h	MODERADA 3-5 cm/h	MODERADA 3-5 cm/h	MODERADA 2-5 cm/h

7.2.1.5. Color

La Tabla 20 presenta los resultados del análisis de color practicado a las muestras de suelo del estanque experimental. El color es la impresión que produce en la vista la luz reflejada por un cuerpo, en este caso el suelo. Esta característica sirve para inferir otras menos evidentes, como son el contenido de materia orgánica, grado de aireación y el drenaje además de que es auxiliar en la determinación de los horizontes. Es una característica importante en la clasificación de los suelos.

El color del suelo es un resultado de los materiales orgánicos y minerales del mismo y sufre cambios en la medida que esos materiales cambien en su constitución. En general los suelos en el sitio de estudio presentan un color café grisáceo en su parte



superficial mientras que su color es gris oscuro en sus partes más profundas. El color del suelo del fondo es negro cuando se encuentra húmedo.

El color del suelo determinado por comparación de la carta de colores normalizada (Munsell Color Co. Inc.,1958) la cual consta de 175 cuadros pequeños coloreados y montados sistemáticamente de acuerdo con las tres propiedades esenciales del color del suelo, que son: matiz, luminosidad e intensidad. Estas tres variables se combinan para formar la notación específica de cada color del suelo. El matiz se representa en el extremo superior derecho de cada lámina y consta de notación o símbolo y nombre e interpretación de la notación esta última se forma por un número comprendido entre cero y diez, seguido por la o las letras iniciales del color del espectro, por ejemplo (Yellow) Y o (Red) R. La luminosidad corresponde al número localizado en la imagen izquierda de la lámina y en la notación se indica como numerador el denominador corresponde a la intensidad y se localiza en el margen inferior de la lámina. Así por ejemplo la notación 7.5 YR 5/2 corresponde a un suelo color café en donde 7.5 YR será el matiz, 5/2 luminosidad y 2 la intensidad.

Tabla 20. Resultados del análisis de color de suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
COLOR	Café grisáceo 10YR4/1	Gris oscuro 10YR4/1	Gris oscuro 10YR4/1	Gris oscuro 10YR4/1 Negro en húmedo 10YR3/1



7.2.2. Análisis químicos

7.2.2.1. Contenido de materia orgánica

La Tabla 21 presenta los resultados del análisis del contenido de materia orgánica en muestras de suelo de los estanques experimentales de cultivo. Como puede observarse los primeros 10.0 y 20.0 cm de la pared del suelo presentan una mayor concentración de materia orgánica, siendo los valores de 2.8 y 2.9% respectivamente y para los 60.0 cm de pared y 20.0 cm de fondo los valores encontrados son de 1.9%. Por lo que el incremento es derivado de la descomposición de raíces de plantas superficiales. Esto no sucede con las capas inferiores de suelo en donde la contribución de organismos degradadores es menor integrando la materia orgánica con mayor lentitud. En el presente estudio se observó la presencia de un mayor número de lombrices de tierra en las capas inferiores lo que sugiere una alta actividad en el fondo del suelo.

La materia orgánica es importante en la agregación, capacidad de retención del agua, capacidad de infiltración; además de que es fundamental en la dinámica química del suelo y se encuentra estrechamente vinculada con la fertilidad del mismo. Diversos nutrientes forman parte de la materia orgánica incluyendo el carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y boro. La materia orgánica presente en los estanques experimentales posee en promedio 5.0 % de nitrógeno y 52.0 % de carbono, la relación entre carbono y nitrógeno es de 10.4:1 (52/5), lo cual se considera como un valor promedio para suelos cultivados y de pastizal que se derivan totalmente de la materia orgánica y considerando su importancia en la fertilidad del suelo se emplea como un índice de la fertilidad del mismo.

Los suelos superficiales minerales contienen por lo general entre 0.5% y 6.0% de materia orgánica, la cantidad más baja se encuentra en climas áridos-cálidos y la más alta representa los suelos de climas húmedos fríos.



Tabla 21. Resultados del análisis de la concentración de materia orgánica del suelo de los estanques experimentales de cultivo de acúmara.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
MATERIA ORGÁNICA (%)	2.8	2.9	1.9	1.9

7.2.2.2. Potencial de Hidrógeno

El suelo presenta un potencial de Hidrógeno (pH) de 6.5 hasta 7.5 con una reacción básica, neutra o ácida, dependiendo del grado de saturación de bases de los coloides y de la composición del agua que circula en el suelo y que es el medio en el que se disuelven las sales. Si existe en una solución del suelo una relación equitativa de iones hidronio (H^+) e hidroxilo (OH^-) como sucede en el agua, la relación resultante es neutra, pero si aumentan los iones hidroxilo la relación pasa a ser básica o alcalina.

La relación del suelo con respecto a estos iones es de importancia con respecto a las condiciones que éste puede ofrecer para el crecimiento de las plantas y la flora microbiana; influye directamente en la solubilidad y asimilación de los elementos nutritivos de las plantas y éstos a su vez de los consumidores.

7.2.2.3. Concentración de calcio y magnesio

Los cationes que posee el suelo incluyendo el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), hierro (Fe^{++}), manganeso (Mn^{++}), cumplen diferentes funciones nutritivas para las plantas. Los valores encontrados de calcio (Tabla 22) en el estanque son de 13.0 y 14.0 mg/L en las paredes y de 15.0 mg/L en el fondo. Estos valores se consideran de clase alta, los valores de magnesio (Mg^{++}) son valores desde 20.0 hasta los 31.0mg/L que es el valor más alto encontrado en los 20.0 cm de fondo del estanque, por lo que se ubica como de clase media (Tabla 23).



Tabla 22. Resultados del análisis de Calcio de suelo de los estanques experimentales del cultivo de acúmara.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
Calcio (Ca ⁺⁺)	14.0 mg/100 mg	13.0 mg/100 mg	14.0 mg/100 mg	15.0 mg/100 mg

Tabla 23. Resultados del análisis de Magnesio del suelo del estanque experimental del cultivo de acúmara.

Muestra	Pared (10cm)	Pared (20cm)	Pared (60cm)	Fondo (20cm)
Magnesio (Mg ⁺⁺)	22.0 mg/100 mg	20.0 mg/100 mg	29.0 mg/100 mg	31.0 mg/100 mg

7.3. Balance de agua

7.3.1. Clima del sitio de cultivo

De acuerdo con los registros climáticos de la estación meteorológica más cercana al sitio en donde se ubican los estanques rústicos experimentales, la temperatura máxima promedio fue de 20.4°C en los meses de mayo y junio, la temperatura mínima promedio fue de 13.4°C en el mes de enero y la temperatura media anual registrada fue un promedio de 17.3°C (Tabla 24). La precipitación media anual es de 729.2 mm, con un registro máximo de lluvia de 179.7 mm en el mes de julio. El año con el registro de mayor precipitación en la zona de estudio fue el mes de julio de 1987 con 332.5 mm, con una precipitación máxima de 63.0 mm el día 23 de julio de 1991 (Tabla 25). La evaporación media anual es de 1944.1 mm con una tasa de evaporación máxima mensual de 214.9 mm durante el mes de mayo (Tabla 26).



Una vez analizadas las variables climáticas así como el comportamiento de éstas, el tipo de clima en donde se localiza la zona del cultivo experimental de acúmara con base al Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificada por García (1988) para las condiciones de la República Mexicana se identifica con la fórmula:

$$Cb (w_0)(w) (e) g$$

Lo anterior describe a un clima templado con un régimen de lluvias en verano, porque su precipitación de verano es por lo menos diez veces mayor el mes más húmedo (julio) de la mitad caliente del año que en el mes más seco y porque su cociente de precipitación sobre la temperatura es de 42.18, es decir, menor que 43.2. La temperatura media anual es menor a los 18.0°C lo que representa un verano fresco y largo. La oscilación de la temperatura es de 7.0°C lo que indica un clima extremoso y la marcha anual de la temperatura es de tipo Ganges (Figura 11).

Tabla 24. Temperatura media en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000)

T _{MEDIA} (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
NORMAL PROVISIONAL	13.4	14.7	16.8	18.7	20.4	20.4	19.3	19.0	18.7	17.3	15.5	13.9	17.3
AÑOS CON DATOS	30	30	29	28	30	30	29	30	30	30	30	30	

Tabla 25. Precipitación en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000)

PRECIPITACIÓN (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Normal	14.1	4.4	6.0	10.1	31.5	116.4	179.7	174.5	132.6	43.4	9.7	6.8	729.2
Máxima mensual	116.4	17.3	47.0	64.8	94.0	215.5	332.5	292.7	346.7	113.7	67.0	32.5	
Año de máxima	1992	1979	1997	1997	2000	1991	1987	1998	1998	1976	1992	1995	
Máxima diaria	39.5	13.0	25.0	17.5	39.5	40.5	63.0	56.5	65.0	47.0	36.5	20.2	
Fecha máxima diaria	25/80	02/92	01/90	22/86	23/97	14/72	23/91	14/93	25/95	20/93	11/87	20/76	
Años con datos	30	30	29	28	30	30	29	30	30	30	30	30	

Tabla 26. Evaporación total en la estación meteorológica de Huingo (1971-2000)

EVAPORACIÓN (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Normal	132.5	138.1	184.6	197.0	214.9	188.3	161.6	148.7	140.4	152.0	147.0	139.0	1944.1
Años con datos	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	15	17	

7.3.2. Balance de agua en el sistema

Considerando las variables climáticas que afectan la permanencia del agua en el estanque, la Figura 12, ilustra el balance anual de agua y la cantidad de agua necesaria para reponer las pérdidas ocasionadas por la evaporación. Sobre una base anual se estima que la cantidad de agua anual de reposición en el estanque fue de 342.12 m³.



El análisis mensual del balance de agua que se presenta en el sistema (Tabla 27), indica que los meses de las temporadas de invierno y primavera tienden a incrementar la tasa de evaporación mientras que los meses de verano y otoño reflejan una disminución en la pérdida de agua por evaporación. Por lo tanto, la cantidad de agua de reposición en el sistema experimental registró un valor máximo de 224.2 m³ al final del mes de abril. El valor máximo de ganancia de agua fue de 30.9 m³ a finales de agosto. Estimando los valores de tasa de pérdida de agua, es posible inferir que en el caso de cultivos semi-intensivos regionales utilizando la estanquería rústica como sistema de producción, la cantidad de agua de reposición anual es de aproximadamente 14.5 Mm³/ha.

Tabla 27. Balance de agua de los estanques experimentales de cultivo de acúmara

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	14.1	4.4	6.0	10.1	31.5	116.4	179.7	174.5	132.6	43.4	9.7	6.8	729.2
EVAPORACIÓN (mm)	132.5	138.1	184.6	197.0	214.9	188.3	161.6	148.7	140.4	152.0	147.0	139.0	1944.1
VOLUMEN DE LLUVIA (m ³)	16.92	5.28	7.20	12.12	37.80	139.6	215.6	209.4	159.12	52.08	11.64	8.16	875.04
VOLUMEN EVAPORACIÓN (m ³)	159.0	165.7	221.5	236.4	257.8	225.9	193.9	178.4	168.48	182.4	176.4	166.8	2332.9
CAMBIO DE VOLUMEN (m ³)	-139.0	-160.4	-214.3	-224.2	-220.0	-86.2	21.72	30.9	-9.36	-130.32	164.7	158.6	-1457.8



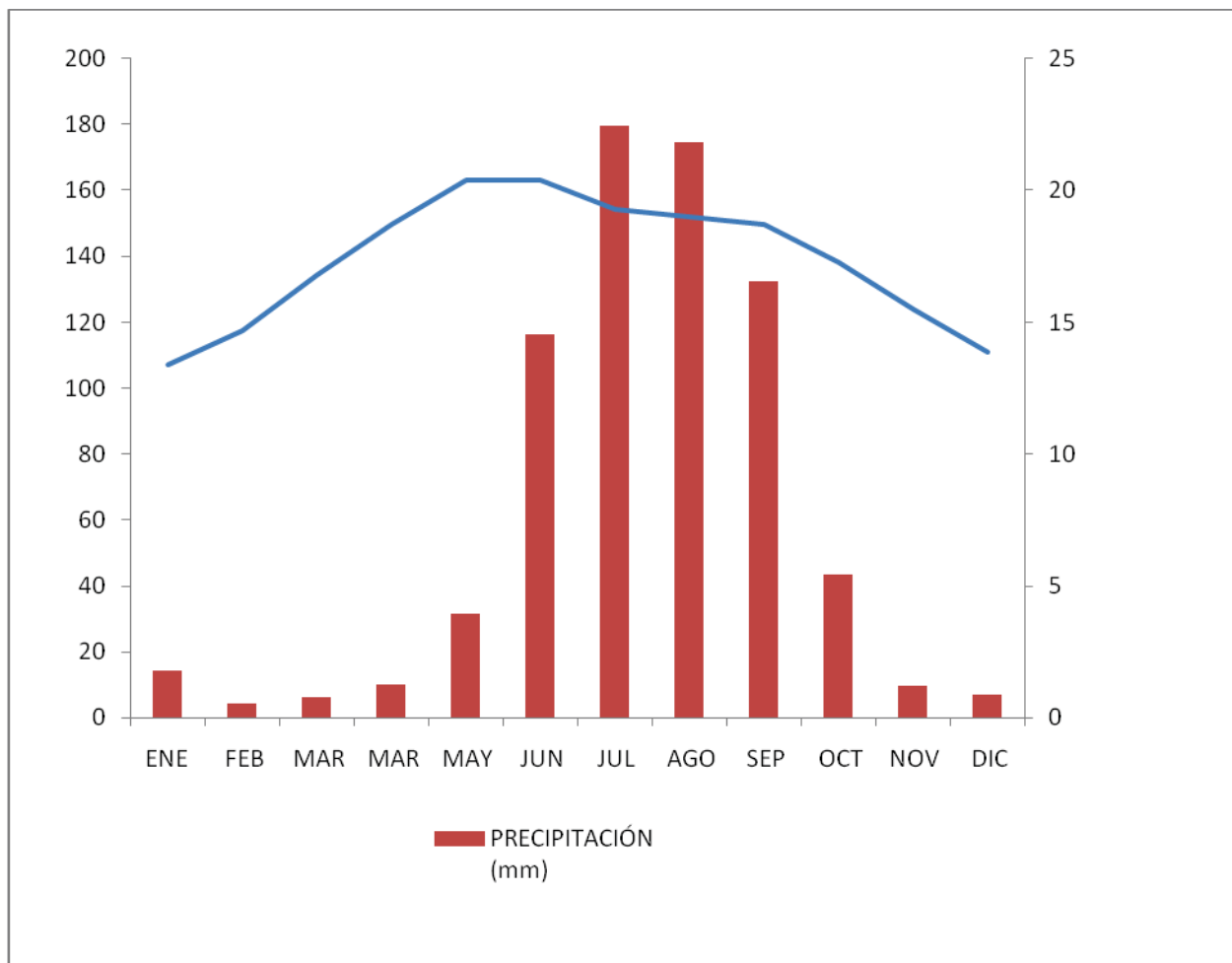


Figura 11. Climograma de la zona de estudio (Estación meteorológica de Huingo)



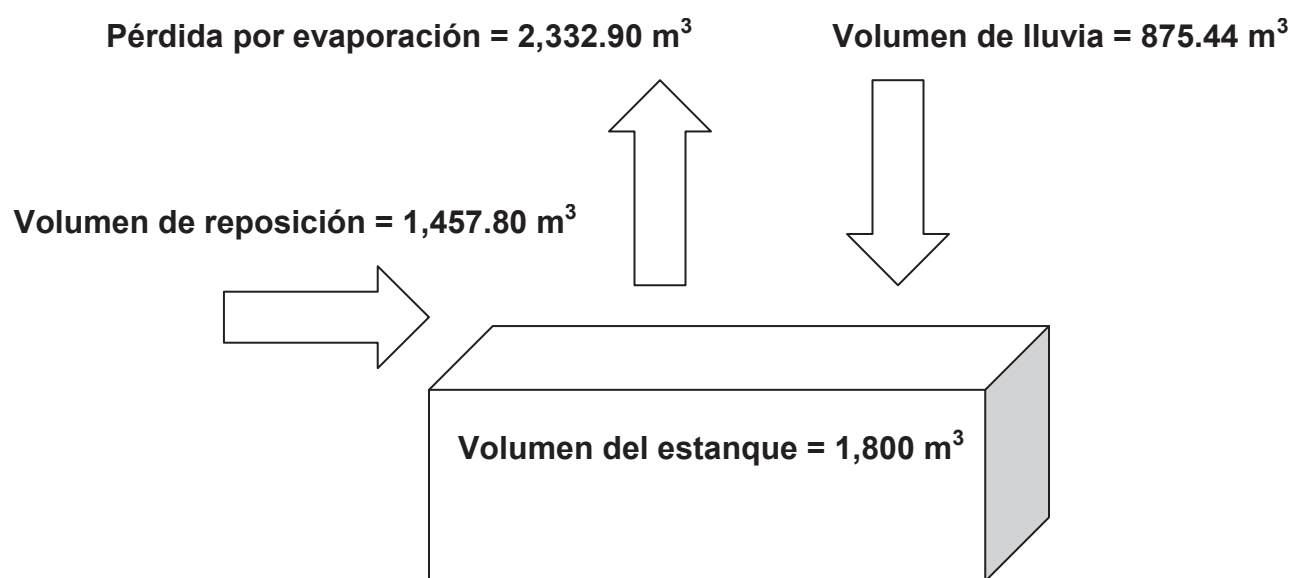


Figura 12. Balance de agua del estanque de cultivo de acúmara



7.4. La especie

7.4.1. Crecimiento

En la Tabla 28 se presentan los resultados comparativos de tres índices de crecimiento: a) ganancia en peso (%), b) tasa de crecimiento y c) tasa de crecimiento específico.

7.4.1.1. Ganancia en peso

La ganancia en peso expresada en porciento de crecimiento indica que durante los meses de agosto y septiembre se manifestó una ganancia en peso con valores de 20.20 y al 23.35% respectivamente. Mientras que durante los meses de octubre y noviembre la ganancia en peso disminuyó considerablemente con valores de 16.36 y 1.17% respectivamente. Durante el mes de diciembre la ganancia se incrementó hasta un 19.30% aumentando significativamente durante el mes de enero con un valor de 40.77%. Estos valores de ganancia en peso se incrementaron progresivamente durante el mes de febrero (81.26%) y marzo (70.26%) alcanzando su valor máximo en el mes de abril con un registro de 347.0%.

7.4.1.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento que significa el crecimiento en gramos obtenido por día indica que los ejemplares de acúmara iniciaron su tasa de crecimiento con valores promedio de 0.071 g/día. Durante el mes de septiembre esta tasa de crecimiento disminuyó con un valor promedio de 0.055 g/día. Durante el mes de octubre la tasa de crecimiento se incrementó legeramente hasta un valor de 0.090 g/día. Durante los meses de noviembre, diciembre y enero los ejemplares de acúmara mantuvieron una tasa de crecimiento constante con valres de 0.110, 0.120 y 0.120 g/día respectivamente. Sin embargo, a partir del mes de febrero y en los meses de marzo y abril los valores en la tasa de crecimiento manifestaron un incremento progresivo y significativo de 0.270, 1.050 y 0.920 g/día (Tabla 29).



7.4.1.3. Tasa de crecimiento específico

La tasa de crecimiento específico manifestó valores similares a los otros índices estimados, en donde los meses de agosto y septiembre registraron valores de 0.613 y 0.728% respectivamente. Durante los meses de octubre y noviembre los valores en la tasa de crecimiento específico disminuyeron con registros de 0.505 y 0.037% respectivamente. A partir del mes de diciembre los valores comenzaron a incrementarse con un valor de 0.569% para el mes de diciembre y de 1.180, 1.910 y 1.770% para los meses de enero, febrero y marzo. El valor máximo en la tasa de crecimiento registrado fue durante el mes de abril con un registro de 4.830% (Tabla 29).

7.4.2. Contenidos estomacales

En el análisis del contenido estomacal practicado en ejemplares de acúmara de 5.36 cm de longitud promedio, se identificaron individuos de tamaño pequeño incluyendo rotíferos de los géneros *Brachiounus* y *Keratella*. Este patrón de consumo se mantuvo hasta la talla de 7.0 cm. A partir de la talla de 7.50 cm los ejemplares de acúmara comenzaron a consumir juveniles de cladóceros de los géneros *Daphnia* y *Bosmina* así como algunos ejemplares nauplio de copépodos. A partir de tallas de 10.0 cm los ejemplares de acúmara incluyeron en su consumo a organismos copépodos adultos y de manera ocasional incluyeron ostrácodos con la consecuente aparición incidental de algas y cianobacterias (Tabla 30).

A partir de tallas superiores a los 11.0 cm se integran en la dieta ejemplares del género *Notonecta* además del consumo de copépodos, manteniendo de la misma manera la presencia de cladóceros del género *Daphnia* con organismos de talla grande. De manera ocasional se observó la ocurrencia de *Hyallela azteca* y ostrácodos. Derivado del carácter litoral de consumo se observó la presencia de algas incluyendo los géneros *Microcystis*, *Ceratium* y *Anabaena*.



Tabla 28. Valores de talla y peso de acúmara registrados en estanquería rústica durante el periodo experimental.

MES	LONGITUD PROMEDIO (cm)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	PESO PROMEDIO (g)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N
Agosto	5.51	5.30	5.70	0.1370	2.92	2.50	3.21	0.2479	10
Septiembre	5.91	5.70	6.10	0.1197	3.51	3.27	3.82	0.2154	10
Octubre	6.32	6.10	6.50	0.1229	4.09	3.60	4.50	0.2554	10
Noviembre	6.66	6.50	6.90	0.1430	4.69	4.10	5.20	0.3480	10
Diciembre	7.12	7.00	7.30	0.1229	5.18	4.50	5.70	0.3790	10
Enero	7.71	7.40	8.20	0.2601	6.18	5.70	6.90	0.4100	10
Febrero	9.40	8.50	10.00	0.5850	8.70	7.50	10.20	0.9210	10
Marzo	11.43	10.00	12.80	0.9260	15.77	10.50	21.00	3.6700	10
Abril	14.10	13.10	15.00	0.6360	26.85	22.00	31.20	2.8420	10



Tabla 29. Resultados de las variables de crecimiento estimadas para la acúmara en estanquería rústica.

Mes	Ganancia en peso (%)	Tasa de crecimiento (g)	Tasa de crecimiento específico (%)
Agosto	20.20	0.071	0.613
Septiembre	23.35	0.055	0.728
Octubre	16.36	0.090	0.505
Noviembre	1.17	0.110	0.037
Diciembre	19.30	0.120	0.569
Enero	40.77	0.120	1.180
Febrero	81.26	0.270	1.910
Marzo	70.26	1.050	1.770
Abril	347.0	0.920	4.830



Tabla 30. Resultados del análisis de contenidos estomacales en crías y alevines de acúmara mantenidas en estanquería rústica

Peso (g)	Longitud total (cm)	Contenido estomacal	N
1.45	5.36	<i>Brachionus sp.</i> , <i>Keratella sp.</i>	11
3.50	7.00	<i>Brachionus sp.</i> , <i>Keratella sp.</i>	9
6.00	7.50	<i>Bosmina</i> , <i>Daphnia</i> , larvas nauplio	7
7.00	9.50	<i>Bosmina</i> , <i>Daphnia</i> , Larvas nauplio, copépodos.	13
8.25	10.50	<i>Daphnia</i> , copépodos, ostrácodos, <i>Anabaena sp.</i>	10
10.0	11.50	<i>Daphnia</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena sp.</i> , <i>Notonecta sp.</i>	7
14.0	12.50	Copépodos, <i>Notonecta sp.</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena sp.</i> , <i>Ceratium</i>	5
17.0	35.0	Copépodos, <i>Notonecta sp.</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>	5
20.0	120.0	Copépodos, <i>Hyalloa azteca</i> , <i>Notonecta sp.</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>	5



7.4.3. Enfermedades

Los organismos en cautiverio son más sensibles a las enfermedades ya que influyen factores que elevan la tensión fisiológica haciendo que disminuyan sus defensas y sean más susceptibles a enfermedades ocasionadas por virus, hongos, bacterias, crustáceos y vermes que provocan agudas patologías en los peces.

En los estanques experimentales de cultivo se identificó la presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* procediendo al control y tratamiento de los parásitos existentes transmitidos por vía aérea, se realizó un desecamiento, siendo las paredes y el fondo del estanque expuestos a los rayos solares, así los huevos del parásito mueren por desecación posteriormente se le colocó cal viva para su erradicación completa. En todo el muestreo únicamente se encontró un organismo de 7.0 cm y peso de 9.5 g parasitado con *Bothriocephalus acheilognathi* con una longitud de 6.0 cm de largo. Después de una inspección minuciosa no se encontraron ejemplares parasitados. Esta céstodo tiene gran facilidad de transmisión interespecífica y por lo general produce la muerte en crías. Los efectos más evidentes son el adelgazamiento de la pared intestinal, inflamación y bloqueo del conducto digestivo.

De manera específica son diversos los factores que influyen en el crecimiento y el establecimiento del céstodo *Bothriocephalus acheilognathi* incluyendo además la resistencia y vialidad de los huevecillos, ya que la temperatura del agua influye en el crecimiento de éstos, además de la elevada densidad de peces por unidad de superficie. Lo anterior, favorece que el céstodo encuentre mayores posibilidades de desarrollo y prolifere en forma extensiva; la fertilización de estanques tiene como consecuencia la proliferación de copépodos ciclopoideos los cuales se identifican como huéspedes intermediarios del parásito, así como el movimiento y traslado de peces; cuando esta actividad se realiza sin ningún control biológico es el factor que más contribuye a la dispersión del parásito.



Otro de los parásitos que se identificó fue el género del dinoflagelado *Oodinium* conocido con el nombre común de Costia. Este organismo posee una forma de riñón o alubia y presenta dos flagelos. Durante su etapa de invasión Costia se adhiere a las mucosas corporales particularmente de los peces jóvenes, ocasionando lesiones cutáneas que se asocian posteriormente a ulceraciones que son invadidas por los hongos incrementando la intensidad de la infección.

7.5. Calidad del agua

Los resultados de calidad del agua obtenidos en los estanques experimentales de cultivo de acúmara durante el periodo del ensayo de cultivo se presentan por variable analizada en muestreos mensuales.

7.5.1. Temperatura

Los organismos poiquilotérmicos como es el caso de la acúmara se adaptan a diferentes temperaturas y han desarrollado la capacidad de adaptar sus procesos vitales a diferentes temperaturas cuando estos procesos son graduales. Los estanques experimentales durante el periodo de estudio presentaron una temperatura promedio del agua de 20.0°C. La temperatura máxima registrada fue de 24.0°C durante el mes de mayo y la mínima fue de 15.5°C en el mes de enero. Durante el ensayo experimental no se registraron variaciones significativas (Figura 13).

7.5.2. Potencial de Hidrógeno

Los valores de potencial de Hidrógeno registrados, en los estanques experimentales presentaron valores homogéneos a lo largo del cultivo. El agua fue de carácter alcalino con un valor máximo de 8.8 durante el mes de noviembre y un valor mínimo de 8.1 en el mes de mayo. El valor promedio de potencial de Hidrógeno fue de 8.5 durante el periodo de cultivo (Figura 14).



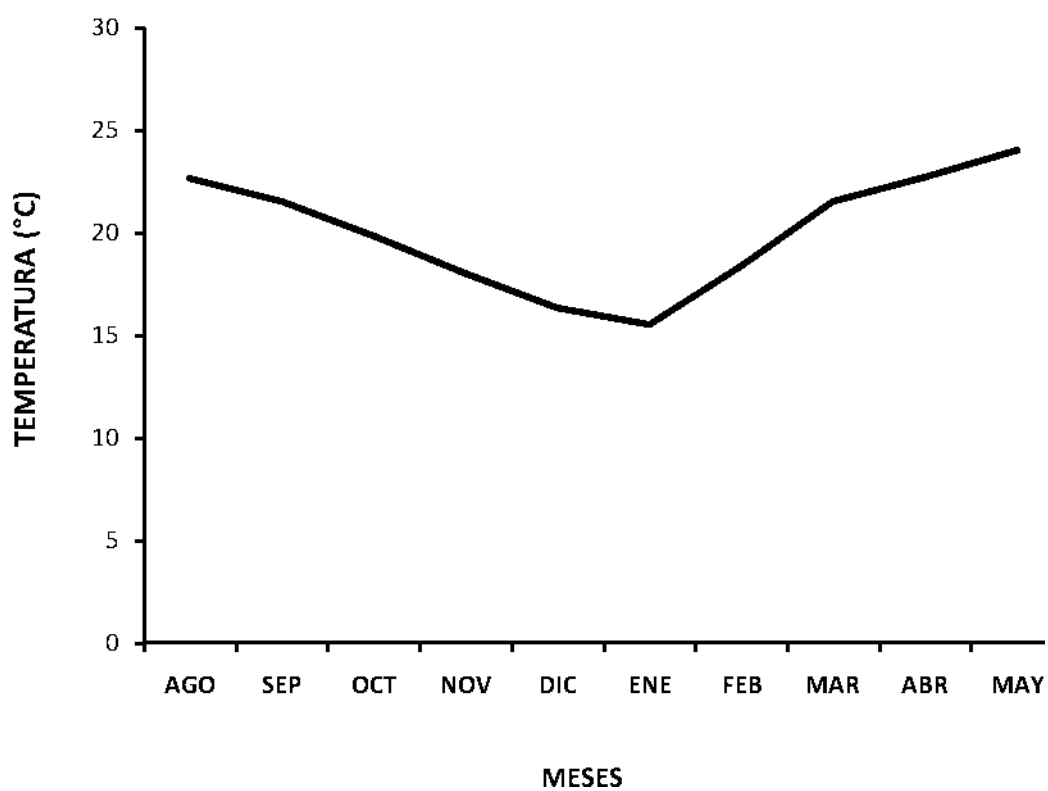


Figura 13. Temperatura mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.



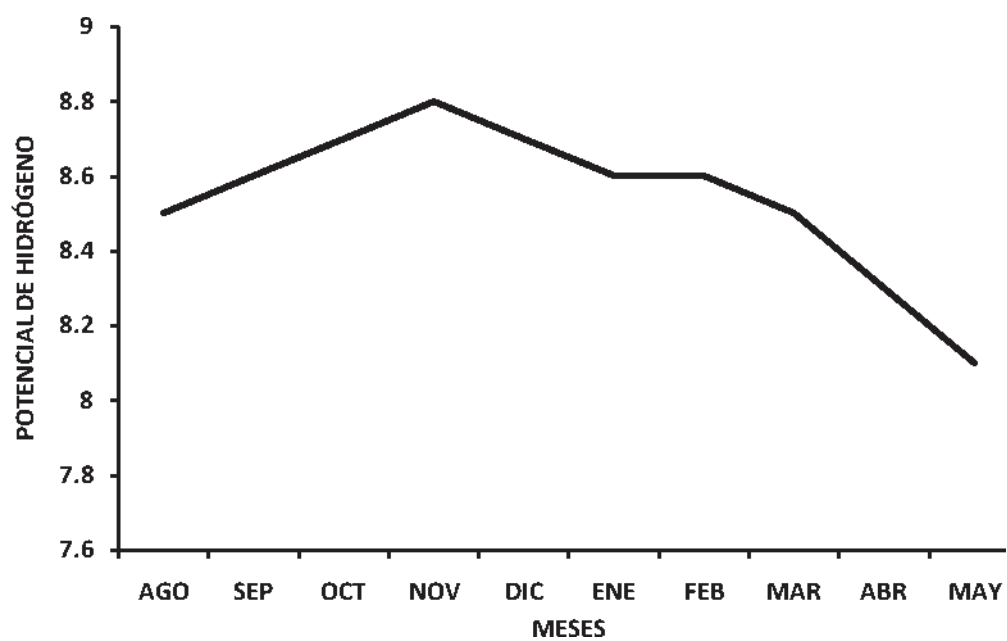


Figura 14. Potencial de Hidrógeno mensual registrado en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.5.3. Conductividad eléctrica

En los valores de conductividad eléctrica se observó una tendencia progresiva hacia la mineralización del agua de los estanques, ya que el valor más alto se registró durante el mes de mayo que fue de 760.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras el valor más bajo obtenido fue en el mes de agosto con 680.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor promedio obtenido de conductividad eléctrica fue de 720.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Durante el periodo de muestreo no se observaron grandes variaciones en los registros (Figura 15).

7.5.4. Sólidos totales

La concentración de sólidos totales registrada en el sistema experimental fue de un máximo de 189.6 mg/L durante el mes de abril mientras que el valor mínimo obtenido fue de 48.2 mg/L en el mes de agosto. El valor promedio estimado durante el periodo de cultivo experimental fue de 134.24 mg/L. Estos valores coinciden con una concentración progresiva observada también en los registros de conductividad eléctrica sugiriendo una mineralización con respecto al tiempo (Figura 16).

7.5.5. Sólidos suspendidos

La concentración de sólidos suspendidos en el sistema experimental registró un valor máximo de 87.0 mg/L durante el mes de mayo y un mínimo de 30.4 mg/L en el mes de septiembre. El valor promedio estimado para el periodo de cultivo fue de 48.92 mg/L. Se ha documentado que existe un intervalo de desarrollo en los peces de moderado a óptimo cuando se registran concentraciones de 25 a 80 mg/L. Lo anterior es favorable para el crecimiento de los organismos en cultivo derivado de la presencia de sólidos de origen orgánico como la biomasa vegetal y las partículas coloidales con agregados bacterianos (Figura 17).



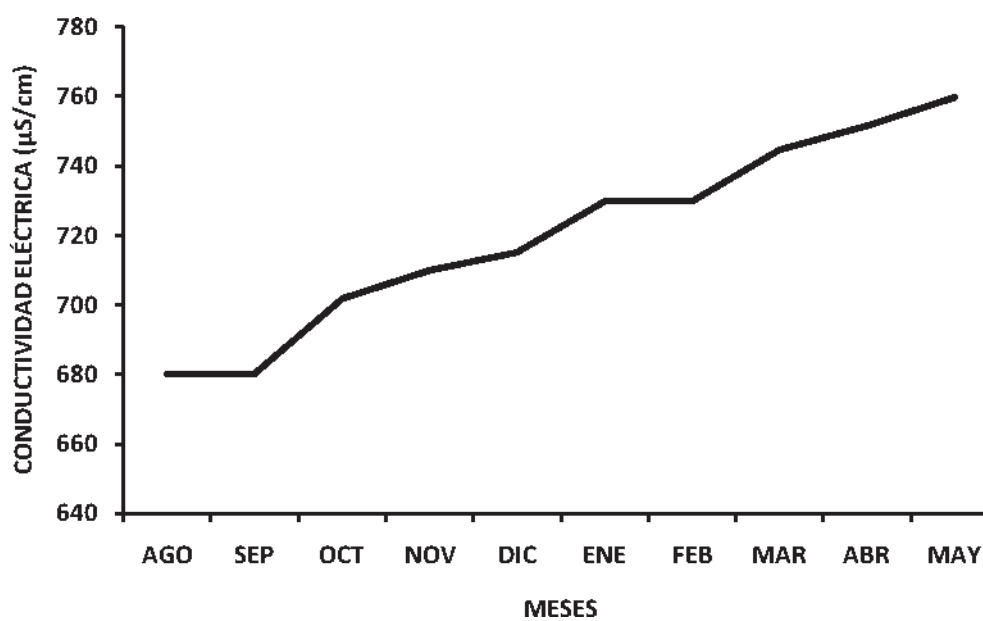


Figura 15. Conductividad eléctrica mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



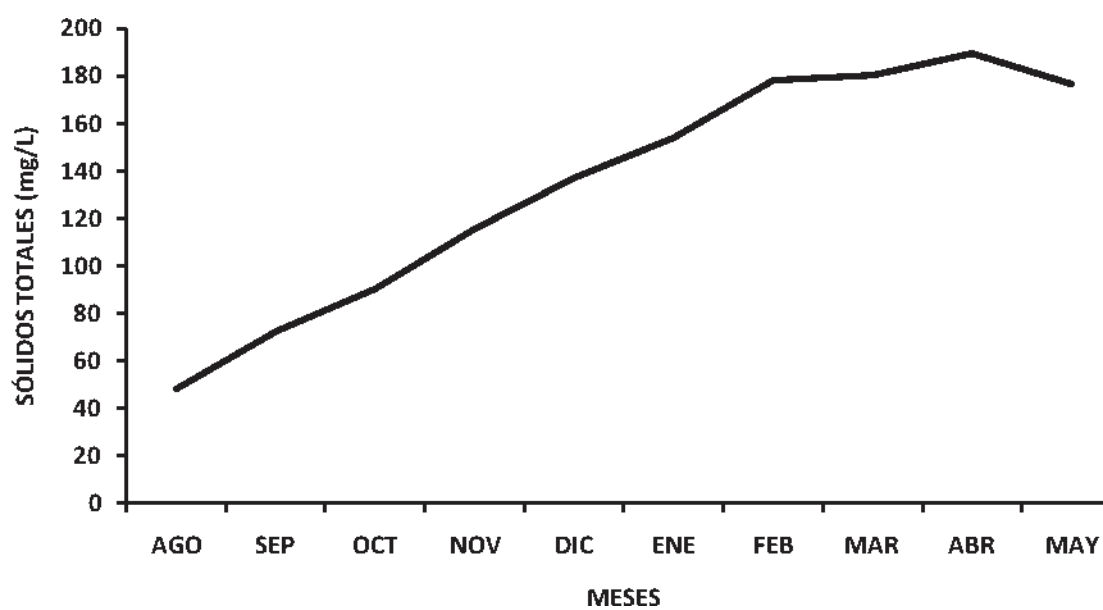


Figura 16. Concentración de sólidos totales mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



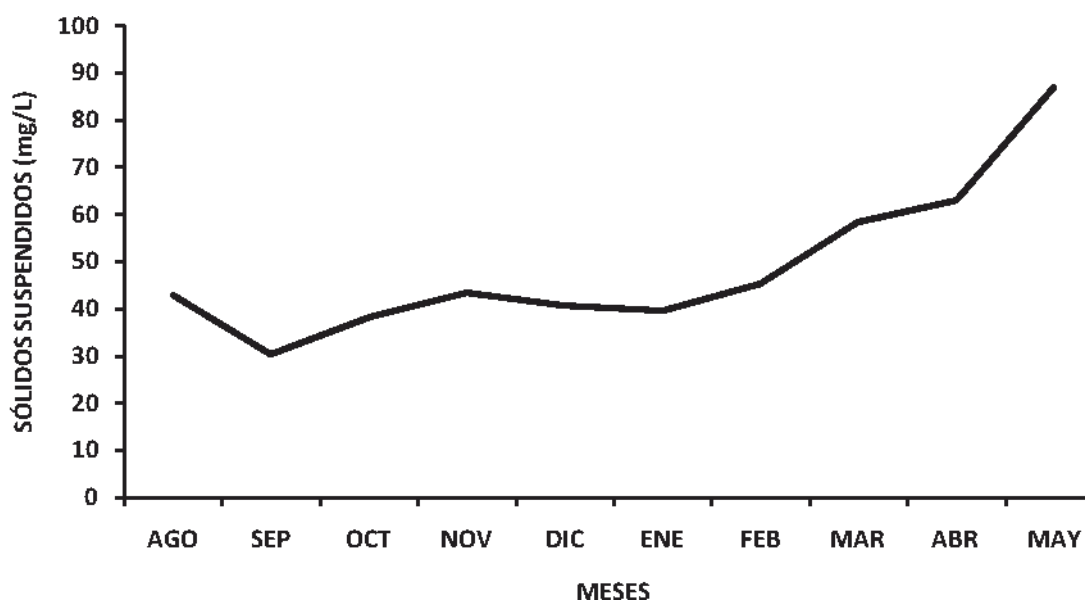


Figura 17. Concentración de sólidos suspendidos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.



7.5.6. Sólidos totales disueltos

Los valores obtenidos en la concentración de sólidos totales disueltos en el sistema experimental tuvieron un valor máximo de 435.0 mg/L durante el mes de mayo y un valor mínimo de 380.0 mg/L durante el mes de agosto. El valor promedio registrado durante el periodo del ensayo fue de 411.2 mg/L. Este comportamiento se observa en los valores de conductividad eléctrica así como en la concentración de sólidos totales (Figura 18).

7.5.7. Transparencia de Secchi

A través de la lectura del disco de Secchi se obtuvo un valor máximo de 0.65 m para los meses de agosto y septiembre con una disminución progresiva en los valores de transparencia hasta alcanzar un valor mínimo de 0.15 m, durante los meses de abril a mayo. El valor promedio en la transparencia del disco de Secchi registrado para el periodo de cultivo fue de 0.48 m (Figura 19).

7.5.8. Dureza total

Los niveles de dureza total del agua del sistema de estanquería rústica presentaron un valor máximo de 155.0 mg/L durante el mes de noviembre y un valor mínimo de 130.0 mg/L en el mes de mayo. El valor promedio estimado durante el periodo del ensayo de cultivo fue de 141.0 mg/L (Figura 20).

7.5.9. Alcalinidad

Las aguas que poseen una alcalinidad de 50 a 200 mg/L son consideradas más productivas para el cultivo de peces (Chakroff, 1990). Los resultados para el cultivo experimental de acúmara registraron un valor máximo de 235 mg/L en el mes de mayo y 130 mg/L en el mes de diciembre. El valor promedio obtenido para el periodo de cultivo fue de 204.8 mg/L (Figura 21).

7.5.10. Acidez

Durante todo el periodo de muestreo no se registraron valores de acidez en el agua lo que sugiere la ausencia de bióxido de carbono en el agua y que el carbono se encuentra asociado a la alcalinidad a través de los bicarbonatos y carbonatos.



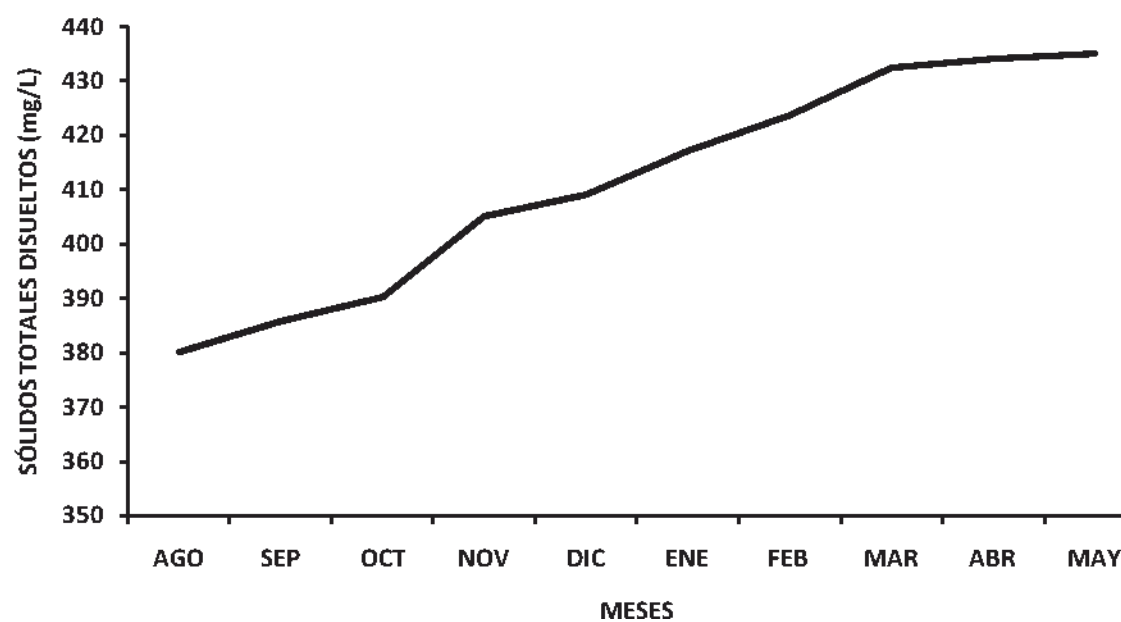


Figura 18. Concentración de sólidos suspendidos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.



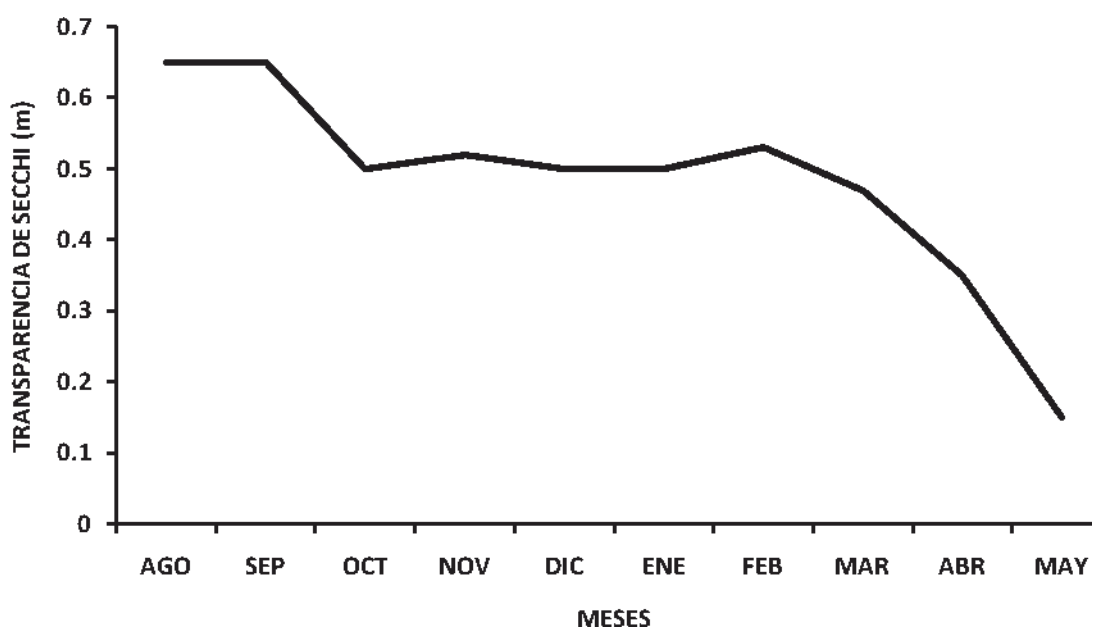


Figura 19. Transparencia del disco de Secchi mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara.



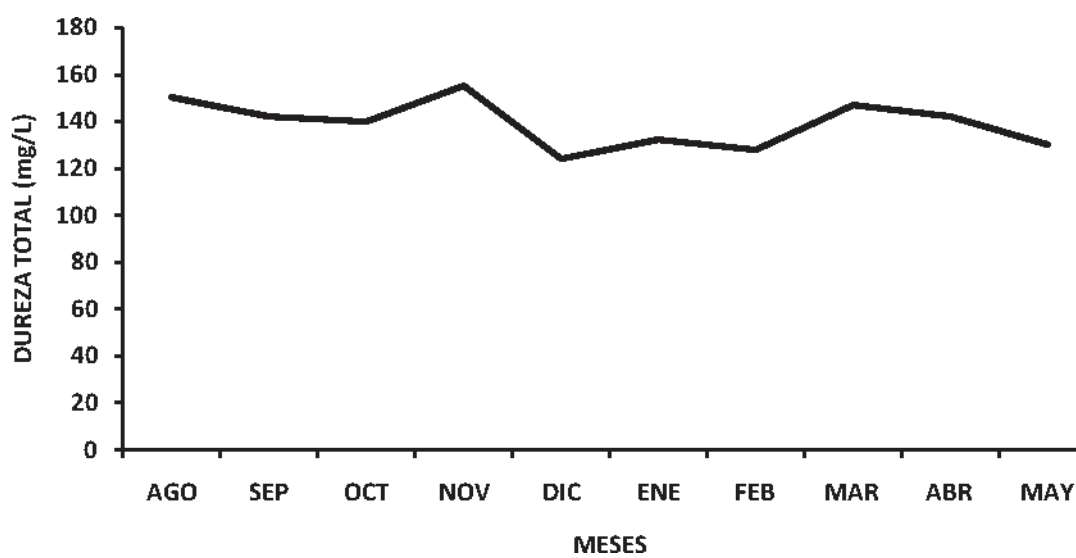


Figura 20. Dureza total mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



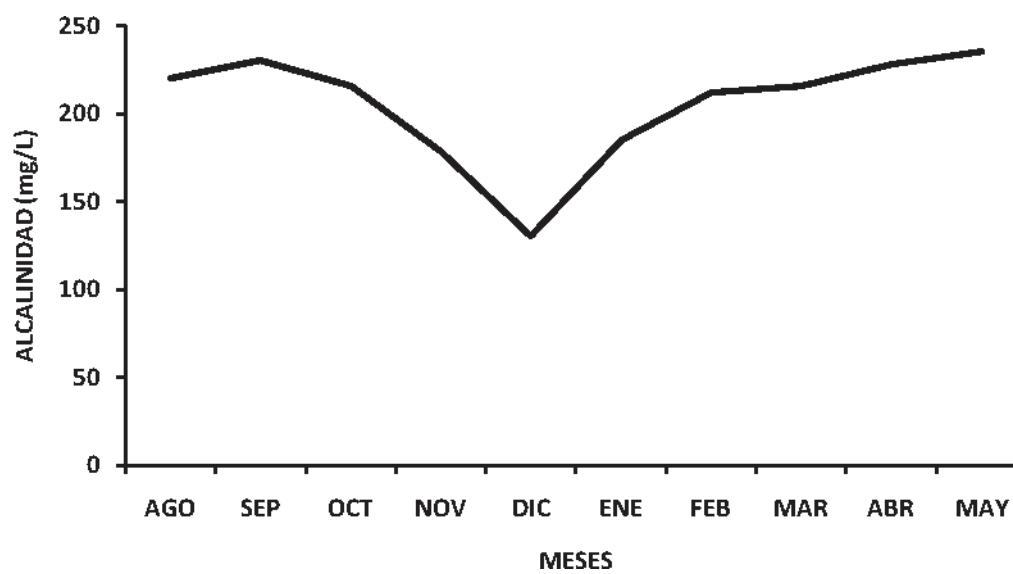


Figura 21. Alcalinidad mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.5.11. Concentración de oxígeno disuelto

Los valores en la concentración de oxígeno disuelto registraron un valor máximo de 13.60 mg/L en el mes de enero y un mínimo de 5.10 mg/L en el mes de mayo, presentando un valor promedio de 8.9 mg/L. El mayor porcentaje de saturación fue de 134.9% y el valor más bajo estimado fue de 78.39%. En general los valores en la concentración así como los valores de saturación indicaron que durante el día las concentraciones de oxígeno disuelto manifestaron niveles aceptables para el cultivo de peces especialmente en densidades bajas como las que se aplicaron en este ensayo (Figura 22).

7.5.12. Nitrógeno amoniacal

La fuente más común de amoníaco en la estanquería rústica es el ingreso de los fertilizantes orgánicos, principalmente el estiércol y la excreta de los organismos en cultivo. El amoníaco puede ser oxidado a nitrito y posteriormente a nitrato en aguas bien oxigenadas, siendo este proceso reversible en bajas concentraciones de oxígeno.

El nivel de toxicidad de amoníaco en los peces se encuentra determinado por el nivel de potencial de Hidrógeno presente en el agua, ya que éste y la temperatura influyen en la formación de la fracción no-ionizada de amoníaco que es muy tóxica para los organismos, mientras que la fracción ionizada es inofensiva o de muy poco efecto.

El cultivo experimental de acúmara en el estanque rústico registró concentraciones relativamente altas, especialmente en la fase final de cultivo. En el estanque experimental durante el mes de agosto se registró un valor mínimo de 0.015 mg/L, mientras que en el mes de mayo su valor fue un máximo de 0.14mg/L. El valor promedio durante el periodo de cultivo fue de 0.0734 mg/L (Figura 23).

7.5.13. Nitritos

El máximo valor registrado fue durante el mes de marzo con 0.087 mg/L con un valor mínimo de 0.06 mg/L durante los primeros dos meses del cultivo (Figura 24).



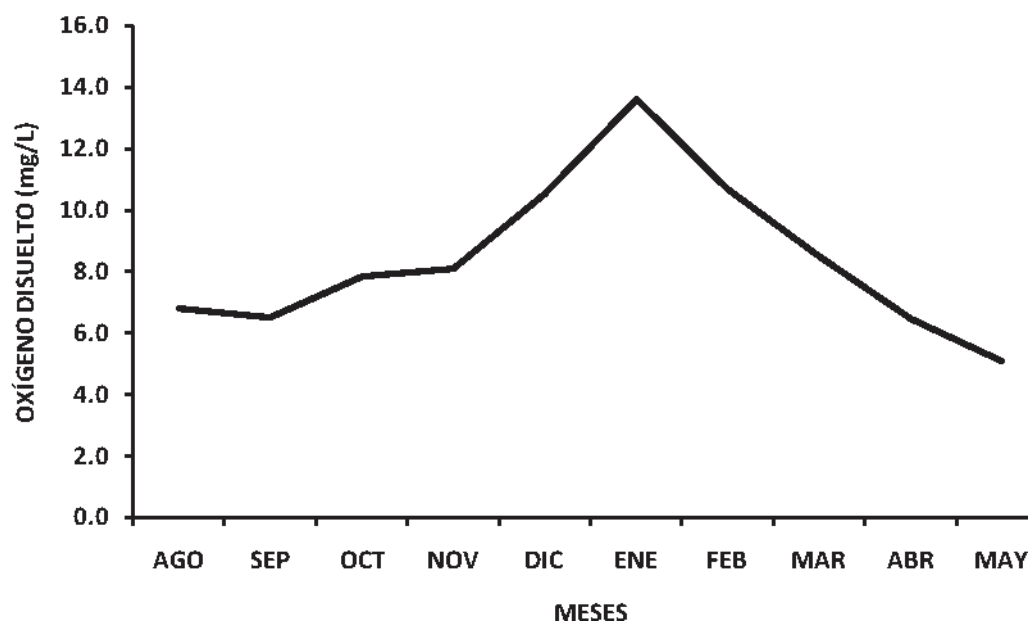


Figura 22. Concentración de oxígeno disuelto mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



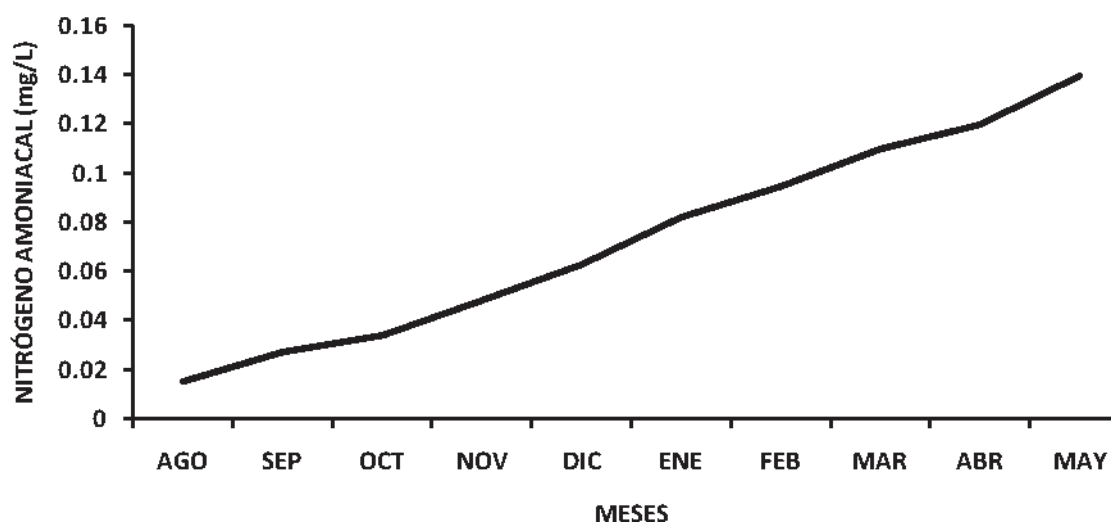


Figura 23. Concentración de nitrógeno amoniacal mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



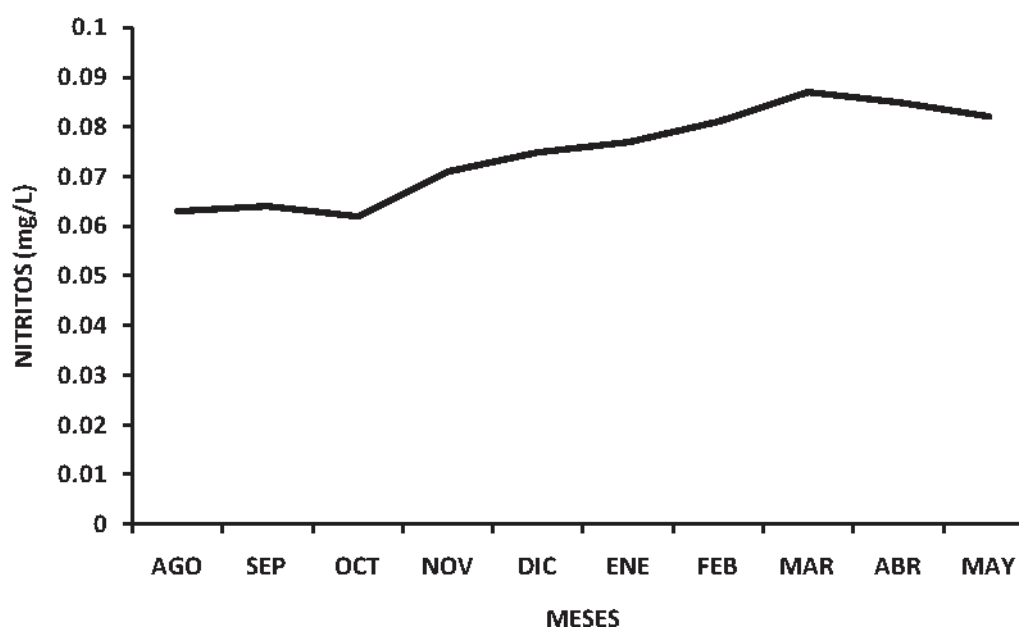


Figura 24. Concentración de nitrógeno de nitritos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.5.14. Nitratos

Al igual que la mayoría de los parámetros del agua en el estanque la concentración de nitratos no presentó grandes variaciones ya que los resultados fueron relativamente bajos y se presentaron valores cercanos a 0.08 mg/L durante los primeros meses de cultivo, sin embargo el valor más alto fue en el mes de marzo con 0.91 mg/L, manteniendo un valor promedio a lo largo del cultivo de 0.395 mg/L (Figura 25).

7.5.15. Fósforo total

La concentración de fósforo total en el sistema de cultivo manifestó una concentración progresiva durante el periodo de cultivo, sugiriendo una descomposición e integración de fósforo de manera paulatina en el sistema. El valor de concentración mínima obtenida fue de 44.0 µg/L en el mes de agosto que fue cuando se inició el sembrado. En cambio el valor máximo obtenido fue durante el mes de abril con una concentración de 310.0 µg/L. El valor promedio estimado durante el periodo de muestreo de agua fue de 197.4 µg/L. Este es considerado como un valor alto de concentración en sistemas acuáticos (Figura 26).

7.5.16. Fosfato reactivo soluble

Los valores en la concentración de fosfato reactivo soluble en el sistema de cultivo se manifestaron con la misma tendencia observada con el fósforo total. Es decir, que el valor mínimo detectado fue al principio del ensayo durante el mes de agosto con una concentración de 12.0 µg/L, mientras que el valor máximo obtenido fue en el mes de abril con una concentración de 184.3 µg/L. El valor promedio estimado fue de 111.22 µg/L. Lo anterior sugiere que el fósforo reactivo como nutriente no representó un factor limitante para la productividad primaria del sistema experimental (Figura 27).



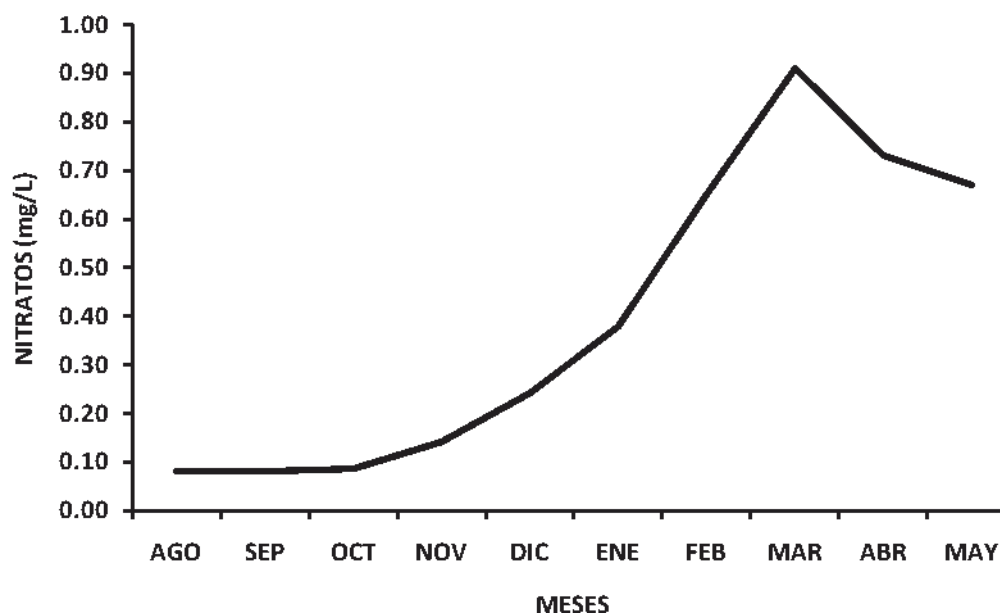


Figura 25. Concentración de nitrógeno de nitratos mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



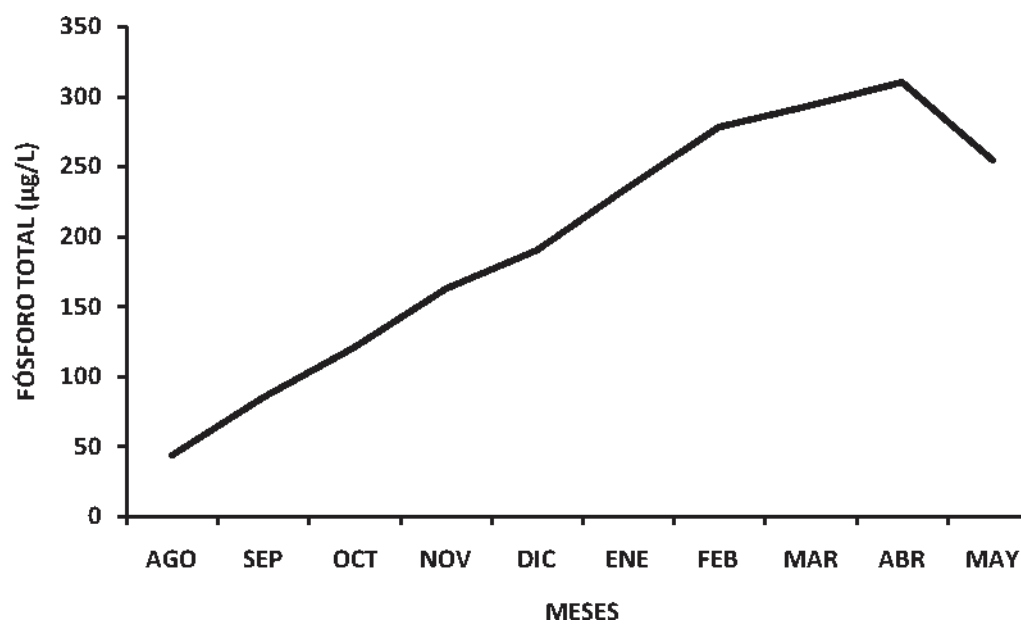


Figura 26. Concentración de fósforo total mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



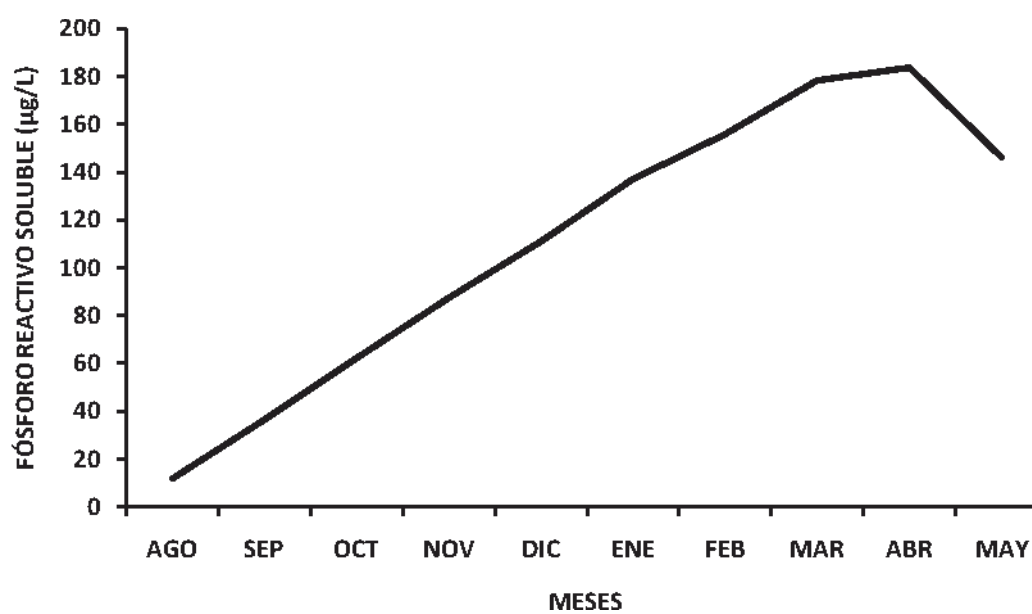


Figura 27. Concentración de fósforo reactivo disuelto mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.5.17. Materia orgánica disuelta

La concentración de materia orgánica disuelta manifestó una tendencia similar a la concentración de los nutrientes básicos. Es decir, presentó una concentración progresiva con respecto al tiempo. El valor inicial de materia orgánica fue el valor mínimo registrado con una concentración de 27.0 mg/L mientras que el valor máximo registrado fue de 227 mg/L durante el mes de abril con un promedio estimado de 162.2 mg/L. Lo anterior es un indicador de la paulatina descomposición de la materia orgánica suministrada a través del estiércol además de la aportación propia del estanque a través de las plantas acuáticas y de excreta de aves visitantes durante el periodo de muestreo (Figura 28).

7.5.18. Clorofila-a

Los valores de clorofila-a durante el cultivo se mantuvieron en un promedio de 14.3 $\mu\text{g/L}$. El valor máximo registrado fue de 24.5 $\mu\text{g/L}$ en el mes de abril y el mínimo de 2.5 $\mu\text{g/L}$ durante el mes de agosto. Estos valores que se interpretan como relativamente altos son el resultado del crecimiento de organismos del fitoplancton inducido por el fertilizante orgánico que fue suministrado al sistema experimental (Figura 29).



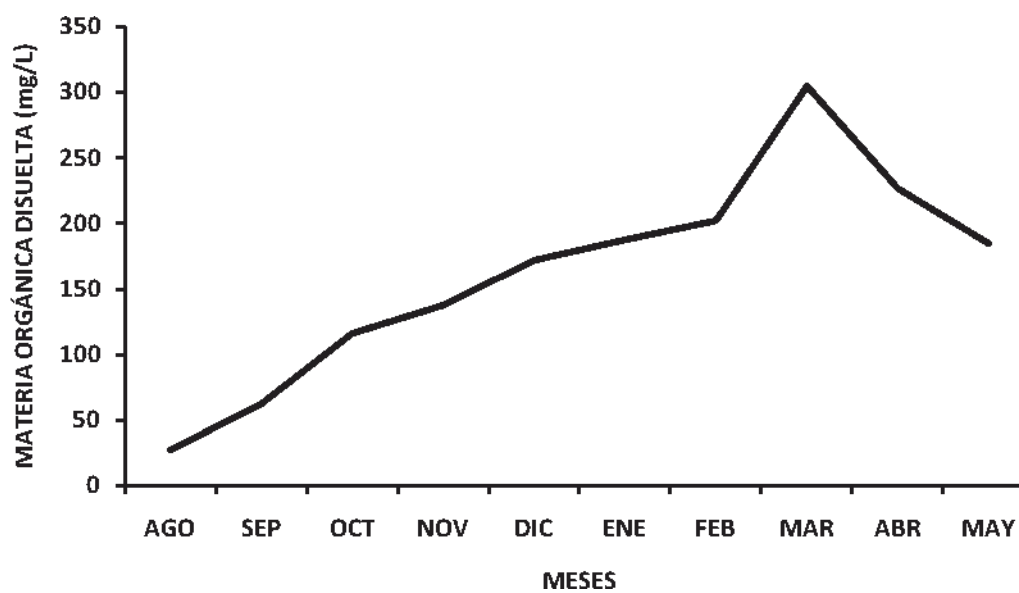


Figura 28. Concentración de materia orgánica disuelta mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



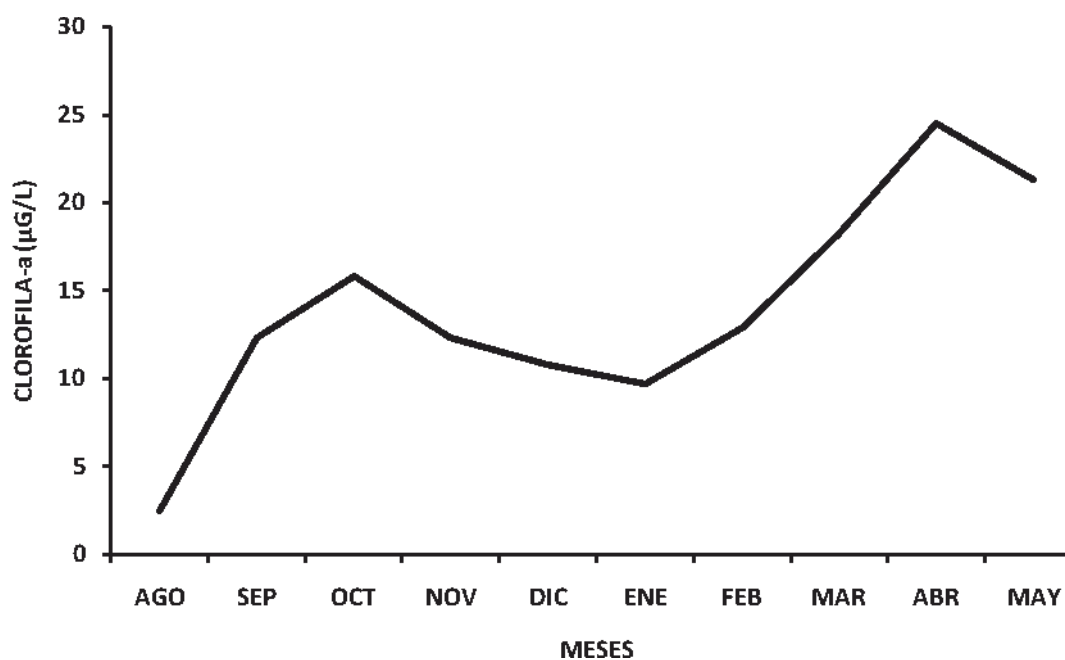


Figura 29. Concentración de materia orgánica disuelta mensual registrada en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.6. Ciclo dial

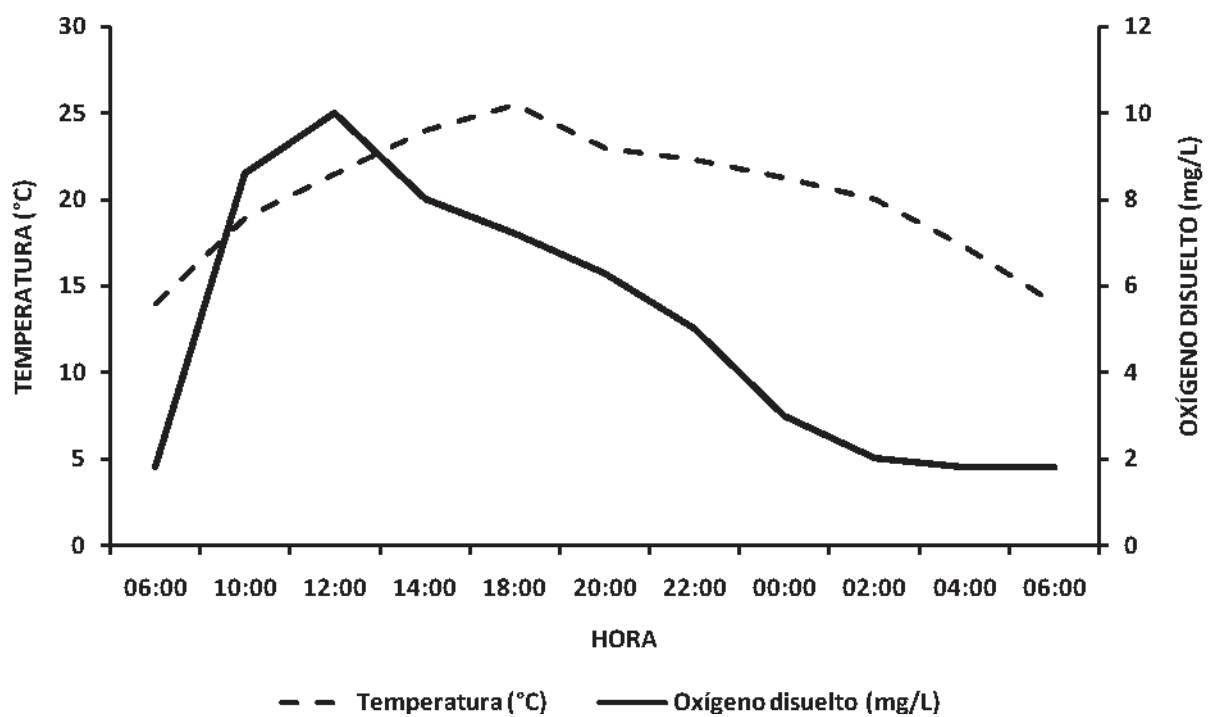


Figura 30. Ciclo dial registrado en estanquería rústica para el cultivo experimental de acúmara



7.7. Comunidades biológicas

7.7.1. Fitoplancton

En todo sistema acuático y de manera especial en sistemas lénticos el fitoplancton representa un componente biológico estructural que puede definir el estado productivo del ecosistema y además presenta una función fundamental al sustentar la productividad que determina el desarrollo de biomasa animal así como generar el beneficio de la pesquería.

En el estanque experimental de cultivo se identificaron las especies de fitoplancton que se presentan en la Tabla 31.

Las especies de mayor abundancia dentro del período de cultivo fueron *Navicula cryptocephala* (en posición valvar), además de forma muy abundante se manifestó *Microcystis aeruginosa*.



Tabla 31. Especies de fitoplancton identificadas en el sistema de estanquería rústica

MES	Especies de fitoplancton
Agosto	<i>Navicula</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena sp.</i> , <i>Boctryococcus sudenticus</i> .
Septiembre	<i>Pediastrum duplex</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> +
Octubre	<i>Diatomeas</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Merismopedia</i>
Noviembre	<i>Anabaena aequalis</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Merismopedia</i> , <i>Achnanthes brevipes</i> .
Diciembre	<i>Ceratium hirudinella</i> , <i>Ceratium cornutum</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Nodularia sp.</i> , <i>Merismopedia</i> .
Enero	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Ceratium hirudinella</i> , <i>Fragilaria sp.</i> <i>Anabaena sp</i>
Febrero	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Merismopedia</i> , <i>Anabaena sp.</i>
Marzo	<i>Anabaena sp.</i> , <i>Merismopedia</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Nodularia sp.</i> <i>Fragilaria sp.</i>
Abril	<i>Anabaena sp.</i> , <i>Aphanizomenon flos aque</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> ; <i>Fragilaria sp.</i>
Mayo	<i>Anabaena sp.</i> , <i>Aphanizomenon flos aque</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> ; <i>Fragilaria sp.</i>



7.7.2. Zooplancton

Los organismos del zooplancton son de fundamental importancia como componentes de la productividad secundaria en el ecosistema acuático, ya que representan una fuente de alimento para los peces de hábitos zooplantófagos, que es el caso particular de la familia Cyprinidae y del género *Algansea*. La acúmara que en sus diversas etapas se orienta hacia el consumo de organismo del zooplancton así como insectos pequeños.

Durante los muestreos realizados en el cultivo experimental se encontraron las especies de la comunidad del zooplancton que se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Especies de zooplancton identificadas en el sistema de estanquería rústica

MES	Especies de zooplancton
Agosto	<i>Brachionus sp.</i> , <i>Daphnia</i> , Copepoda
Septiembre	Larvas nauplio, <i>Keratella Cochlearis</i> , <i>Poliarthra</i> , <i>Metacyclops</i> .
Octubre	+Larvas nauplio, <i>Metacyclops</i> , <i>Cyclops</i> , <i>Bortichella</i> , <i>Brachionus</i> , spp.
Noviembre	Copépodos, <i>Brachionus sp.</i> , Larvas nauplio, <i>Daphnia</i> .
Diciembre	<i>Keratella sp.</i> +, <i>Brachionus sp.</i>
Enero	<i>Keratella sp.</i> , <i>Daphnia</i> , <i>Brachionus sp.</i> , <i>Cyclops</i> ,
Febrero	Copepodos+, <i>Brachionus</i>
Marzo	
Abril	



7.7.3. Bentos

El fondo de los cuerpos de agua es un receptor de los materiales que se encuentra en suspensión principalmente por la aportación de terrígenos y materia orgánica que finalmente descienden al fondo mediante el proceso de sedimentación. La materia orgánica es degradada por los organismos del bentos que habitan en el fondo. El análisis de esta comunidad biológica permite interpretar algunas de las variaciones en la calidad del agua. En el sistema experimental de estanquería rústica la comunidad del bentos estuvo constituida principalmente por organismos principalmente del grupo Chironomidae el cual se caracterizó por una baja concentración de hemoglobina.



VIII. DISCUSIÓN

México posee una amplia diversidad de recursos biológicos dulceacuícolas. El territorio nacional posee 2.5 millones de hectáreas de aguas epicontinentales con un amplio potencial de aprovechamiento a través de actividades acuaculturales. Los ecosistemas acuáticos y las numerosas especies biológicas existentes en estas unidades de paisaje identifican a la nación como una de las regiones con mayor potencial pesquero en el planeta.

La pesca se define como la acción de extraer o capturar por cualquier procedimiento autorizado, especies biológicas cuyo medio ambiente es el acuático; así como los actos previos o posteriores a la misma. La acuacultura en cambio es el conjunto de actividades orientadas hacia el cultivo de especies acuáticas, bajo condiciones controladas.

La actividad acuícola adquiere por lo tanto un carácter prioritario dentro del contexto nacional debido a su potencial para producir alimentos de bajo costo pero de alto contenido nutricional que son componentes básicos para la dieta de la sociedad mexicana. Además de la producción de alimentos la acuacultura ofrece la oportunidad de generar empleos particularmente en las zonas rurales incluyendo la capacidad generadora de capital y divisas.

En este sentido la acuacultura nacional se ha enfocado históricamente al cultivo de especies exóticas que en principio elevan los costos de producción o de lo contrario los productos pesqueros no corresponden a los gustos de consumo de la sociedad mexicana, particularmente de aquellos grupos culturales que tradicionalmente han consumido especies locales procedentes de la captura pesquera con un sentido nutricional, religioso o cultural.

Por ello, el cultivo de especies nativas especialmente de aquellas que se



encuentran sobreexplotadas o en peligro de extinción ofrece una alternativa productiva orientada no solamente a la posible recuperación de las poblaciones naturales sino de incorporar a estas especies en un proceso de producción de alimentos y de generación de ingresos.

Pátzcuaro es uno de los lagos de mayor importancia en México, su origen geológico, su diversidad ecológica, su fauna nativa y la presencia de asentamientos humanos P'urhépecha en sus riberas identifican a este lago como un importante recurso nacional.

En la actualidad el lago se encuentra bajo un fuerte proceso de degradación ambiental, por lo que es de fundamental importancia la elaboración de un plan de manejo y recuperación ecológica para la cuenca del lago de Pátzcuaro, el cual incluya normas y acciones tanto del gobierno como de la sociedad civil con relación al uso sustentable de los recursos naturales existentes así como el establecimiento de programas compatibles con tecnología apropiada de conservación y aprovechamiento forestal, desarrollo agrícola y ganadera, uso racional del agua y suelo, manejo eficiente de desechos sólidos y contaminantes, establecimiento de programas regionales de educación ambiental así como un programa de pesca responsable y una acuacultura con identidad regional.

La productividad pesquera del lago de Pátzcuaro tiene como base en la captura de cinco especies nativas de peces, sin embargo, las capturas anuales registradas de estas especies de peces han disminuido considerablemente en comparación con las capturas registradas de las especies exóticas o introducidas. En consecuencia, las especies de peces nativas que son favoritas en el mercado local se encuentran en riesgo de extinción.

La acúmara (*Algansea lacustris*) presenta un profundo arraigo cultural en la civilización P'urhépecha en su consumo y comercialización. De hecho su consumo como carne es apreciada en la ribera, sin embargo, el consumo de sus huevecillos en platillos asados y de relleno en vegetales le ha identificado en el ambiente internacional como el “*caviar mexicano*”.



Sin embargo, de una captura registrada en el año de 1988 con cerca de 700 toneladas anuales en la actualidad esta especie no registra una captura mayor de una tonelada.

Lo anterior obliga no solamente a establecer medidas de restauración del hábitat natural de la especie además de una norma jurídica de regulación pesquera, sino que también es preciso el desarrollo de tecnología apropiada para el desarrollo de cultivos tanto experimentales como piloto de producción masiva de crías, reproductores y engorda de ejemplares de acúmara para recuperación de las poblaciones naturales e impulsar sistemas de cultivo comercial que puedan satisfacer las demandas de su consumo.

De esta manera, el presente proyecto fue orientado a la generación de resultados sobre el cultivo de ejemplares de acúmara bajo condiciones del medio rural empleando recursos disponibles en la localidad pero aprovechando el potencial productivo del medio para asegurar el crecimiento de la especie en condiciones de cautiverio empleando para ello una tecnología de bajo costo y con potencial de alto rendimiento como es el caso de los estanques rústicos.

Los resultados del ensayo experimental sugieren hasta el momento de que la acúmara es una especie mexicana que ofrece atributos para su mantenimiento bajo condiciones de cautiverio. La tasa de sobrevivencia aunque no fue medida en el sitio, se identifica como potencialmente alta. Los ejemplares de talla comercial que no se colectaron al final del ensayo fueron previamente extraídos por acciones de robo y vandalismo que se presentaron en la localidad derivado de la alta aceptación y demanda que existe de la acúmara en la región. Sin embargo, durante el presente estudio no se detectaron mortalidades de los peces, ni tampoco se identificaron patologías de enfermedades asociadas al confinamiento o a la infestación de parásitos derivadas del manejo para el cultivo.



El transporte de las crías hacia el sitio de sembrado y cultivo presentó una sobrevivencia del 100%, derivado de la técnica de transporte que incluyó un enpaquetado en bolsas de plástico, mantenimiento de la baja temperatura de transporte (18.0°C), alta oxigenación, previa vigilia de 24 horas, un manejo cuidadoso en el transporte y una aclimatación térmica en el procedimiento de sembrado.

De manera simultánea, el manejo de los estanques rústicos representó una actividad de fundamental importancia para el desarrollo adecuado del cultivo experimental. Para ello, fue estrictamente necesario asegurar una asepsia del sistema de cultivo mediante la cuidadosa aplicación de cal viva para disminuir los riesgos de parasitosis en los ejemplares. En este sentido las especies de zooplancton que forman parte de la dieta de la acúmara especialmente en su fase juvenil son hospederos potenciales de cestodos y otros parásitos. Por ello fue esencial realizar una acción previa de esterilización del sistema.

Posteriormente, fue necesaria la generación de alimento natural de mediante la fertilización orgánica empleando para ello residuos de excreta animal de alto contenido en fósforo y nitrógeno. Algunos de los análisis realizados en materiales de residuales animales de la región indicaron que el estiércol de ganado bovino alcanzó hasta 0.70% en contenido de nitrógeno y 0.50% de contenido en fósforo. Lo anterior, permitió una fertilización orgánica de hasta 2.0 kilogramos por metro cuadrado en el fondo del estanque de cultivo.

La hidratación del estiércol en el fondo del estanque y su posterior insolación a 0.15 metros de profundidad permitió la suficiente elevación de la temperatura para favorecer la descomposición de la materia orgánica con la incorporación de los nutrientes necesarios para potenciar la productividad primaria del estanque rústico. La incorporación de nutrientes en la columna del agua manifestó una tendencia creciente sin presentar evidencias de factores limitantes de la productividad primaria.



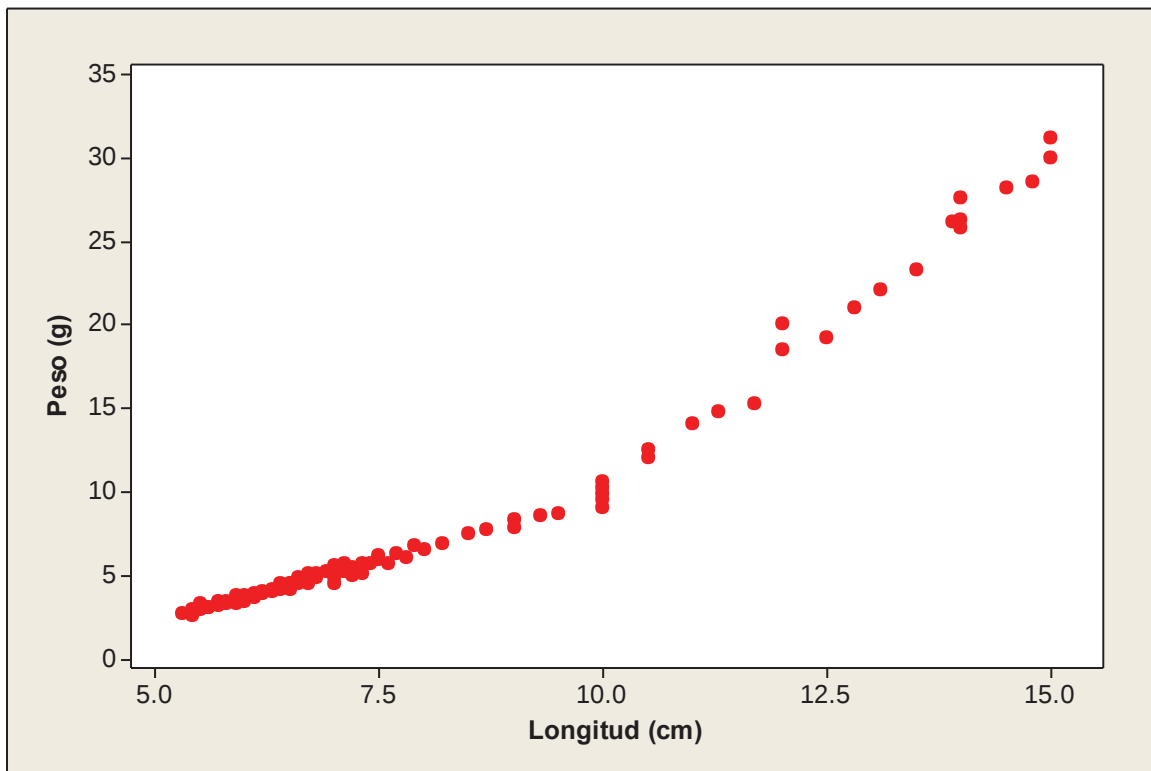


Figura 31. Gráfico de crecimiento en longitud vs peso de la acúmara de Pátzcuaro bajo condiciones de cultivo en estanques rústicos.



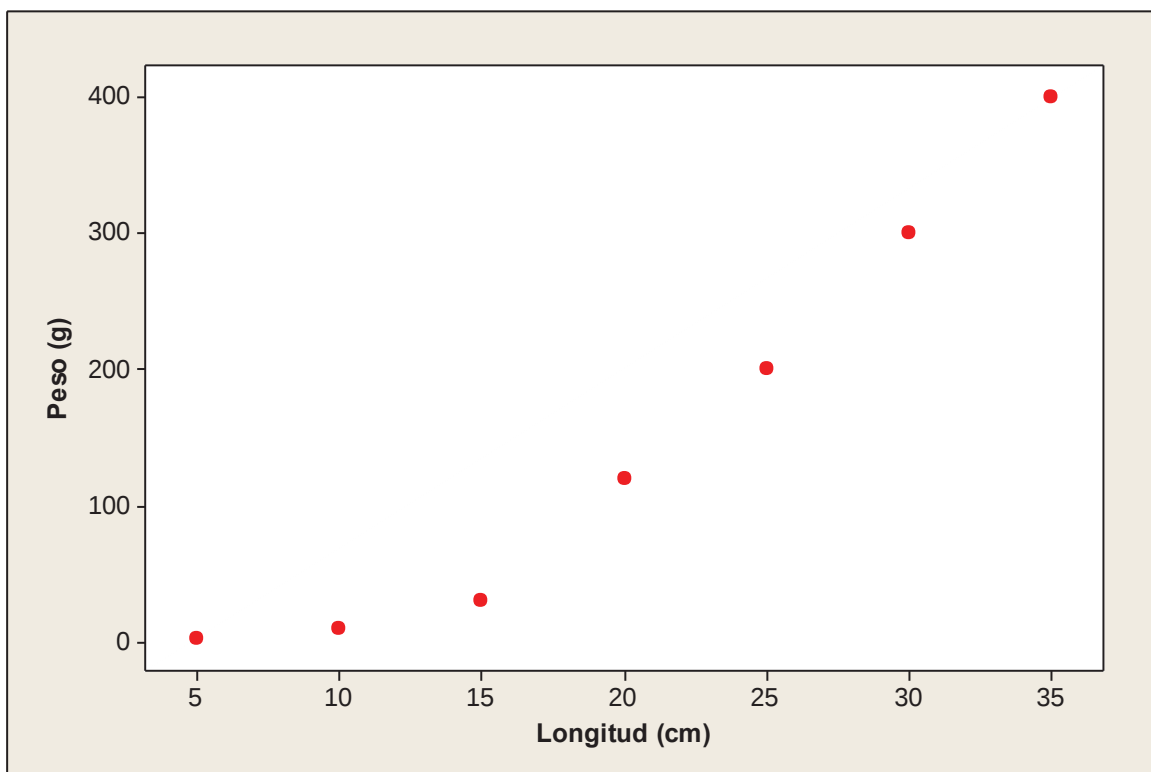


Figura 32. Gráfico de longitud vs peso de la acúmara de Pátzcuaro bajo condiciones de cultivo en estanques rústicos.



El manejo adecuado de la calidad del agua de cualquier ecosistema acuático, permite regular y mantener las condiciones óptimas para la sobrevivencia y crecimiento de los organismos acuáticos. En los sistemas de cultivo utilizados para la piscicultura semi-intensiva, la producción se incrementa a través del uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el alimento suplementario o la combinación de ambos, que inciden en la disponibilidad de nutrientes y que resulta en el incremento de la producción de peces.

La penetración y distribución de la luz solar con respecto a la profundidad en el medio acuático están determinados por la combinación de los procesos de absorción y dispersión de la luz (Jerlov, 1976). Los principales factores que contribuyen a la absorción y dispersión de la luz puede ser el agua misma, sustancias disueltas partículas inorgánicas, detritus y el fitoplancton (Kirk, 1981). La contribución de la fotosíntesis por parte del fitoplancton y la vegetación superior representa la base energética del sistema acuático. Dentro de estos ecosistemas la disponibilidad de la luz determina, no solamente la diversidad sino la tasa de crecimiento del fitoplancton y la productividad primaria, particularmente en sistemas de alta turbidez, la luz se convierte en un factor limitante tanto para la diversidad como para la distribución y abundancia de los organismos del fitoplancton (Chacón,1991).

La acúmara de Pátzcuaro presenta un intervalo de tolerancia para la temperatura dentro del cual se desarrollan con eficiencia, siendo 18.0 a 23.0 °C el intervalo de la temperatura óptima. En consecuencia es preciso acondicionar la temperatura de agua en un estanque como sistema de cultivo, para favorecer un mejor crecimiento así como una eficiencia energética y metabólica. Si la temperatura es más baja o más alta que los valores sugeridos en el presente estudio, entonces es posible que los organismos tiendan a disminuir su tasa de crecimiento, incrementar su estado de tensión fisiológica y generar condiciones para desarrollar enfermedades.



De especial interés es la cantidad de partículas que se encuentran suspendidas en el agua. La turbiedad representa un problema potencial en estanques rústicos debido a una elevada cantidad de arcillas en suspensión como se registró en el presente estudio, que disminuyeron sustancialmente la penetración de la luz que puede inhibir la producción de fitoplancton y la sucesión hacia la producción de zooplancton.

Uno de los factores estructurales para el cultivo de acúmara en estanques rústicos es el suministro de oxígeno disuelto en el agua para garantizar su funcionamiento metabólico. Por lo que los resultados del presente estudio indicaron una disminución sustancial en la concentración de oxígeno disuelto, derivado del incremento en la descomposición del estiércol, su oxidación a nutrientes básicos como los nitritos, nitratos y fosfato disuelto reactivo. Esta situación puede generar condiciones que incidan en enfermedades asociadas a la insuficiencia de oxígeno en el agua.

El oxígeno puede consumirse durante los procesos de descomposición por organismos vegetales como animales mediante la oxidación. La oxidación y la respiración se realizan durante el día y la noche, mientras que la fotosíntesis solamente durante las horas de incidencia de la luz solar. Por lo tanto un día nublado puede ocasionar que los niveles de oxígeno sean más bajos y sea necesario agregar oxígeno al agua mediante agitaciones, o si el viento es fuerte puede provocar que se formen pequeñas olas en la superficie del agua, lo cual ayuda a que haya una pequeña mezcla del aire y agua y por lo tanto aumento de oxígeno. Para un cultivo se deben de conocer los rangos en los cuales la especie se desarrolla mejor. Para el caso de la acúmara por ser una especie nativa y no conocerse las concentraciones de oxígeno en un estanque se toman como base los datos registrados en su ambiente natural y tratar de imitar las condiciones naturales.

El manejo adecuado de la calidad del agua del sistema de cultivo regula y mantiene las condiciones mínimas para la sobrevivencia y el crecimiento de los peces. En sistemas de estanques rústicos la producción se incrementa a través del uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el suministro de alimento suplementario o la combinación de ambos inciden en la disponibilidad de nutrientes y se manifiestan en una producción de



peces.

Existen autores que discuten que la acuacultura en estanques rústicos particularmente de especies nativas, no es una actividad estrictamente de acuacultura sino una modificación del medio ambiente natural, en el cual los organismos en cultivo no son producidos en criaderos, ni alimentados, ni manejados bajo un esquema de control. En numerosos ecosistemas acuáticos mexicanos, se realizan modificaciones extensas del hábitat natural, con el objeto de mejorarlo y adaptarlo al cultivo de diferentes especies biológicas. Estas actividades incluyen la apertura de canales, entre lagos y ríos para favorecer la circulación del agua e incrementar el contenido de oxígeno disuelto así como facilitar el acceso a los organismos de interés. Ocasionalmente se construyen diques para mantener estables estos accesos en incluso se instalan compuertas para controlar los niveles del agua. En algunas zonas del país, las inundaciones estacionales, por lo que en cierta temporada del año no existe agua o ésta es muy escasa. Algunas de estas áreas han sido abiertas para que el agua de inundación o de otros sistemas acuáticos las cubra de manera permanente, favoreciendo la introducción y permanencia de especies acuáticas. Se han construido sistemas de desvío de canales para introducir agua a lagos, se han desviado canales más profundos en lagos naturales y embalses artificiales para mejorar la circulación del agua y el acceso de personal; se han realizado actividades de dragado en lagos y embalses además de construir retenes de azolve en ríos para disminuir el azolve de sistemas lacustres; se han conectado secciones de sistemas acuáticos para incrementar las áreas de inundación.

Aunque en un principio las actividades institucionales de manejo del agua en México inicialmente fueron orientadas con prioridad a proyectos sobre irrigación, generación de energía y control del flujo de agua, existe también una aceptación sobre la progresiva carencia de agua en la mayor parte del país. Por ello se ha desarrollado de manera paulatina un sistema integrado de manejo del agua en México. Dentro de este plan se ha considerado que los recursos pesqueros dependen de manera fundamental del suministro de agua dulce y por lo tanto se requieren de técnicas que permitan anticipar y controlar los efectos de desvío de aguas así como de otras prácticas de



control de los organismos acuáticos de valor comercial.

En México se realiza de manera aislada la acuacultura de especies nativas, excepto para el pez blanco, pejelagarto y achoque. Debido a que esta actividad no se considera de importancia económica, además de que su dominio y práctica es incipiente. Aunque el encierro de especies nativas detrás de barreras y su captura a través de trampas, no incluye un manejo integrado de alimentación, mantenimiento de la calidad del agua o sanidad acuícola, estas actividades permiten aumentar la producción acuática en áreas que anteriormente carecían de producción pesquera. Esto incluye el desarrollo de procedimientos, desde la preparación del fondo de los estanques u otros corrales, para proporcionar alimento natural; fertilización del agua para estimular la productividad natural; proporcionar alimentos suplementarios en estanques; controlar depredadores y seleccionar la captura por tamaño.

Tendencia de la acuacultura especies nativas en Mexico

La creciente demanda en México de alimentos con alto contenido proteínico, la necesidad de generar empleos en las áreas rurales con aguas interiores y el paulatino desarrollo de la actividad acuícola en el territorio nacional permite un interés creciente en la actividad de cultivo de peces e invertebrados durante el siglo XXI.

Se ha impulsado el cultivo en agua dulce a especies introducidas de alto valor comercial con apoyos incipientes a la investigación y cultivo experimental de las especies nativas mexicanas; la producción de trucha, bagre, carpa, tilapia y algunas otras especies es favorecida en comparación con las especies nativas mexicanas. Se puede esperar que en el futuro la investigación, el cultivo experimental y los cultivos pilotos de especies nativas se incrementen. Estas especies serán producidas en número mayor para su siembra en lagos, embalses, estanques y otros cuerpos de agua. El trabajo que actualmente se desarrolla con el cultivo experimental de peces nativos en cautiverio, hasta alcanzar el tamaño comercial para el mercado, representa una alternativa de competencia y desarrollo integral del cultivo de especies nativas. Esto debe ser promovido, pues se trata de un tipo de acuacultura que



puede producir ganancias bajo condiciones adecuadas.

El cultivo de especies nativas en México se está realizando aún de manera experimental, aunque los sistemas de cultivo aún no se han concluido. Sin embargo, se ha establecido un mercado para estas especies y en consecuencia, esto propicia su demanda y su aumento de precio. Su ausencia en el medio natural lo convierte en un producto más caro que puede ocupar un lugar particularmente productivo en el mercado nacional pesquero, por lo que es de esperar un esfuerzo e investigación mayor para el desarrollo de un sistema de cultivo comercial para esta especie.

Las limitantes para una actividad mayor en el campo de la acuacultura de especies nativas en México incluyen:

1. Falta de antecedentes, experiencia y tradición en México.
2. Falta de sistemas de cultivo comercial establecidos para algunas de las especies nativas de interés comercial en México.
3. El progresivo deterioro ecológico que ocurre en aguas dulces como resultado de las actividades que realiza el hombre para alterar los patrones de corrientes, calidad del agua y otras condiciones ambientales, además de la creciente contaminación de las aguas, especialmente por pesticidas.
4. Escasez de personal capacitado y experimentado.
5. La carencia de planeación estratégica nacional para promover el desarrollo económico y social a través de la acuacultura.



IX. CONCLUSIONES

Los resultados y la interpretación del presente estudio permiten concluir que la acúmara del lago de Pátzcuaro representa una de las especies nativas mexicanas de gran potencial para la acuacultura regional. Lo anterior se deriva de sus atributos biológicos que incluyen su tolerancia a la distribución de la temperatura del agua. Es decir, que dentro de su ámbito de distribución original que es la región de la cuenca Lerma Chapala posee capacidad fisiológica para adaptarse a una diversidad de ambientes acuáticos con amplios rangos de temperatura.

De la misma manera, esta especie presenta tolerancia a variaciones en la concentración de oxígeno disuelto, lo que le permite de acuerdo a los ensayos de ciclo dial en el sistema experimental de cultivo sostener su crecimiento considerando la necesidad de mantener una cantidad mínima de oxígeno disuelto para sus requerimientos metabólicos básicos.

Así también, la acúmara de Pátzcuaro, presenta una adaptación para el consumo de organismos derivados de la fertilización orgánica en el sistema de estanquería rústica. De especial atención es el consumo de copépodos durante la etapa juvenil. Por lo que es de fundamental importancia impulsar la producción secundaria de zooplancton como fuente primaria de alimentación de esta especie.

De acuerdo a los resultados obtenidos la tasa de crecimiento no es particularmente alta para la especie ya que en un tiempo aproximado de 10 meses se alcanza la talla comercial de 20.0 centímetros. Lo anterior, sugiere la necesidad de emplear complemento alimenticio a través de alimento balanceado. Esta situación requiere evaluación para definir su viabilidad económica.

Por ser una especie que aún se encuentra en estado silvestre es de importancia mantener un esquema de sanidad acuícola, previniendo particularmente la infestación de hospederos como es el caso de los organismos presa que son los copépodos y que a su vez son hospederos de parásitos afines a la familia Cyprinidae.



X. RECOMENDACIONES

1. Es recomendable transitar de la fase experimental hacia la fase de producción, es decir, desarrollar cultivos piloto con un incremento en la densidad de carga para el sistema de estanquería rústica, para evaluar su máxima producción en biomasa y determinar tasas de crecimiento.
2. Es necesario evaluar las fuentes de insumos nutricionales locales, con el objeto de determinar el potencial de elaboración de alimentos balanceados de bajo costo y que puedan ser complementarios a los cultivos en estanquería rústica para mejorar las tasas de crecimiento de acúmara en menor tiempo, asumiendo como objetivo un crecimiento máximo en un periodo de cultivo de seis meses.
3. Es recomendable determinar la tasa metabólica basal de la especie con el objeto de definir la cantidad de oxígeno disuelto mínima para el mantenimiento de las funciones básicas y de aquí partir hacia esquemas de suministro y manejo de oxígeno disuelto en cultivos intensivos y semi-intensivos.
4. Es de apremiante necesidad el establecimiento de sistemas tecnológicos de producción de crías con orientación primaria hacia la repoblación de los hábitats originales de la especie, así como el suministro de crías para un esquema piloto de producción de la acúmara en la región.
5. Se recomienda establecer un modelo regional de producción de acúmara en estanquería rústica como sistema primario y accesible económicamente para el medio rural, evaluando su viabilidad económica y considerando la prioridad de emplear los recursos locales para su establecimiento.



Anexo I

Operación del estanque rústico

1. Preparación del estanque

El acondicionamiento del estanque se realizó una vez que fue realizado, mediante un vaciado completo del agua, corte de pasto, revisión de las paredes y el suministro de agua. Se realizó una asepsia con cal viva para eliminar la presencia de parásitos, esta debe de usarse con cuidado ya que puede causar quemaduras si se pone en contacto con la piel o dañar los pulmones si se aspira.

2. Llenado del estanque

Después de que la cal viva ha permanecido una semana por lo menos, se suministra el ingreso del agua lentamente a través de un conducto en la parte baja del estanque, para que exista una mezcla del oxígeno del aire con el agua que ingresa. El agua no debe ingresar demasiado rápido ya que puede dañar el fondo o las paredes del estanque así como resuspender el fango. Se deja sedimentar por cinco días después de haberlo llenado para evitar el uso de la cloración y deberá analizarse la calidad del agua antes que se introduzcan los peces al estanque.

A diferencia de las jaulas de cultivo y de los estanques de fibra de vidrio o concreto, los estanques rústicos pueden presentar depósitos de materia orgánica que a su vez son fuente potencial para el crecimiento de organismos patógenos que afectan posteriormente a los peces. Adicionalmente existe un riesgo mayor de depredadores que en los estanques de concreto.

La estanquería rústica requiere de una serie de consideraciones para su buen funcionamiento, así como para el desarrollo y crecimiento de los peces. Es necesario disponer de suficiente cantidad y calidad del agua que es utilizada de varias fuentes como son ríos, lagos o pozos. Toda el agua de origen superficial se encuentra expuesta a fuentes de contaminación así que es necesario vigilar sus fuentes;



La calidad de agua de ríos y lagos es buena pero está más expuesta a la contaminación cuando no se cuenta con agua suficiente y de buena calidad y se está dependiente de las épocas de lluvias, es recomendable construir bordos o represas en un terreno apropiado y de ahí canales de derivación que lleve la agua al estanque. La cantidad de agua depende de las especies cultivadas y de la cantidad de peces que se va a tener.

El agua subterránea es buena para la piscicultura siempre y cuando se tomen precauciones necesarias de oxigenación y la prevención de metales pesados disueltos.

Otro de los factores a considerar es el suelo que debe de reunir ciertas características para el buen funcionamiento del estanque, en primer lugar debe de estar alejado de zonas muy pedregosas y contar con una pendiente suave que favorezca el vaciado del estanque. El suelo más adecuado para los estanques es de barro pesado donde la filtración de agua es poco y solo se pueden tener perdidas por evaporación; un suelo muy rocoso o arenoso no es muy recomendable aunque puede ser sometido a tratamiento, mezclando arcilla con algo de cal; otra de las perdidas de agua es por raíces de árboles o arbustos así que es recomendable quitarlos. En análisis de suelo, la permeabilidad está relacionada con la estructura y el grado de consistencia y la cohesión de los materiales del suelo fácilmente se rompen con la presión de la mano formando fracturas individuales y de textura moderadamente fina ligeramente plásticos cuando están húmedos y moderadamente duros cuando están secos, de matiz ligeramente brillante.



XI. LITERATURA CITADA

Alvarado, D. J., T. Zubieta, R. Ortega, A. Chacón y R. Espinoza, 1985. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Biológicas* 1 1-22. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Álvarez V.J. (1950) ***Claves para la determinación de especies en peces de las aguas continentales mexicanas***. Dirección General de Pesca. Secretaría de Marina. México, D.F.

Álvarez V.J. (1970) ***Peces mexicanos (claves)***. Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional Investigaciones Biológico Pesqueras, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas, Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. Serie Investigación Pesquera 1: 415-515.

Álvarez V.J. (1972) Ictiología michoacana. V. Origen y distribución de la ictiofauna dulceacuícola de Michoacán. ***Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas***, México.11:415-515.

APHA-AWWA-WPCF. (1989) ***Standard methods for the examination of water and wastewater***. 17 ed. Ed. Washington D.C., U.S.A.

Arce U.E. y Luna F.J. (2003) Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *Revista Aquatic*. 18: 39-47.

Argueta A., Cuello y Lartigue F. (1986) ***La pesca en aguas interiores***. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.SEP., Serie: Los Pescadores de México. Vol. 13. Cuadernos de la casa chata N° 122. México. 218 p.



- Arredondo F.J.L. (1988) ***Criterios para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva***. Instituto de Biología, UNAM, México,D.F.
- Ayale N. (1988) Taxonomía de especies del género ***Chirostoma*** del lago de Pátzcuaro, tallas grandes (pescado blanco). Informe final de labores 1986-1988. C.R.I.P. Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de Pesca, Secretaría de Pesca (inéditos).
- Ayres H.G. (1970) ***Análisis químico cuantitativo***. 2ª edición, México,D.F.
- Barbour D.C. (1973b) The sistematic and evolution of the genus Chirostoma Swaiso (Pisces: Atherinidae). ***Tulane Studies Zoology and Botany***. Vol XVIII (3): 97-141
- Barbour D.C. y Miller R.R.(1978) A Revision of the Mexican Cyprinid fish genus ***Algansea***. ***Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology University Michigan***. 155, 1-72
- Barrera B. N. (1987) El balance morfogénesis-pedogénesis de una cuenca lacustre del Eje Neovolcánico Transmexicano: la región natural de Pátzcuaro, Michoacán. ***En***: D. Geissert y J.P. Rossingnol. La morfoedafología en la ordenación de paisajes rurales. Conceptos y primeras aplicaciones en México, INIREBORSTOM, México, 65-75.
- Bauer O.N., y G.L. Hoffman. (1976) Helminth range extension by traslocation of fish. ***Wildlife Diseases*** Plenum. Publ. Corp., Nueva York,163-172.
- Caballero J., Barrera N., Lot A. y Mapes C. (1981) Excursión a la cuenca del lago de Pátzcuaro. ***En***: Guías Botánicas de Excursiones en México, V. Congreso Mexicano de Botánica. Morelia, Mich., Sociedad Botánica de México.79-91.
- Ceballos. C. J.G., et al (1994) Análisis limnológico del lago de Cuitzeo, Michoacán México. Biología Acuática 1. Universidad Michoacana de San Nicolás



de Hidalgo. 45 pp.

Cifuentes L.J.L., Torres G.P., Frías M.M. (1990) ***El océano y sus recursos. Acuicultura.*** Fondo de cultura Económica, S.A. México D.F.

Coche A.L.T. (1985) ***Simple methods for aquaculture.*** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome,

Corona, N. J., 1946. Cuitzeo (Estudio antropogeográfico) Basal, Morelia, Michoacán, México 69.

Cortés, R, A., O. Mendivil, C. Cuevas, C. y J. L. GaTcla-Calderón, 1980. Algunos aspectos físicos-químicos y consideraciones sobre la pesca en el Lago de Cuitzeo, Michoacán (Estudio trimestral 1976 977). Memorias del Segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Departamento de Pesca Vol. 1:1978-2020.

Chacón T.A., Rosas-Monge C. y Alvarado D.J. (2000) The effects of hypereutrophication in a Mexican high altitude lake. **In:** Aquatic Ecosystems in Mexico (M.M. Munawar Editor). World Ecovision Series.

Chacón T. A., Múzquiz I. L. E. y Segura G. V. (1993). La importancia del cultivo de peces nativos en el desarrollo de la acuicultura regional. ***Paralelo Financiero***, 37: 30-32. Morelia, Michoacán.

Chacón T.A., Rosas-Monge C. y Ríos F.L.L. (1996) Aspectos reproductivos de la acúmara (Algansea lacustris (Steindachner 1895: Pisces: Cyprinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. **Zoología Informa**. 34: 27-47.



Chacón T. A., Pérez M.R. y Muzquíz I.L.E. (1991) ***Síntesis limnológica del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México***. Laboratorio de Biología Acuática. Escuela de Biología, UMSNH. Editorial Universitaria.

Chacón, T. A., 1980. Contribución al conocimiento de la ecología de la ictiofauna del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Tesis Profesional, Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Chacón T.A. (1989) A Limnological Study of Lake Pátzcuaro, México, Whith a Consideration of the applicability of remote sensing techniques. Tesis Doctoral, Instituto de Acuacultura, University of Stirling, Escocia, G.B.

Chacón T.A., Ross L.G., and Beveridge M. C. M. (1989) Lake Pátzcuaro, México: Results of the new morphometric study and its implications for productivity assessments. ***Hydrobiologia***,184: 125

Chackroff M. (1990) Piscicultura, ***Cultivo de peces en estanques de agua dulce***. Ed. Concepto, México D.F

De Buen F. (1940) Fases Ontogenicas de la Acúmara (Algansea lacustris) Steindachner del lago de pátzcuaro. ***Anales del Instituto de Biología***. Universidad Nacional Autónoma de México, México 12 (1): 345-354.

De Buen F. (1941) El lago de Pátzcuaro. Recientes estudios limnológicos. ***Revista Geográfica Instituto Panamericano Geografía Historia***, 1(1): 20-44.

De Buen F. (1943a) Los lagos michoacanos.I. Caracteres generales. El Lago de Zirahuén. ***Revista Sociedad Mexicana Historia Natural***. 4:11-32.

De Buen F. (1944) Limnobiología de Pátzcuaro. ***Anales del Instituto de***



De Buen F. (1944) Los lagos michoacanos,II. Pátzcuaro **Revista Sociedad Mexicana Historia Natural**, México, 5:99-125.

Demant A. (1978) Características del eje neovolcánico transmexicano y sus problemas de interpretacion **Revista Instituto de Geología.** Universidad Nacional Autónoma México 2(2):172-187.

FAO (1979) **Cría de peces de agua dulce.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).Roma, Italia.

García de L., F.J. (1985) Relaciones tróficas y reproductivas entre **Chirostoma estor** Jordan y **Micropterus salmoides** Lácepede, en el lago de Pátzcuaro, Mich., México. Boletín Coordinación de Investigación Científica. UMSNH. 1985 (8): 8-15.

García E. (1988) **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen,(para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana).** Instituto de Geografía, UNAM México D.F. 220 p.

Gerking D.S. (1978) **Ecology of freshwater fish production**, Oxford, London. 520 p.

González C.G. (1985) Madurez gonádica de **Algansea lacustris** Steindachner del lago de Pátzcuaro, Mich., determinada mediante muestreos biológicos en un ciclo de seis meses. Tesis Técnica. CONALEP, Pátzcuaro, Mich., México. 26 p.

Gorenstein S.H. y Pollard H.P. (1983) **The Tarascan civilization: A late prehispanic cultural system.** Vanderbilt University. Publications Antropology No. 28. Nashville, Tennessee, U.S.A. 199 p.



Gutiérrez N.L.C.A. 1996. Potencial geotérmico del lago de Cuitzeo. I Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán. Cuenca del lago de Cuitzeo. LXVII Legislatura y UMSNH. Morelia, Michoacán. 36-39

Hasenaka, T., y I. S. E., Carmichael, 1985. The Cinder Cones of Michoacan-Guanajuato, Central Mexico: their Age, Volume and Distribution, and Magma Discharge Rate. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25 (1-2):105-124.

Henderson H. F. (1974) Programa de evaluación de recursos para apoyar el desarrollo pesquero en aguas mexicanas. ***Contribuciones Estudios Pesqueros***. (8): 62 p.

Holm-Hansen O. y Riemann B. (1978) Chlorophyll-a determination: improvements in methodology. ***Oikos*** 30: 438-447

Huet M. (1973) ***Tratado de piscicultura***. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.

INEGI (1980a) ***Carta Topográfica***. E14A21. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México,D.F.

INEGI (1980b) ***Carta Topográfica***. E14A22. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México, D.F.

INEGI (1982c) ***Carta Edafológica***. E14A21. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México, D.F.

INEGI (1982d) ***Carta Edafológica***. E14A22. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México, D.F.



- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1985) **Síntesis Geográfica de Michoacán**. México, 316 p.
- Israde A.I. 1997. Neogene diatoms of Cuitzeo Lake, Central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt and their relationship with the volcano-tectonic evolution. *Quaternary International*. 43/44: 137-143
- Jensen R.J. y Barbour C.D.(1981) A phylogenetic reconstruction of the mexican cyprinid fish genus **Algansea**. *Systematic Zoology* 30(1): 41-57.
- Jerlov N. G. (1976) **Marine optics**. Elsevier.
- Jones J. G. (1979) **A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water**. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No.39, Great Britain.
- Juárez P.J.R. (1981) Efectividad de un alimento balanceado y tres malezas acuáticas en el crecimiento de la carpa herbívora (**Ctenopharyngodon idellus**) cuv. et. val.,1939. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*,10: 33-35.
- Juárez P.J.R. (1982) **La Piscicultura en la República Popular China**. Secretaría de Pesca. México, 103 p.
- Kirk J.T.O. (1981) Estimation of the scattering coefficient of natural waters using underwater irradiance measurements. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 32,533-539.
- Lamothe A. R. (1982) "Monogéneos parásitos de peces VIII. Descripción de una nueva especie del género **Octomacrum** Muller 1934. *Anales de Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México Serie Zoología. Vol. I: 31-36.



- Lara V.A. (1974) Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Pátzcuaro, ***Chirostoma estor*** Jordan 1879. Actas del Simposio sobre acuicultura en América Latina. Documentos de investigación. Montevideo, Uruguay. FAO Inf Pesca (159) Vol. 1: 113-116.
- Lara V.A. (1980) Introducción de nuevas especies al lago de Pátzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas. **En** II Simposio latinoamericano de acuicultura. Dpto. de Pesca México Vol. I: 489-524.
- Lewis W. M. (1983) A revised classification of lakes based on mixing. ***Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences***, 40:1779-1787.
- Lizárraga O.E. y Tamayo D.P.(1988) Análisis de la explotación pesquera del lago de Pátzcuaro, Michoacán. En el período de 1980-1987. (Manuscritos CRIP-PESCA, México)
- López Ch.F.J. (1993) Caracterización cariológica de la acúmara *Algansea lacustris* (Steindachner. 1895: Pisces. Cyprinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 56p.
- Mares B.G. y Morales P.J.J. (2003) Contribución al cultivo de pescado blanco *Chirostoma estor* en el Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Michoacán. En: Historia y avances del cultivo del pescado blanco. Dirección General de Investigación en Acuicultura. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA.143-154.
- Maldonado-Koerdell M. (1964) Geohistory and paleogeography of Middle America. **En**: Handbook of Middle American Indians (Ed. por R. Wauchope). Vol.1, Natural environment and early cultures. University of Texas press, Austin. U.S.A. Pp.3-32.



Margalef R. (1983) **Limnología**. Ed. Omega. Barcelona, España 1010 p.

Martínez V. y Durán R. (1985) Principales características hidrográficas y geomorfológicas de la cuenca del Río Chiquito de Morelia, Edo. Michoacán. Memorias del X Congreso Nacional de Geografía. Morelia, Mich. Marzo de 1985. Tomo 1, 174-190 p.

Medina G.C. (1992). Contribución al conocimiento florístico de la microcuenca del Río Chiquito de Morelia, Mich. México. Tesis para obtener Licenciatura de Biología. Fac. de Biología. U.M.S.N.H.

Melack J.M. (1976) Primary productivity and fish yields in tropical lakes. **Transactions of the American fisheries society**. 105,575-580

Morales D.A. (1974) **El Cultivo de la Tilapia en México**. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP. 25 p.

Munsell Color Co. Inc. (1975) **Munsell Soil Color Charts**. Baltimore, Maryland. U.S.A.

Múzquiz I.L.E. (1989) Análisis estadístico del clima de la Ciudad de Morelia, Michoacán México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, UMSNH.

Nixon G.T. (1982) The relationship between Quaternary volcanism in central México and the seismicity and structure of subducted ocean lithosphere. **Geological Society of America Bulletin** 93, 514-523.

Odum, H. T., 1956. Primary Production in Flowing Waters. *Limnology and Oceanography* 1:102-117.

Ortega M. R. (1985) Contribución al conocimiento del fitoplancton del lago de Cuitzeo, Mich., México. Tesis profesional. Escuela de Biología. Universidad



Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 109 p.

Rauda J. (1987) Contribución al conocimiento de la biología pesquera del charal pinto ***Chirostoma patzcuaro*** Meeck 1902 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich. México. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, UMSNH.

Rivera H. (1987) Algunos aspectos biológicos de la Acúmara, ***Algansea lacustris*** Steindachner, recurso pesquero del lago de Pátzcuaro, Michoacán. CRIP Pátzcuaro.

Rivera H. Orbe, A.(1988) Estado actual del conocimiento de la biología, cultivo y pesquería de la acúmara (***Algansea lacustris***) C.R.I.P. Pátzcuaro, Michoacán.

Rivera H. Orbe, A. (1990) Determinación de la densidad óptima para producción intensiva de crías de Acúmara, ***Algansea lacustris*** en estanquería de concreto. CRIP. Pátzcuaro, Michoacán.

Pompa L. I.Y. (1995) Impacto del Deterioro ambiental del lago de Cuitzeo en organizaciones de pescadores de la ribera. Tesis de maestría, Dirección de Centros Regionales de la Universidad Autónoma de Chapingo. 143p

Rojas M. J. y Novelo R. A. (1995) Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana (31): 1-17 p

Rosas-Monge, C y Chacon T.A. **Advances to increase restocking of native fishes in Lake Patzcuaro, Mexico. Uses and effects of cultured fishes in aquatic ecosystems. American Fisheries Society Symposium. Vol. 15.**

Rosas M.M. (1976) Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies: ***En*** Memorias del simposio



sobre pesquerías de aguas continentales de México. Sria. Indus. Comer. Inst. Nal. Pesca. México. 299-366 pp.

Rosas M.M. (1982) ***Biología Acuática y Piscicultura en México***. Serie de materiales didácticos en ciencia y tecnología del mar. SEP.

Rubin R. (1974) ***La Piscifactoria cría industrial de los peces de agua dulce***. Cia. Editorial Continental S.A. de C.V. México, D.F. 191 p.

Russell-Hunter W. D. (1970) ***Productividad acuática***. Introducción a algunos aspectos básicos de la Oceanografía biológica y de la Limnología. Editorial Acriba, España.

Rzedowski J. (1978) ***Vegetación de México***. Editorial Limusa, México. 423 p

Secretaría de Pesca (1981) FONDEPESCA. ***Instalaciones piscícolas*** México, D.F.

Secretaría de Pesca (1982) ***Cría de peces de agua dulce***. Dirección General de Acuacultura, México, D.F.

Secretaría de Pesca (1986) ***Piscicultura de agua dulce***, 1a edición, México, D.F.

Sevilla H. Ma.L. (1981) ***Introducción a la acuicultura***. Editorial Continental S.A. México, D.F.

Solórzano P.A. (1955) ***La pesca en el lago de Pátzcuaro, Mich. y su importancia económica regional***. Sria. Marina, Dir. Gral. Pesca., México. 58 p.

Stirling P.H. (1985) ***Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Acuaculturists***. Institute of University of Stirling. Scotland 119.



- Toledo V. M., Caballero J. Mapes y Barrera N., Argueta A.Y Nuñez M. A. (1980) Los P'urepechas del lago de Pátzcuaro: Una aproximación ecológica de América. ***América Indígena***, México. 40 (1): 17-55.
- Toledo M.V.M. y Barrera B.N. (1984) ***Ecología y desarrollo rural en Pátzcuaro. Un modelo para el análisis interdisciplinario de comunidades campesinas.*** Instituto de Biología, UNAM. 224 p.
- Trunsell R.P. (1972) The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH levels and temperatures. ***Journal of the Fisheries Research Board of Canada***, 29,106,481-488
- Villaseñor Gómez, Laura E. (1994) Avifauna Terrestre y Acuática en el Lago de Cuitzeo". ***Ciencia Nicolaita*** No. 5.
- Vollenweider R.A.(1969) ***A manual on methods for mesuring primary productions in acuatic environments.*** International Biological Programme. Hanbook No. 12, 1st edition. Blackwell,Oxford.
- Walkley A.C. y Black J.A. (1934) An Examination of the Detjareff Methods for Determining Soil Matter and Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Methods ***Soil Science*** 37: 29-38.
- Watts W.A. y Bradbury J.P. (1982) Paleoecological studies at Lake Pátzcuaro on the west central Mexican Plateau and Chalco in the basin of Mexico. ***Quaternary Research***, 17:56-70.
- Zubieta R. T. (1985) Estudio sobre los hábitos alimenticios de seis especies de peces del lago de Cuitzeo, Mich. Tesis profesional. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 55 p

