



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

Facultad de estudios Superiores Iztacala

**“CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGÍA DEL GÉNERO
Pterygoplichthys DE LA PRESA EL INFIERNILLO MICHOACÁN
MÉXICO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
CARLOS DARIO CASTAÑEDA PÉÑALOZA

DIRECTOR: JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ PÉREZ

LOS REYES IZTACALA EDO DE MEXICO

2010





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre Carlos Castañeda Cervantes que aunque ya no esté conmigo siempre lo recordare y amare por el resto de mi vida y agradecerle por los buenos consejos de vida y por su gran apoyo que me brindó desde el cielo que fue fundamental para concluir este paso importante en mi vida.

A mi madre María Elena Peñaloza Garibay por ser un gran ejemplo de vida para mí y ocupar un lugar muy especial en mi corazón también darle las gracias por apoyarme y aconsejarme en esos momentos difíciles ya que sin esos consejos no hubiera podido concretar esta etapa fundamental de mi vida te estaré eternamente agradecido muchas gracias mamá.

A mi hermana Alejandra y a Jesús que son partes fundamentales de mi vida y que ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a todos mis profesores que me formaron académicamente a lo largo de la carrera.

A mi asesor Biol. José Antonio Martínez Pérez y a mis profesores del modulo de Zoología por todo el apoyo que me dieron para la realización de este trabajo.

A mis amigos del laboratorio Jacob y Vero por apoyarme en la realización de este trabajo con sus comentarios y sus charlas constructivas que enriquecieron la calidad de este trabajo.

A todos mis amigos: Villa, Daniel, Juan Pablo, Yair (yayo), Luis (el moy), Miguel, Adrian, Ilce, Karen Karla, Ana, Sandra, Zayra, Monica, Erick, Paco, Lalo, Betzen, Naybi, Isabel, Paulina, Ángel, Anel, Alejandra, Luz, Erika, Cintia, Tania, Mariana y a toda la banda que estuvo conmigo a lo largo de la carrera y que hicieron de esta una experiencia que jamás olvidare.

ÍNDICE

Introducción.....	1-2
Antecedentes.....	3
Objetivos.....	4
Área de estudio.....	4-5
Metodología.....	6
Posición sistemática.....	7
Descripción del género.....	8-10
Análisis de resultados.....	11-37
• Patrones morfométricos	
• Relación Peso Talla	
• Descripción de las <i>Spp.</i>	
• Contenido estomacal	
• Ubicación y descripción de otolitos	
• Corte histológico	
• Elaboración harina de pescado	
Conclusiones.....	38
Literatura Citada	39-41

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGÍA DEL GÉNERO *Pterygoplichthys* DE LA PRESA EL INFIERNILLO, MICHOACÁN, MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Introducción

La presa Infiernillo (Adolfo López Mateos), construida entre 1962 y 1963, se encuentra ubicada en los límites de Michoacán y Guerrero (18°52'-18°15' norte y 101°54'-102°55' oeste); con una longitud máxima de 120 kilómetros, soporta un volumen máximo de 11860 mm³; fue construida con el objeto de generar energía eléctrica y comenzó a funcionar en 1964. La ictiofauna de la presa comprendía diversas especies nativas como: *Cichlasoma istlanum*, *Hybopsis boucardi*, *Ictalurus balsanus*, *Poeciliopsis balsas*, *Atherinella balsana*, *Astyanax mexicanus* e *Ilyodon white*. En 1969 se introdujeron algunas especies exóticas, entre ellas cuatro de tilapia: *Oreochromis mossambicus*, *O. aureus*, *Tilapia rendalli* y *T. zillii* y tres de carpas: *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* e *Hypophthalmichthys molitrix* (L. Espino, 2002).

La pesca comercial se inició en 1970 y desde entonces representó la principal actividad económica de 119 comunidades ubicadas alrededor de la presa (Torres Oseguera, 2005). Gracias a estas últimas especies, la presa se convirtió en la pesquería de agua dulce más importante del país, con una producción anual promedio que llegó a superar las 20,000 toneladas; esta cifra ha venido decreciendo debido a la introducción del pez diablo (plecostomo), perteneciente a la familia Loricariidae. Esta familia está conformada por cerca de 80 géneros y alrededor de 700 especies; es la familia más extensa perteneciente al orden Siluriformes (Armbruster, 2006.) Los loricáridos son endémicos de Sudamérica (ausentes en Chile, Panamá y Costa Rica), se caracterizan por tener largos platos de hueso, y una boca ventral succionadora, con o sin barbillas. No se tienen registros de cómo este pez llegó a la presa del Infiernillo, pero se tienen referencias de que en 1995 se detectaron por primera vez en el río Mezcala, en la cuenca del río Balsas. Posteriormente, se han registrado en Tecpatán, Chiapas, en la cuenca del río Grijalva, así como en varias localidades cercanas a

Villahermosa, Tabasco, principalmente en el río Usumacinta y sus vertientes; también se detectaron en la presa Infiernillo y en el mismo río Balsas. Durante los últimos tres años, los plecostomos se han expandido rápidamente y actualmente es común encontrarlos en varias de las cuencas hidrológicas más grandes del país. Este fenómeno se ha caracterizado por una alta tasa de dispersión y una significativa proliferación de sus poblaciones, lo que ha provocado una súbita abundancia de organismos juveniles, demostrando el establecimiento de sus poblaciones en los nuevos sitios (Mendoza, 2007).

Las características adaptativas de estos peces hacen que puedan explotar los recursos de su entorno, desplazando a las especies de importancia económica. En estos embalses encuentran las condiciones idóneas para su reproducción, ya que los depredadores naturales de los plecostomos son escasos o nulos, primero por el tipo de ambientes que utiliza y segundo por la estructura ósea de su cuerpo; se sabe que en su hábitat de origen el depredador natural es el cocodrilo (Muñiz y Brugnoli, 2000).

Debido a lo anteriormente mencionado, un problema agudo en las pesquerías de este embalse, es que las poblaciones que habían florecido en tiempos anteriores a la introducción de los loricáridos, se han visto disminuidas, lo que ha repercutido en los pescadores de este embalse. Normalmente, el crecimiento de estos organismos es rápido y la mayor parte de las especies son de tamaño pequeño o mediano, aunque algunas pueden alcanzar tallas de 50 centímetros y ocasionalmente hasta 70, llegando a pesar hasta tres kilogramos.

El trabajar con estos organismos implica una gran dificultad, ya que la determinación de las especies es muy compleja, tomando en cuenta que las descripciones de estos organismos se basan en los diferentes patrones de pigmentación, los cuales son muy confusos debido a la gran semejanza de estos. Aún existen varias especies no descritas, de las cuales al menos una docena han sido reportadas no solo como exóticas, sino como invasoras en diversas regiones del planeta como México, Estados Unidos (Texas, Florida, Hawaii), Taiwán, Filipinas, y Singapur (Mendoza *et al.*, 2006). Actualmente existen varias especies en nuestro país (dos o más *Hypostomus* spp, cuatro o más *Pterygoplichthys* spp y otras aún no confirmadas). Por

lo antes mencionado se desconoce gran parte de la biología de las especies comprendidas en esta familia.

Antecedentes

Entre los estudios previos realizados en la zona se mencionan los trabajos de Cortés y Arredondo (1976), que reportan las características hidrológicas del embalse, clasificándolo como mesotrófico con fuerte tendencia al eutrofismo. En el mismo sentido, Jiménez *et al.* (1994), llevan a cabo un estudio limnológico, caracterizando al embalse como eutrófico con características híper eutróficas.

(Hoover, et al., 2004), realizan un boletín sobre la destrucción de los ecosistemas acuáticos de los Estados Unidos de Norteamérica, debido a la introducción de los plecostomos. Armbruster en el 2005, hizo la redescipción de *Pterygoplichtys punctatus*; así mismo, describió a *Pterygoplichtys weberi* como una nueva especie, basándose en los patrones de pigmentación y en la papila bucal dividida. En 2005, Birindelli describe una nueva especie (*Hypostomus chrysostiktos*) en el río Paraguacu, Bahía, estado de Brasil. Lawrence 2006, realizó una identificación de varias especies de Loricáridos en el sureste de Asia. Tom Geerinckx en 2007, trabajó con el desarrollo en el osteocraneo del pez gato acorazado *Ancistrus triradiatus* (Loricariidae, Siluriformes).

Wakida en el 2007, reportó la presencia de 2 nuevas especies *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus* en los ríos San Pedro y Palizada en el estado de Campeche. Mendoza, 2006 describe a estos organismos como las especies invasoras de alto impacto en la presa Infiernillo.

Como puede observarse, la mayoría de los trabajos sobre estos peces se basan en descripciones morfológicas y en el impacto que causan a los ecosistemas como especies invasoras; no se tienen antecedentes sobre la biología de estos organismos, por lo que en el presente trabajo se pretenden cubrir los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Contribuir al conocimiento de la biología del género *Pterygoplichthys*.

Objetivos particulares:

- Describir las características morfológicas distintivas de los peces.
- Determinar la proporción sexual de hembras y machos.
- Conocer los aspectos reproductivos a través del corte histológico de gónadas.
- Conocer los tipos alimentarios de estos organismos.
- Proponer un aprovechamiento comercial de estos organismos.

Área de Estudio

La presa el Infiernillo se localiza a Latitud norte 18° 43'43.28" y Longitud oeste 101° 44'20.13". La presa se ubica entre tres regiones: la Cordillera Costera del Sur, la depresión del Balsas-Tepalcatepec y las estribaciones sureñas del Eje Neo volcánico Transversal, que en su conjunto forman la provincia fisiográfica de la Depresión del Balsas, correspondiente a la cuenca hidrológica del Balsas. El clima es de tipo BS (h') w" (w) (i) g, es el más seco de los BS (cociente P/T mayor que 22.9) cálido con lluvias en verano (García, 1988). La temperatura ambiental promedio es de 28.2°C; el período más seco se registra en invierno (Bernal, 1984); estas características se extienden a lo largo de la depresión hasta altitudes entre los 400 y 800 metros. La precipitación media anual es de 492 a 530 mm. Los suelos son de tipo sedimentario, el relieve es plano y poco inclinado, profundo con buen drenaje y con niveles freáticos que se presentan a varios metros de la superficie, es un suelo prácticamente aluvial. Los suelos corresponden a los tipos chemosem, pradera de bajiplanicie o montañas y chesnut y su textura va desde arenosa a arcillosa, siendo suelos ricos o pobres de humus de color café, gris, amarillo o rojo (Correa y Rodríguez, 1973). La cuenca del Balsas permaneció

sumergida en el cretácico inferior y ascendió hacia el cretácico superior. La transgresión del cretácico permitió el depósito de calizas. Hacia el final del campaniano, un vigoroso levantamiento salva la totalidad del territorio michoacano de las aguas ocupantes. En el cenozoico, la actividad orogénica se intensifica: la base continental continúa en ascenso, las aguas de los mares se alejan y el litoral del Pacífico queda establecido. En el transcurso del mioceno y el plioceno los plegamientos afectan la parte sur del altiplano mexicano; como consecuencia, desde hace 31 millones de años se origina la forma actual de la depresión del Balsas (Correa y Rodríguez, 1973).



Fig1. Imagen satelital de la presa el Infiernillo.

Método

-Los organismos se capturaron en los meses de Junio del 2008 a agosto del 2010, utilizando una red agallera, con abertura de malla de una pulgada; posteriormente se fijaron con formol al 10% para su traslado al laboratorio de Zoología de la FESI.

- Una vez en el laboratorio, se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de formol.
- Posteriormente se tomaron los datos morfométricos como: longitud patrón, longitud cefálica y altura del cuerpo; además, se pesaron y obtuvieron los datos merísticos.
- Se realizó la disección de los organismos para extraer el tracto digestivo y analizar su contenido, con la ayuda del microscopio estereoscópico.
- Se analizó el contenido estomacal y se clasificó hasta el nivel taxonómico posible.
- También se extrajeron las gónadas para determinar el sexo de los organismos.
- Por último, se procesaron las gónadas mediante la técnica histológica de rutina para su posterior análisis.
- Se tomaron fotografías de los organismos para determinar el patrón de pigmentación y poder determinar las posibles especies existentes dentro del embalse.
- Se extrajeron los otolitos (lapilus) para realizar su descripción.
- Se diseñó un secador solar de 1.5m de diámetro el cual se utilizó para la deshidratación de los peces para la posterior realización de harina de pescado.

Posición sistemática de los organismos.

Reino.....Animalia

Phylum.....Chordata

Clase.....Actinopterygii

Subclase..... Neopterygii

Infraclase.....Teleostei

Súper orden.....Ostariophysi

Orden.....Siluriformes

Super familia.....Loricarioidea

Familia.....Loricariidae

Subfamilia... Hypostominae

Género...Pterygoplichthys

Descripción del género *Pterygoplichthys*.



Fig2. Vista lateral de un pez del género *Pterygoplichthys*.



Fig.3.Vista frontal de un pez del género *Pterygoplichthys*.

El género *Pterygoplichthys* tiene hábitos bentónicos, por lo que la forma del cuerpo es deprimida; la boca se encuentra en posición inferior. Posee escamas modificadas, que se fusionan formando una especie de caparazón; de acuerdo a Armbruster, 2006, estas escamas son denominadas platos, que se caracterizan por presentar proyecciones muy finas a ambos lados, denominadas odontodos, así como proyecciones centrales conspicuas conocidas como quillas, que se encuentran presentes en todas las hileras de las placas.

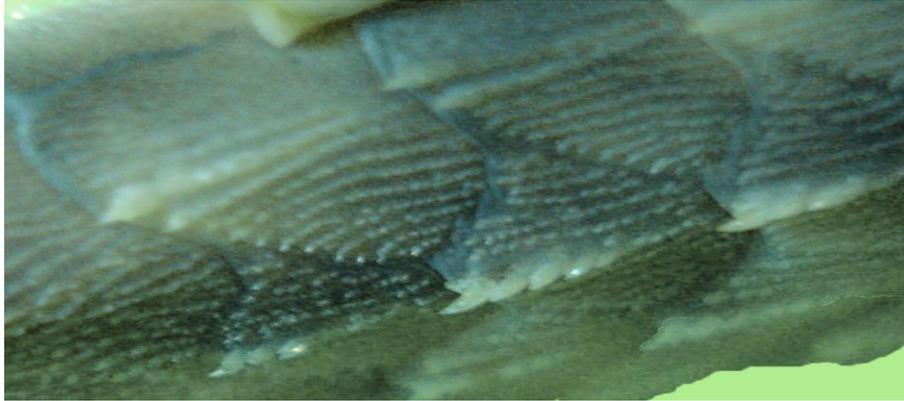


Fig.3. Quillas y odontodos en las placas laterales.

En la aleta dorsal presentan 1 espina y 12 a 13 radios. Otra característica distintiva de estos organismos es que tienen espinas en las aletas pectorales, lo cual no es común ya que la mayor cantidad de peces óseos no presentan espinas en las aletas pectorales, estas espinas están cubiertas por pequeños odontodos que corren a lo largo de ésta.



Fig.4. Espina de aleta pectoral y odontodos de la espina.

La espina de la aleta pectoral es fuerte, alcanza posteriormente los rayos de la aleta pélvica; la aleta pectoral está inserta en el mismo plano que la aleta pélvica, de tal manera que la espina, cuando está deprimida paralelamente con el cuerpo, descansa en el tope y está en contacto con la aleta pélvica. La aleta anal cuenta con un primer rayo modificado relativamente fuerte, que porta odontodos. La aleta adiposa consiste de platos pre adiposos medianos no pareados y fuertes, así como una espina puntiaguda; la membrana de la aleta

adiposa no alcanza la aleta caudal (Armbruster, 2006). La fórmula radial de sus aletas es: pectoral I,6, la pélvica I,5, anal I,4 y caudal I,14,I.

La parte ventral de estos organismos es plana y se caracteriza por presentar un patrón de pigmentación muy peculiar y complejo, estos patrones de pigmentación son empleados como carácter taxonómico para definir a las diferentes especies del género (Armbruster, 2006). En la parte anterior se distingue una boca amplia la cual está conformada por unas carnosidades pronunciadas en forma de labios, en los cuales se pueden distinguir papilas gustativas que utilizan para buscar su alimento. Alrededor de la boca se pueden apreciar los dientes, los cuales son pequeñas estructuras delgadas a manera de cepillo, que están insertas en la periferia de la boca utilizándolas para obtener su alimento.



Fig.5. Diferentes patrones de pigmentación en la parte ventral de los peces del género *Pterygoplichthys* presentes en la presa el Infiernillo.

Análisis de Resultados:

Se colectaron 171 organismos que van desde las tallas de 76 mm hasta 236 mm.

# Organismos	# Salida	Hembra	Macho	Indefinido
60	1	21	12	27
26	2	12	9	5
32	3	13	8	11
53	4	29	24	7
171		46	29	43

Gráfica 1. Relación hembra-macho del género *Pterygoplichthys* en la presa "El Infiernillo"

Org	L.P	L.C	Altura	Peso
1#	171	32	15	85.5
2	180	32	16	104.1
3	166	27	16	87.3
4	152	24	15	81.5
5	137	24	14	64.4
6	145	24	14	69.5
7	161	26	14	72
8	155	25	17	96.4
9	152	21	15	72.1
10	166	26	17	89.2
11	153	24	15	70
12	105	10	6	25.9
13	169	25	16	78.8
14	156	21	15	84.4
15	157	24	12	74
16	140	18	11	52.5
17	188	43	46	116.2
18	172	35	37	95.2
19	165	44	34	101.8
20	155	43	35	78.9
21	154	44	32	70.6
22	155	33	37	69.7
23	160	46	29	78.3
24	149	43	30	67
25	143	36	27	55
26	157	43	39	89.5
27	155	44	37	83.1
28	164	42	38	81.1
29	122	35	26	44.6
30	161	46	39	99.2
31	101	28	31	27.6
32	147	42	29	60.1
33	162	49	30	87.6
34	157	48	27	88.7
35	203	55	41	193.6
36	195	51	36	144.5

37	197	56	39	162.5
38	176	48	31	177.4
39	171	45	36	118.3
40	159	46	37	106.1
41	166	48	33	100.1
42	153	48	30	85.5
43	156	46	32	80.9
44	136	47	29	62.3
45	137	46	28	65
46	157	48	29	80.6
47	162	46	33	95.2
48	145	45	29	67.3
49	143	44	27	75.3
50	135	42	26	67.2
51	137	41	27	55.5
52	114	31	23	39.8
53	92	24	17	18.7
54	89	22	15	15.9
55	78	26	17	14.3
56	79	23	17	14.5
57	75	20	15	12.6
58	87	25	16	15.6
59	76	22	14	10.7
60	77	21	16	13.2

Gráfica 2. Datos morfométricos salida 1 agosto del 2008.

# Organismo	L.P	L.C	Altura	Peso
1				
2	174	52	34	120.5
3	145	44	28	56
4	211	61	35	149.1
5	236	71	43	264.5
6	127	33	31	48.9
7	185	48	39	124.2
8	148	39	34	92.9
9	161	43	34	78.7
10	153	39	30	69.4
11	168	37	41	101.9
12	170	44	38	106.2
13	152	40	29	67.5
14	139	33	29	55.9
15	156	43	31	90.4
16	140	36	28	67.2
17	137	39	37	77.2
18	130	34	26	47.8
19	140	34	31	64

20	181	45	38	119.2
21	162	43	39	106.3
22	154	38	30	82.9
23	146	33	28	72.1
24	150	36	32	69.6
25	152	40	30	73.3
26	111	22	22	21.5

Gráfica 3. Datos morfométricos salida 2 Enero 2009.

# Org	L.P	L.C	Altura	Peso
1	171	32	15	85.5
2	180	32	16	104.1
3	166	27	16	87.3
4	152	24	15	81.5
5	137	24	14	64.4
6	145	24	14	69.5
7	161	26	14	72
8	155	25	17	96.4
9	152	21	15	72.1
10	166	26	17	89.2
11	153	24	15	70
12	105	10	6	25.9
13	169	25	16	78.8
14	156	21	15	84.4
15	157	24	12	74
16	140	18	11	52.5
17	188	43	46	116.2
18	172	35	37	95.2
19	165	44	34	101.8
20	155	43	35	78.9
21	154	44	32	70.6
22	155	33	37	69.7
23	160	46	29	78.3
24	149	43	30	67
25	143	36	27	55
26	157	43	39	89.5

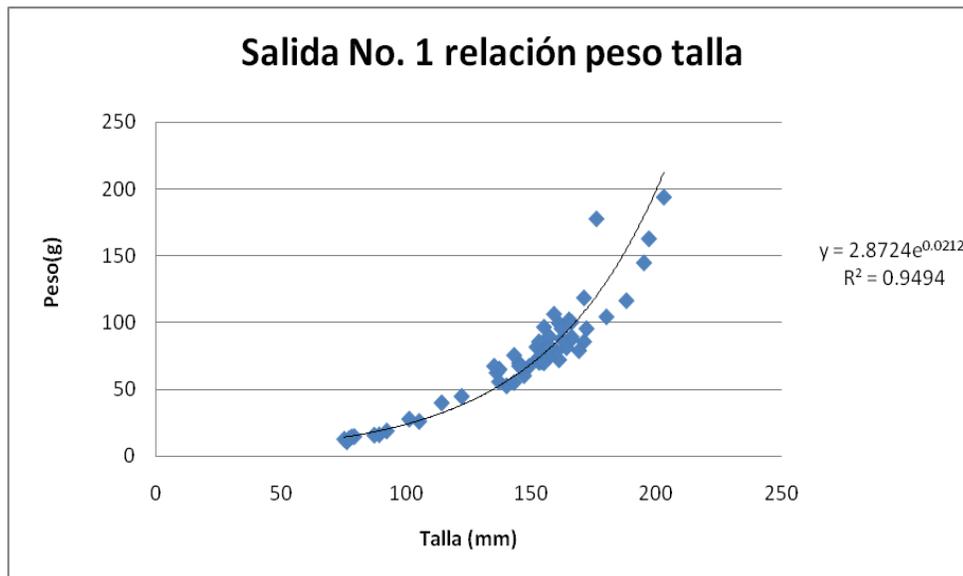
27	155	44	37	83.1
28	164	42	38	81.1
29	122	35	26	44.6
30	161	46	39	99.2
31	101	28	31	27.6
32	147	42	29	60.1

Gráfica 4. Datos morfométricos salida 3 Octubre de 2009.

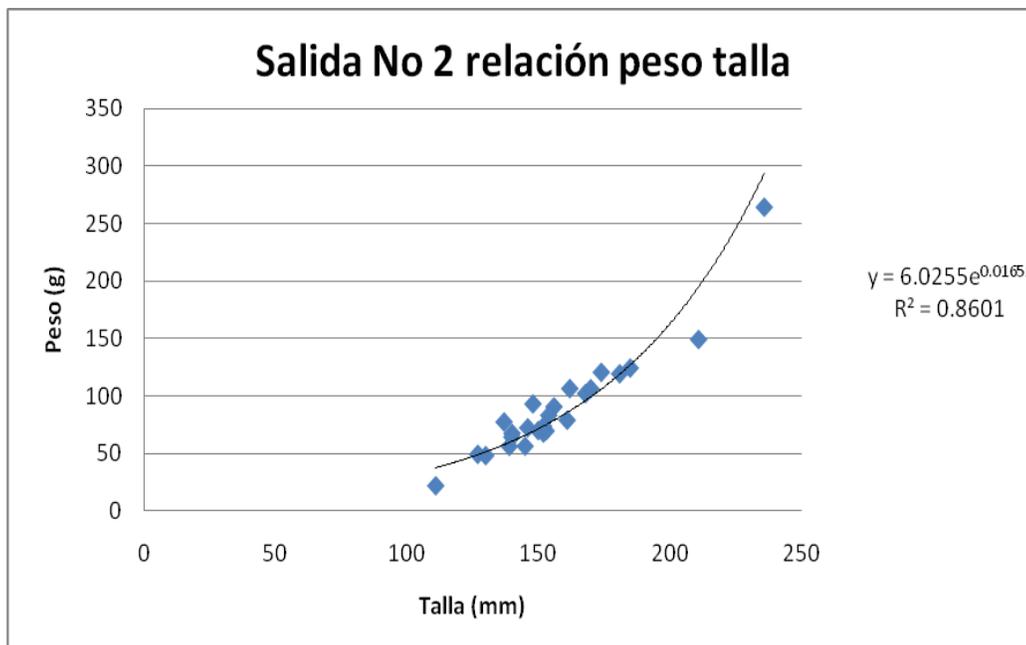
# Org	L.P	L.C	Altura	Peso
1	185	55	40	137.7
2	155	45	34	86.3
3	135	41	39	54.5
4	147	41	39	75.3
5	159	42	31	83.8
6	162	47	35	91.8
7	186	50	41	120.8
8	152	41	31	69.6
9	148	39	30	81.4
10	155	38	33	97.2
11	181	48	40	120.4
12	134	36	32	59.6
13	145	37	33	68.2
14	149	36	31	74.2
15	170	44	37	95
16	142	34	25	53.9
17	135	34	29	78.9
18	143	39	31	56.8
19	138	38	30	63.2
20	156	41	32	83.5
21	145	40	36	68.5
22	147	39	32	61.5

23	143	41	34	70.8
24	152	40	33	72.2
25	136	34	28	54.2
26	146	40	30	60.8
27	155	45	32	70.5
28	146	39	28	58.6
29	165	45	35	83.2
30	137	43	26	54.5
31	152	39	31	85.2
32	175	45	34	104.6
33	147	40	36	78.9
34	134	37	32	62.1
35	149	42	30	67.6
36	152	41	32	101.8
37	154	39	33	79.3
38	173	44	33	100.8
39	142	38	30	51.2
40	134	35	25	48.5
41	147	39	32	74.4
42	156	40	37	89.8
43	185	47	33	94
44	137	36	28	60.8
45	140	37	30	55.6
46	142	38	30	71.2
47	135	35	27	51.8
48	146	34	30	67.2
49	143	35	29	45.2
50	153	40	33	58.3
51	151	41	34	80.2
52	146	36	27	63.1
53	154	39	32	72.2

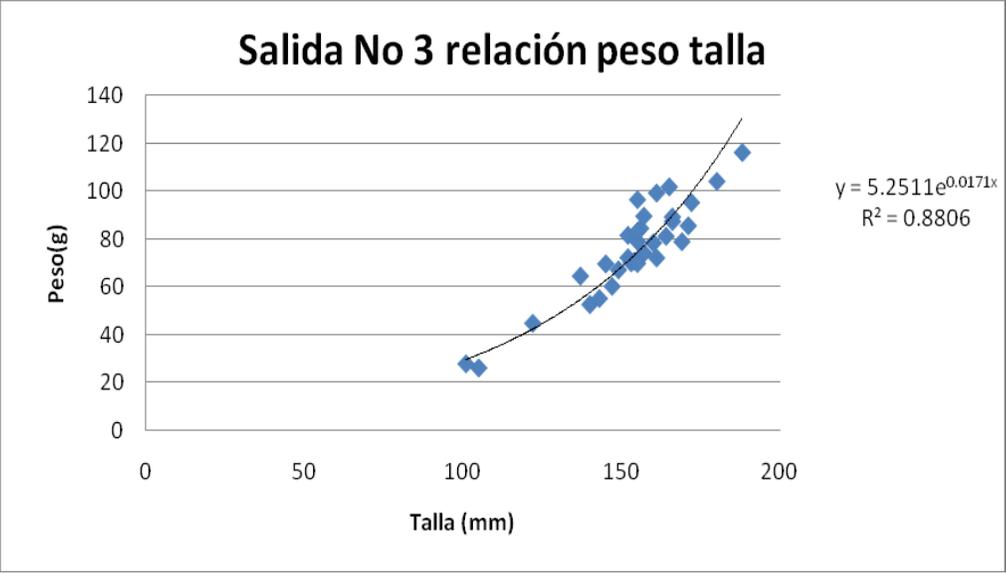
Gráfica 5. Datos morfométricos salida 18 Agosto de 2010.



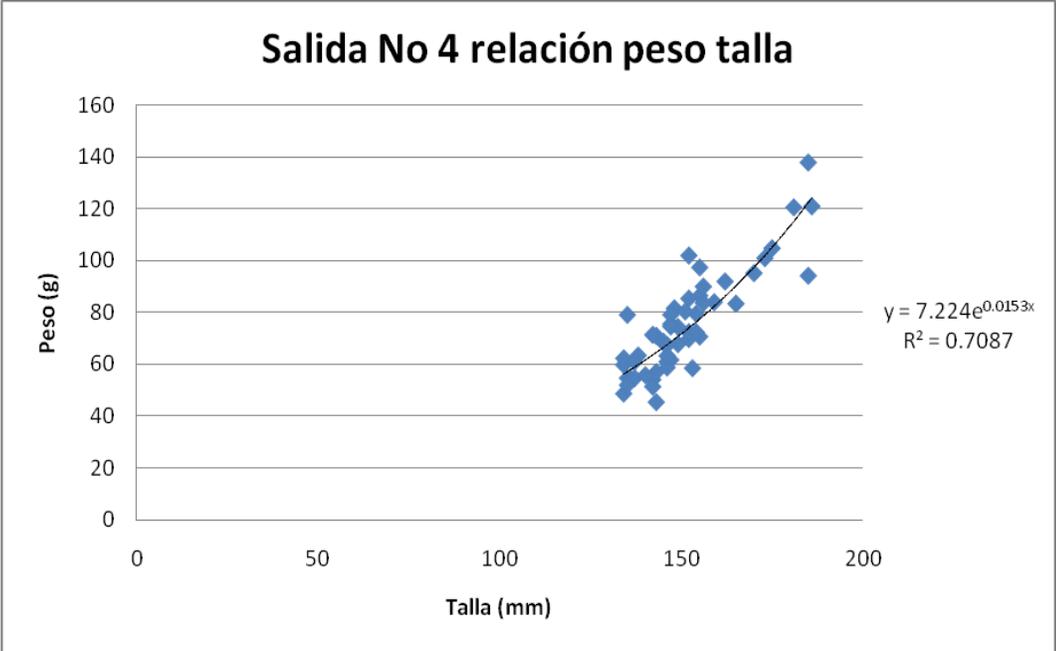
Gráfica 6. Relación Peso-Talla del género *Pterygoplichthys* en la presa "El Infiernillo" Salida 1.



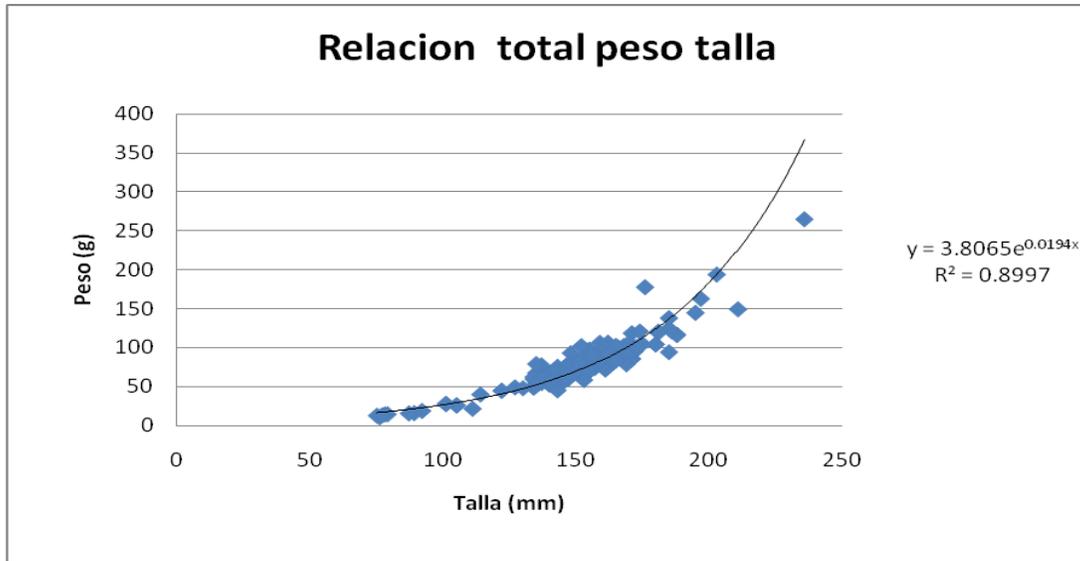
Gráfica 7. Relación Peso-Talla del género *Pterygoplichthys* en la presa "El Infiernillo" Salida 2.



Gráfica 8. Relación Peso-Talla del género *Pterygoplichthys* en la presa “El Infiernillo” Salida 3.



Gráfica 9. Relación Peso-Talla del género *Pterygoplichthys* en la presa “El Infiernillo” Salida 4.



Gráfica 10. Relación total de Peso-Talla del género *Pterygoplichthys* en la presa “El Infiernillo”.

Todos los organismos colectados fueron identificados como pertenecientes al género *Pterygoplichthys*, de acuerdo a Weber (1992), Armbruster (2004), Page & Robins (2006), Armbruster & Page (2006) y Chávez *et al.* (2006); de los organismos colectados se tienen bien identificadas 2 especies:

Pterygoplichthys pardalis es una especie que se caracteriza por poseer un patrón geométrico de líneas claras en la cabeza, así como puntos en el abdomen de los adultos; usualmente no se unen más de 5 puntos para formar vermiculaciones cortas (grecas); los puntos se encuentran a lo largo del abdomen en un fondo blanco con manchas negras. Los juveniles presentan manchas en forma de V a lo largo del abdomen.



Fig6. Vista ventral de *Pterygoplichthys pardalis*.

A diferencia de la especie anterior, *Pterygoplichthys disjunctivus* tiene puntos y marcas en la cabeza, sin un patrón geométrico de líneas claras en la misma; casi todos los puntos del abdomen de los adultos coalescen para formar vermiculaciones, los puntos laterales generalmente están separados y no forman manchas en forma de V. Los juveniles pueden tener puntos separados en el abdomen y manchas en la parte lateral de los organismos.



Fig7. Vista ventral de *Pterygoplichthys disjunctivus*.

Como puede apreciarse, las dos especies anteriormente descritas presentan patrones de pigmentación perfectamente bien definidos, tanto dorsal como ventralmente. Los organismos que no fueron identificados no presentaban patrones claros de pigmentación que estuvieran descritos en la literatura, esto puede deberse a posibles nuevas especies o a un proceso de hibridización que se ha dado dentro de la presa (Armbruster, comunicación personal); esto se puede atribuir a las condiciones favorables que tienen estos organismos dentro del embalse. Una de las ventajas de estos peces es la carencia de depredadores naturales dentro de la presa, lo cual ha propiciado que tengan un incremento de forma exponencial, lo cual no sucede en otras latitudes, ya que en su hábitat nativo son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes (Mendoza 2007). Por otro lado, presentan una alta tasa reproductiva y cuidado parental, lo que trae como consecuencia una elevada supervivencia larval. Además de lo mencionado anteriormente, los peces encuentran el lugar adecuado para cavar sus madrigueras, tal como está documentado por Hoover, et al., 2004.



Fig. 8. Madrigueras hechas por peces del género *Pterygoplichtys* en la ribera del río San Antonio Texas, tomada de Hoover 2004.

Sumado a todo esto, tienen una gran disponibilidad de alimento, ya que el cuerpo de agua tiene tendencia al eutrofismo (Cortez y Arredondo 1976, Jimenez et al.1994), lo que genera que haya una gran cantidad de materia orgánica a su disposición, lo cual ha favorecido el incremento de las poblaciones de forma exponencial y esto a su vez ha generado las condiciones adecuadas para que se diera una cruce entre las diferentes especies del embalse y haya propiciado una posible hibridización.

Estos organismos cuentan con un sistema digestivo particular y complejo, con un tracto intestinal sumamente alargado, (Fig.8) en el cual se aprecia una gran cantidad de grasa que envuelve al sistema digestivo mediante un abundante líquido amarillo aceitoso; por el intestino transita y se absorbe la aportación nutricional del alimento, que básicamente está constituido por algas filamentosas bentónicas, detritus y fundamentalmente acompañada abundantemente de lodo.



Fig.9. Corte por la parte ventral del organismo se puede apreciar intestino de peces del género *Pterygoplichthys*.



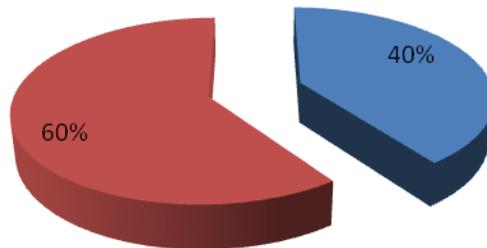
Gráfica.11. Contenido estomacal del género *Pterygoplichthys* Salida 1.



Gráfica 12. Contenido estomacal del género *Pterygoplichthys* Salida 2.

Analisis de contenido estomacal Octubre 2009

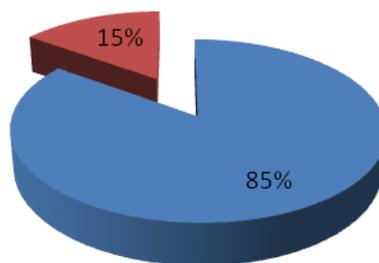
■ Algas ■ Detritus ■ Abundante grasa



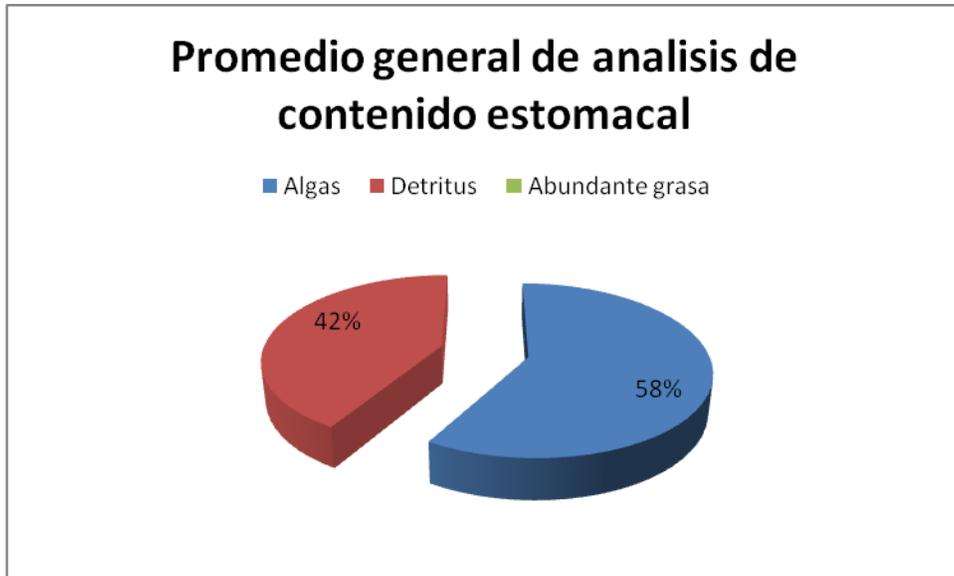
Gráfica 13. Contenido estomacal del género *Pterygoplichthys* Salida 3.

Analisis de contenido estomacal Agosto 2010

■ Algas ■ Detritus ■ Abundante grasa



Gráfica 14. Contenido estomacal del género *Pterygoplichthys* Salida 4.



Gráfica 15. Promedio del contenido estomacal del género *Pterygoplichthys*.



Fig.10. Comparación de vista Frontal del género *Pterygoplichthys*.

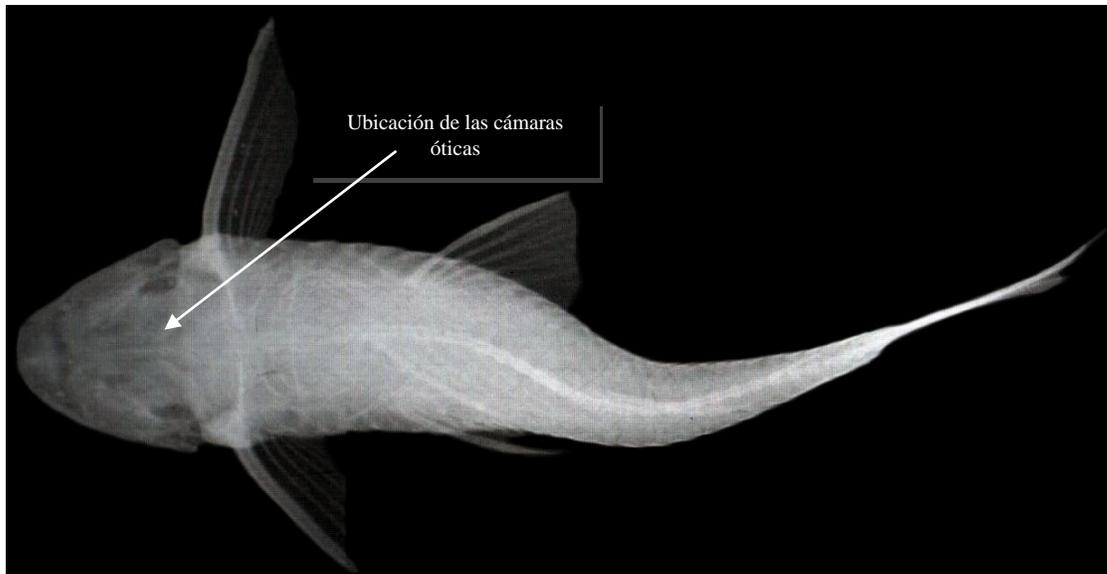


Fig.11.Radiografía en vista frontal del género *Pterygoplichthys*.

Los otolitos de los teleósteos son cuerpos policristalinos compuestos principalmente por carbonato de calcio en forma de aragonita (Mascareñas, 2003). Se encuentran en el laberinto membranoso a cada lado del neurocraneo, consta de tres cámaras epiteliales: el sáculo, la lagena, y el utrículo, estas estructuras son utilizadas como herramientas en estudios que abarcan diversos aspectos como: paleoecología, paleobiogeografía, filogenia, edad y crecimiento, determinación de stocks pesqueros, migraciones verticales y horizontales de peces, ecología trófica (Fuchis 2008).

La forma y estructura de los otolitos son específicas de cada especie, por lo que estas estructuras se pueden utilizar como carácter taxonómico; de los tres pares de otolitos que existen, generalmente se utiliza la sagita, porque es la que posee un mayor tamaño. Sin embargo, en el caso de los Siluriformes el más utilizado es el lapillus, ya que es el otolito de mayor tamaño seguido en importancia por el asterisco y finalmente por la sagita.

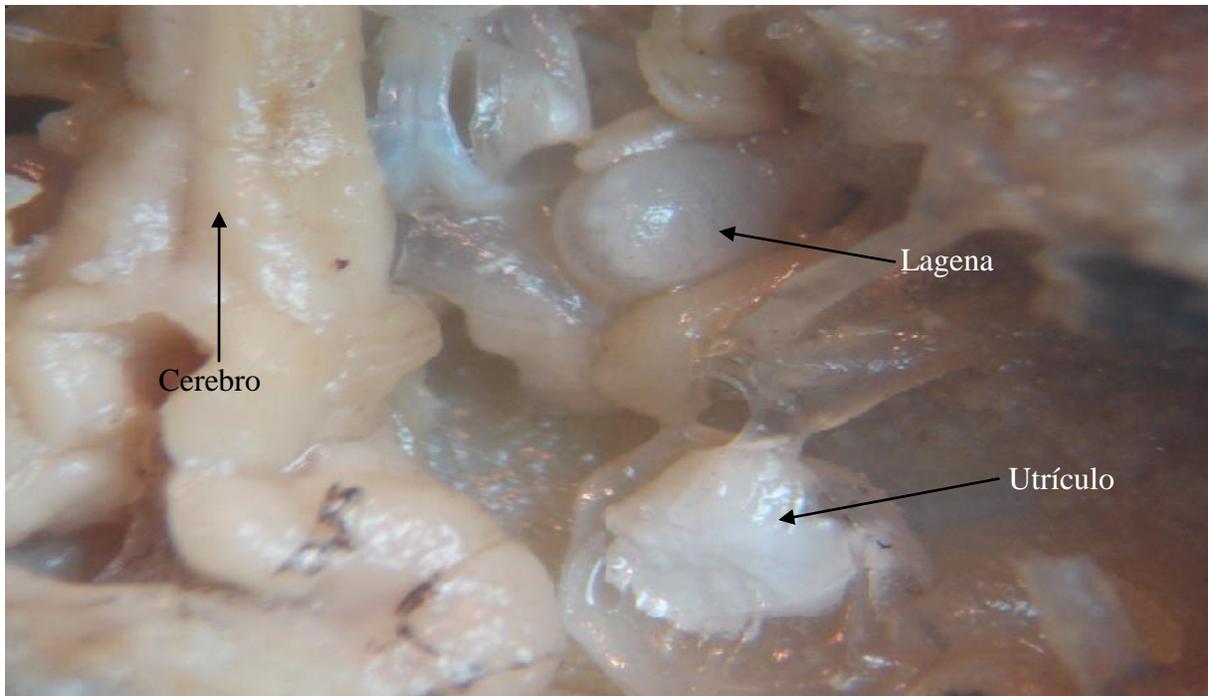


Fig.12. Ubicación de las cámaras óticas dentro de la cavidad craneal.



Fig.13. Laberinto membranoso en donde se aprecian los canales Semicirculares, así como la lagena y sáculo.

La topografía interna comúnmente descrita es la de la sagita, por lo cual la literatura especializada no incluye las características propias de la cara interna de los otros dos otolitos, debido a esto la descripción del lapillus solo se circunscribirá a la descripción de las características, adaptando la literatura existente para la sagita. En la figura 12 se aprecia el *Lapillus* que es de forma irregular, el borde posterior es sinuado, mientras que el borde ventral es irregular; tanto el borde anterior como el borde posterior son de forma redondeada; carece de sulco acústico y toda la extensión de la cara interna está cubierta por lobulaciones, las cuales están dispuestas en un patrón que da como resultado la formación de estrías radiales, que tienen como origen el núcleo del otolito y se acercan a los bordes del mismo.



Figura.14. Cara interna de otolito lapillus del género *Pterygoplichthys*.

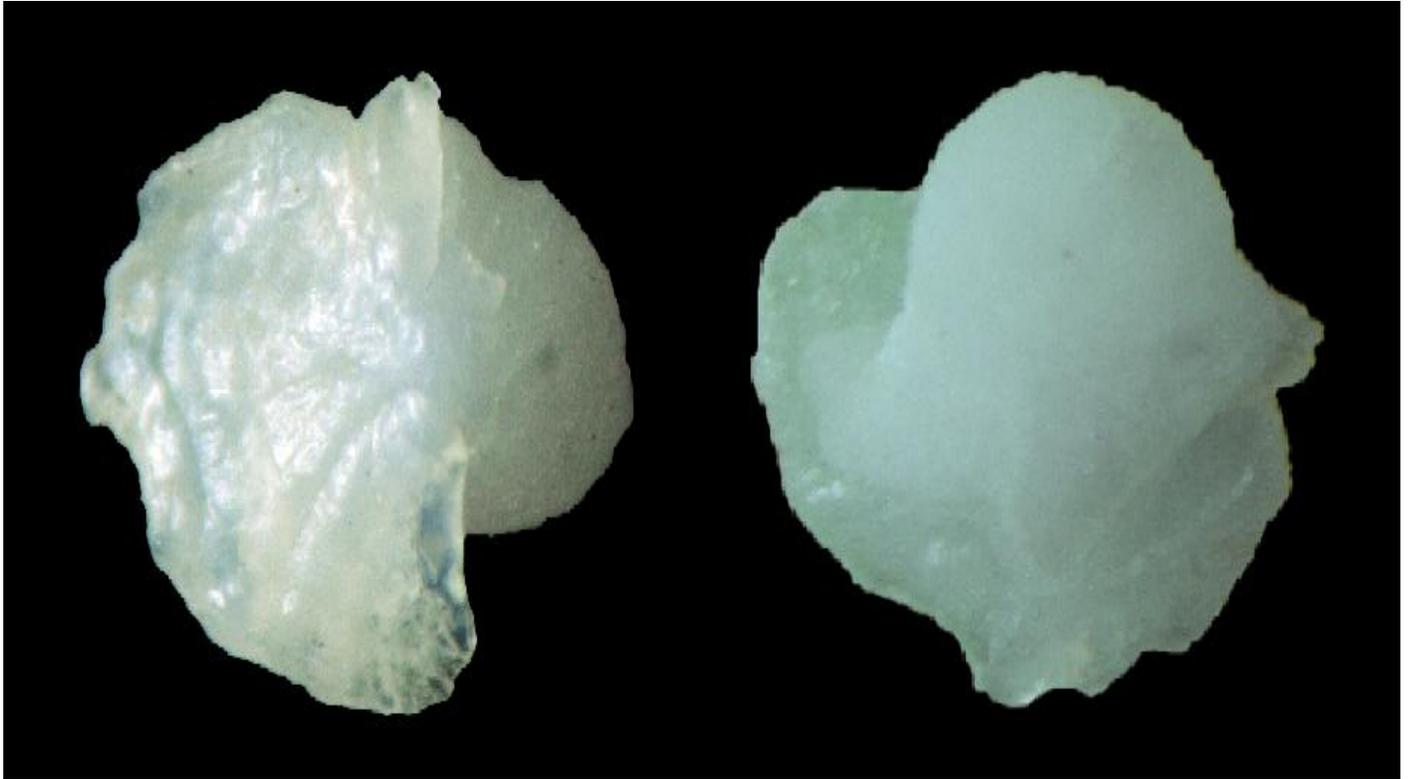


Figura.15. Cara interna y externa de otolitos del género *Pterygoplichthys*.

Estos organismos, como la gran mayoría de los peces teleósteos, no presentan dimorfismo sexual, por lo cual se requiere llevar a cabo una disección para extraer las gónadas y poder determinar el sexo; ello nos permitió determinar la proporción sexual, la cual es de 3 hembras por cada macho; aunque algunos organismos no se pudieron diferenciar, esto se puede deber a que estos organismos reabsorben las gónadas cuando no es época reproductiva. Las gónadas femeninas presentan una forma sacular con una gran cantidad de ovocitos (Figura 13) esta estructura presenta una coloración que va de amarillo a naranja; cuando la gónada alcanza la fase de madurez sexual es relativamente grande, ya que abarca aproximadamente un 70% de la cavidad abdominal, lo que demuestra el elevado potencial reproductivo de estas especies.



Figura.16. Gónadas en la cavidad abdominal que abarcan aproximadamente un 70% del abdomen.



Figura.17. Gónada y ovocitos del género *Pterygoplichthys*.

Una estrategia reproductiva utilizada por gran parte de los peces teleósteos es el desarrollo asincrónico, el cual consiste en liberar a los huevecillos en diferentes periodos de tiempo durante la etapa reproductiva del pez. Los huevecillos liberados presentan una mayor tasa de supervivencia, debido a que tienen una mayor disponibilidad de recursos los cuales les proporcionan las condiciones idóneas para un adecuado desarrollo.

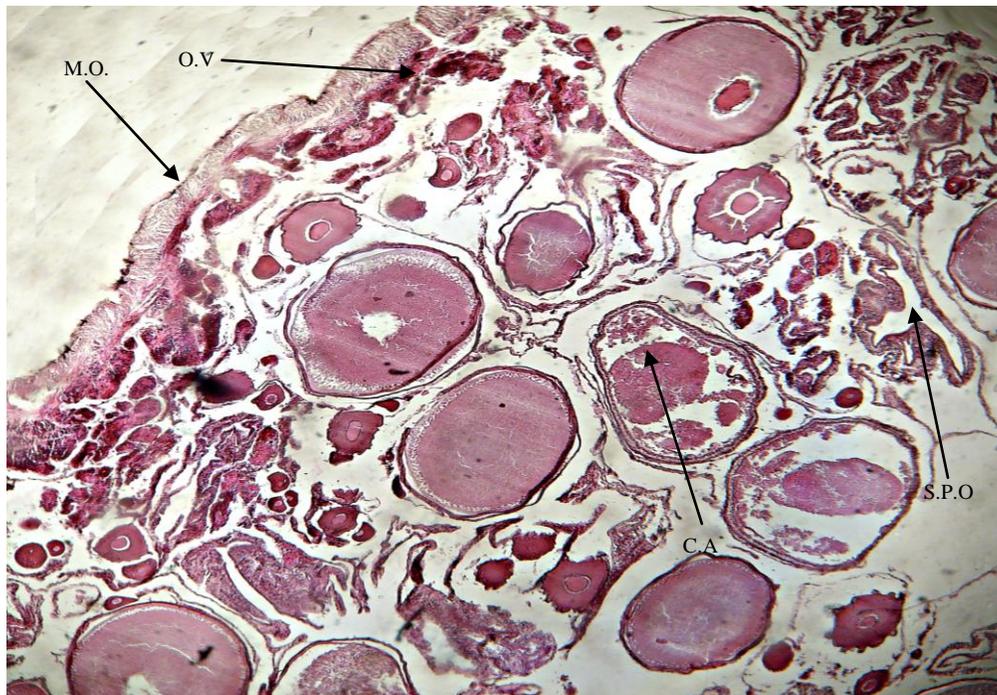


Figura.18. Corte histológico de gónada femenina se observa la membrana ovígera (M.O), ovogonias (O.V), células atrésicas (C.A) así como el sáculo post ovífero (S.P.O).

Al realizar el análisis histológico de la gónada femenina se observó que estos organismos presentan un desarrollo asincrónico bien definido (figura 17), se pueden apreciar diferentes estructuras como la membrana ovígera dentro de la cual se observa lo que posiblemente sean las ovogonias, así como sáculos post ovulatorios; se identificaron las 2 fases existentes en el desarrollo: previtelogénica y vitelogénica. En la primera fase se identificaron los distintos estadios en los que se encuentran las células, están dispuestas en laminillas ovígeras, dentro de las cuales se aprecian las diferentes etapas celulares como: cromatina nucleolar,

perinucleolar temprano y perinucleolar tardío (figura 18). En la fase vitelogénica se observó el desarrollo de la membrana celular; igualmente se diferenciaron los alveolos corticales así como el vitelo lipídico y proteico.

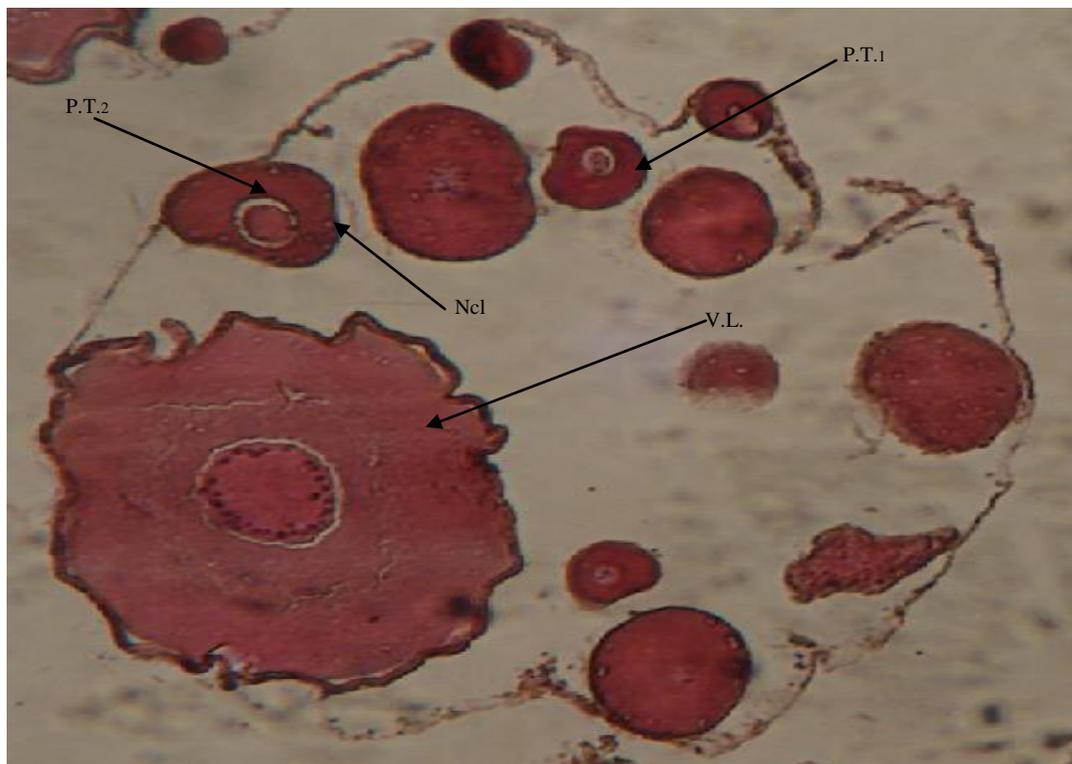


Figura.19. Se observan los diferentes estadios como perinucleolar temprano (P.T.1), perinucleolar tardío (P.T.2), nucléolos en la periferia de la célula (Ncl) vitelo lipídico (V.L.).

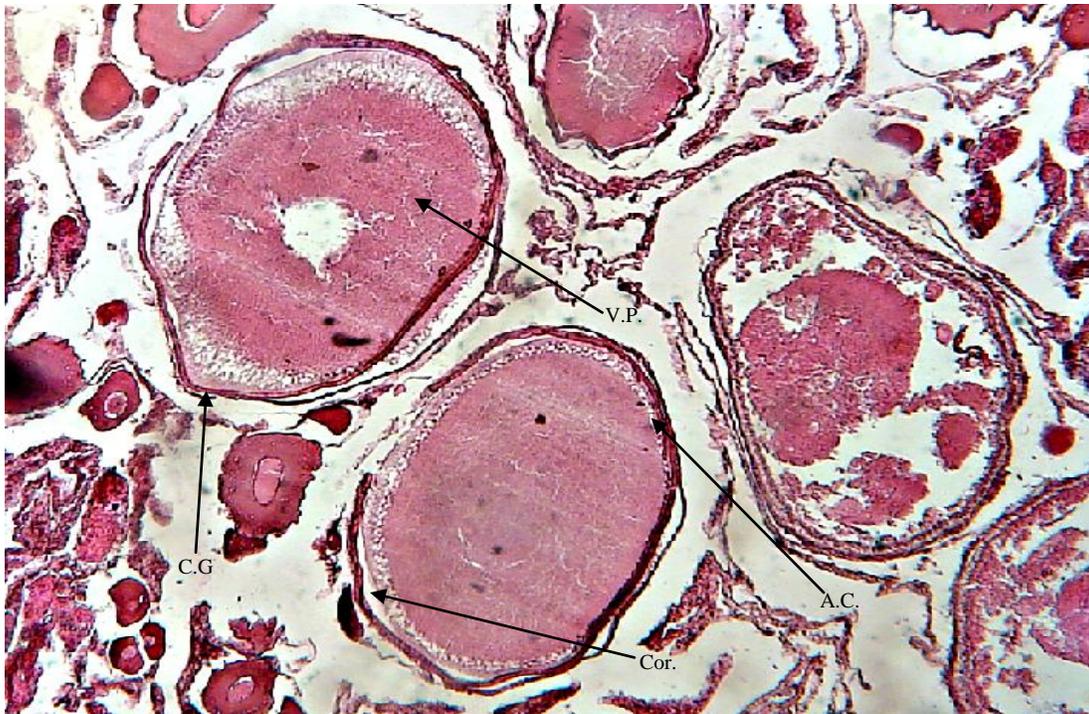


Figura.20. Se observan las células de la granulosa (C.G), alveolos corticales (A.C), corion (Cor) vitelo proteico (V.P.)

Con relación a los aspectos abióticos, la presa Infiernillo representa la transición de un ecosistema lóxico a uno léntico, las características geomorfológicas del embalse propician la aparición de diferentes hábitats, en donde encuentran condiciones ambientales muy cercanas a los requerimientos de estos peces (Escalera y Arroyo, 2005); además, los aspectos reproductivos de estos organismos, demostrados en el presente trabajo, como el desarrollo asincrónico, que evita que las crías compitan por el alimento traduciéndose en un alta tasa de supervivencia, y la falta de depredadores, dan como resultado el crecimiento exponencial de estos organismos y el establecimiento de sus poblaciones dentro de la presa infiernillo.

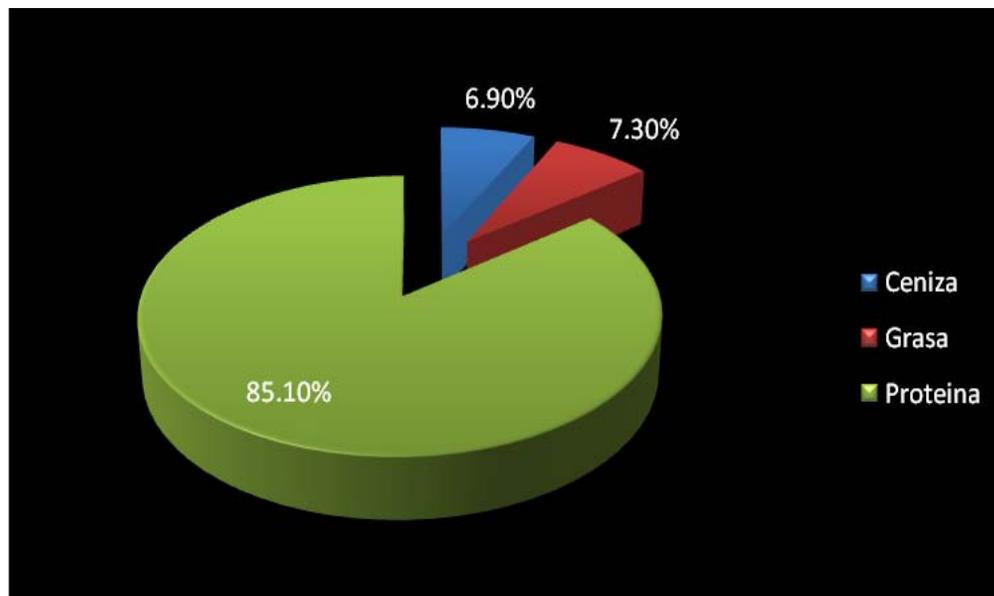
Es sumamente difícil la erradicación de un organismo invasor ya establecido. En México los plecostomus se han identificado como plaga en varios embalses del país. En la presa Infiernillo estos organismos han ocasionado problemas de diferente índole, dentro de los cuales destaca el impacto socio-económico, debido a que afecta a la pesquería de la tilapia, principal actividad económica de la región. El plecostomus llega a superar el 70% del porcentaje de captura en las redes de los pescadores, reduciendo la eficiencia de las mismas en la captura de la tilapia (Escalera y Arroyo 2005). Se estima que las pérdidas económicas, debidas a la captura del plecostomus, por destrucción de artes de pesca ascienden a \$13, 618,800.00, considerando a los 3,000 pescadores registrados en el embalse; así mismo, la jornada de trabajo de los pescadores antes de la aparición de estos peces era de 5 a 7 horas, la nueva jornada incluye dos horas adicionales de trabajo, lo que representa, en cuestiones económicas, una pérdida anual de \$11, 250,00 pesos (Escalera 2005).

Por otra parte, el aspecto de estos peces no proporciona confianza para su utilización como alimento directo para consumo humano; sin embargo, el plecostomus tiene un porcentaje de carne de alrededor del 20 % de su peso. Esto pudiera parecer poco, pero debido a la calidad biológica de su carne presenta el 85.10% de proteína, lo cual la convierte en un insumo de primera calidad, con el cual se puede obtener harina de pescado de alta calidad proteica.

Zaldívar (2002), elaboró harinas de pescado de alta calidad, tratándolas con un procedimiento suave y corto, lo cual se traduce en un menor deterioro de las proteínas y grasas presentes, además que la proporción de proteína incluida en la harina debe ser igual o mayor a 67%. Por otro lado, la norma oficial mexicana NMX-Y-013-1998-SCFI, especifica que las harinas de pescado utilizadas como ingrediente en la formulación de dietas para animales, deberán contener un mínimo de 62% de proteína cruda (Arroyo 2008).

Escalera y Arroyo 2006, reportan las características fisicoquímicas de la harina obtenida a partir del plecostomus y el análisis químico del músculo con base en peso seco, destacando las proporciones de ceniza, grasa y proteína (Gráfica10). Es por ello que estos

organismos se pueden aprovechar para diferentes actividades, tanto agrícolas como forrajeras.



Gráfica 10. Proporción nutrimental de la harina obtenida de músculo con base en peso seco tomado de Escalera y Arroyo 2006.

De acuerdo a mi experiencia y utilizando distintas fuentes bibliográficas, se pueden proponer diversas actividades para la elaboración de harina de pescado, debido a que los procesos de fabricación de la harina no son costosos y pueden ser elaborados por los mismos pescadores, y de esta forma pueden aprovechar el recurso pesquero y obtener un beneficio económico.

¿Cómo obtener la harina?

Procedimiento:

Los peces colectados son cortados en dos secciones, la cabeza y el resto del cuerpo, tomando en cuenta que al momento del corte los peces deben ser eviscerados para su posterior tratamiento. En la sección posterior del organismo se encuentra la mayor cantidad de proteínas, con lo cual se genera una harina con las cualidades apropiadas para la formulación de diferentes tipos de forrajes. Las cabezas de los peces pueden llevar el mismo proceso, solo que debido a que las características de la región anterior son diferentes, la harina obtenida se

utiliza con un mejor desempeño en los giros agrícolas como en la utilización de abono orgánico.



Fig.21.Corte del pez tomado de Arroyo 2008.

Posteriormente los trozos son colocados en un secador solar aproximadamente entre 48 y 72 horas, tiempo suficiente para que alcancen un secado homogéneo para poder continuar con el proceso en la elaboración de la harina. Es importante mencionar que en la construcción del secador se deben dejar, en sus partes laterales, ventanas para que haya una buena circulación de aire, lo cual evita que la temperatura suba a más de 50 °C y la grasa del pescado se dañe. El costo aproximado de un secador solar de 1.5m es de alrededor de \$ 285.00 pesos, en el cual se emplea tabloncillos, alambre de gallinero, fajillas, plástico, grapas para madera, clavos y martillo.



Fig.22. Secador solar tomado de Arroyo 2008.

Una vez deshidratados los peces se realiza la molienda de los trozos de pescado que se puede realizar en un molino manual o en un molino eléctrico; el material molido se pasa a través de varios tamices hasta obtener partículas homogéneas para ir obteniendo la harina ya lista para ser utilizada como alimento forrajero.



Fig.23. Molino manual para la molienda de peces.

Un ejemplo de los posibles usos de la harina elaborada a partir de las cabezas es la utilización de esta, como abono, en la producción de jamaica orgánica.

La harina puede ser almacenada en sacos y colocada sobre tarimas de madera, evitando siempre el contacto con el piso. Se deben hacer pequeñas estibaciones y es preferible almacenarlos en pequeños lotes, separados entre sí por una distancia mayor a 50 cm y debidamente etiquetados (fecha de elaboración).

Los beneficios económicos que se pueden dar en la región vendrían a impactar directamente en la calidad de vida de los pobladores, ya que obteniendo los costos aproximados la tonelada de harina de pescado tiene un precio aproximado de \$10,000 pesos, tomando en cuenta que la proporción promedio para elaborar un kilogramo de harina es de 5 kilogramos en peso fresco y considerando que la captura de estos organismos por cada pescador es en promedio de 20 kg por los 3000 pescadores registrados dentro de la presa, nos arroja una producción mensual de 360,000 toneladas de harina de pescado, con un costo aproximado en el mercado de \$3600,000000 pesos mensuales, los cuales podrían impactar directamente en la economía de la región. Como una alternativa más, se propone la creación de empresas dedicadas a la elaboración de la harina de pescado con fines de exportación, ya que el precio de este producto en el mercado internacional tiene un precio más elevado que en el plano nacional.

Conclusiones

- Se identificaron 2 especies *Pterygoplichthys pardalis* y *Pterygoplichthys disjunctivus* las cuales se diferenciaron por su patrón de pigmentación.
- Se encontró una proporción sexual de 3 a 1 a favor de las hembras.
- Estos peces tienen hábitos alimentarios bentófagos, alimentándose de detritus y algas filamentosas.
- El otolito lapillus es el más desarrollado en estos organismos, aunque no presenta la topografía característica de las sagittas.
- Estos organismos presentan un desarrollo asincrónico bien definido.
- Se analizó que los plecostomus son peces que pueden aportar ingresos significativos a los pescadores.

Sugerencias

Se sugiere realizar una investigación con objetivos enfocados en dar otras alternativas comerciales a los pescadores, como por ejemplo se sabe que uno de los depredadores de estos organismos son los cocodrilos esto podría abrir la posibilidad de que los peces fueran canalizados a granjas especializadas en la crianza del cocodrilo.

Literatura citada

Armbruster, J. W. 2004. Phylogenetic relationships of the sucker-mouth armored catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society* 141:1–80.

Armbruster, J. W. 1998. Modifications of the digestive tract for holding air in loricariid and scoloplacid catfishes. *Copeia*, 1998: 663-675.

Armbruster, J.W. (1997) Phylogenetic relationships of the sucker-mouth armored catfishes (Loricariidae) with particular emphasis on the Ancistrinae, Hypostominae, and Neoplecostominae, University of Illinois, Urbana-Champaign, 409 pp.

Armbruster, J.W. y L.M. Page 2006. Redescription of *Petrygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Petrygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae)

Armbruster, J.W. (1998). Review of the loricariid catfish genus *Aphanotorulus* and redescription of *A. unicolor* (Teleostei: Siluriformes). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 8, 253–262.

Armbruster, J.W. (2003b). The species of the *Hypostomus cochliodon* group (Siluriformes): Loricariidae). *Zootaxa*, 249, 1–60.

Arroyo, M.D. (2008). Aprovechamiento de la harina de *plecostomus spp.* como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Laboratorio de Ecología acuática y pesca del CIIDIR-IPN unidad Michoacán.

Arroyo, M. D., C. G. Escalera y R. E. Moncayo, 2005. Caracterización y alternativas de utilización del pez diablo *Plecostomus sp* en la presa “El Infiernillo”. Centro Disciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Jiquilpan, Michoacán. <http://www.sit.org.mx/RELOAD/02.extenso/reporteigpdf.php?proyid=16-200509128EtapaID=2005>

Barron, J. C. (1964). “Reproduction and apparent overwinter survival of the suckermouth armor catfish, *Plecostomus sp.*, in the headwaters of the San Antonio River,” *Texas J. Sci.* 16(4), 449-450.

Bernal, W. F. 1984. Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la Presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Michoacan-Guerrero. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 86 p.

Brindelli, J. L y A. M. Zanata y F. C. Lima 2002. *Hypostomus chrysostiktos*, una nueva especie de pez gato acorazado (siluriformes: Loricariidae) del río Paraguaçu Bahia state, Brazil.

Boeseman, M. (1968) The genus *Hypostomus* Lacépède, 1803, and its Surinam representatives (Siluriformes, Loricariidae). *Zoologische Verhandelingen*, 99, 1-89.

COMISION NACIONAL PARA EL USO Y CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). 2004. Especies Invasoras. Peces.http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/peces.html (Accessed 6 July 2005).

Chavez, J. M., R.,M de La Paz, S. K. Manohar, R. C. Pagulayan & J. R. C. Vi. 2006. New Philippine record of South American sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). *Zootaxa* 1109: 57-68.

Chockley, B.R. y Armbruster, J.W. (2002) *Panaque changae*, a new species of loricariid catfish (Teleostei) from eastern Peru. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 13, 81-90.

Escalera, C. y M. Arroyo 2006. Caracterización fisicoquímica y alternativas de utilización del *Plecostomus* spp. En la presa El Infiernillo. Informe Final. CIIDIR , Michoacán. 33 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köopen adaptada para la república mexicana. Offset Larios. México, D. F. 256 p.

LA JORNADA. 2005. Sin control, la proliferación del pez diablo en la Presa Infiernillo.<http://www.jornada.unam.mx/2005/mar05/050321/michoacan/10n1soc.html> (Accessed 16 April 2005).

Lanza Espino. G y García Calderón J.L 2002. Lagos y presas de México(2002) ISBN:968-463-104-9 Pags 558.

Lawrence M. Page y Robert H. Robins 2006 Identification of sailfin catfishes (TELEOSTEI: LORICARIIDAE) in southeastern Asia. *The raffles bulletin of zoology* 2006 54(2): 455-457.

Lawrence M. Page. 1997. Generic reassignment of the loricariid species *Monistancistrus carachama* Fowler 1940, *Plecostomus lacerta* Nichols 1919, and *Rhinelepis levis* Pearson 1924 (Teleostei: Siluriformes). *Ibid.* 1997: 227-232.

Muñiz, P. y E. Brugnoli. 2000. Algunos conceptos básicos sobre invasiones biológicas. 25 de Julio de 2007. http://www.iabin-us.org/projects/i3n/i3n_products_after_pilot/Texto_p%C3%A1ginaweb-SITIO-13N-UY.doc.

Nelson JA (2002) Metabolism of three species of herbivorous loricariid catfishes: influence of size and diet. *J Fish Biol* 61:1586–1599

Nico LG, Martin TR (2001) The South American suckermouth armored catfish, *Pterygoplichthys anisitsi* (Pisces: Loricariidae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. *Southwestern Naturalist* 46: 98-104

Nico LG, Jelks HL, Tuten T (2009) Non-native suckermouth armored catfishes in Florida: description of nest burrows and burrow colonies with assessment of shoreline conditions. *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin* 9: 1-30

- Nico, L. (2000b). "*Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855). Nonindigenous aquatic species fact sheet 766," United States Geological Survey.
- Page, L. M., 1994. Identification of sailfin catfishes introduced to Florida. *Florida Scientist*, 57: 171-172.
- Page, L. M. & R. Robins. 2006. Identification of sailfin catfishes (Teleostei: Loricariidae) in Southeastern Asia. *The Raffles bulletin of Zoology*. 54 (2): 455-457.
- Schaefer.,1987 Osteology of *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus): with a phylogenetic analysis of the loricariid subfamilies (Pisces: Siluroidei). *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County* 394:1–31.
- Tom Geerinckx y Marleen Brunain 2007 Development of the Osteocranium in the Suckermouth Armored Catfish *Ancistrus* cf. *Triradiatus* (Loricariidae, Siluriformes) .*Journal of Morphology* 268:254–274 (2007)
- Torres Oseguera, C., "Michoacán y Guerrero firmarán convenio para el desarrollo técnico y pesquero en Infiernillo", *La Jornada Michoacán*, 26 de abril de 2005.
- Weber, C. 1992. Revision du genre *Pterygoplichthys* sensu lato (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Revue Française d'Aquariologie et Herpetologie* 19, 1-36.
- Zaldivar, L.F.J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: Cruz, S.L.E., Ricque, M.D., Gaxiola, C.M.G. y Simoes, N.(EDS). *Avances en nutrición acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de nutrición acuícola*. (2002). Cancun, Quintana Roo, Mexico. 516-526p.