



Universidad Nacional Autónoma
de México

Escuela Nacional
de Estudios Profesionales
Iztacala

70589.73 p. 3

ESTUDIO CARIOTIPICO
DEL BAGRE DEL RIO BALSAS
Istlarius balsanus.

Tesis Profesional que
para obtener el título de Biólogo

presenta

NESTOR MARTINEZ CARRASCO

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

I n d i c e

Resumen	2
Introducción	3
Antecedentes	6
Taxonomía	7
Diagnosís de <u>I. balsanus</u>	7
Datos cariotípicos	12
Datos biológicos	12
Area de estudio	15
Objetivos	16
Material y métodos	17
Técnica citogenética	17
Resultados	25
Discusión	31
Conclusiones	40
Bibliografía	41

R e s u m e n

Se informa por primera vez, del cariotipo del bagre dulceacuicola Istlarius balsanus, especie encontrada en la Cuenca del Río Balsas.

Los organismos estudiados fueron colectados en los ríos Huámto en Michoacán, y Amacuzac en Morelos. El análisis del complemento cromosómico se llevó a cabo en epitelio branquial, empleando colchicina como bloqueador mitótico.

El número diploide modal encontrado en los especímenes estudiados fue de $2N= 58$. El cariotipo presentó 9 elementos metacéntricos, 13 elementos submetacéntricos y 7 elementos subtelocéntricos, de acuerdo a la clasificación de Levan et al. (1964).

Se compara el cariotipo de Istlarius balsanus con el de otros miembros de la familia Ictaluridae y se discute sobre su semejanza con el cariotipo que ha sido propuesto como ancestral de toda la familia.

Este estudio citogenético, no apoya la existencia de dos subespecies para Istlarius balsanus, propuesta por De Buen en 1946.

I n t r o d u c c i ó n .

El número de especies biológicas existentes muy probablemente es superior a los dos millones y puede ser de hasta seis millones. La diversidad de la vida es extraordinaria. Se han descrito y nombrado unas 400 000 especies de plantas y aproximadamente 1 500 000 especies de animales. Tan notable como el número de especies es la inmensa variedad de formas de vida.

Ante la gran diversidad de los seres vivos se hace necesaria su reunión en categorías definidas que permitan distinguir grupos de organismos. La clasificación biológica permite manejar esta inmensa variedad de organismos vivos. Esta clasificación es posible gracias a que, no obstante su diversidad, los organismos presentan muchos aspectos comunes, tanto en su estructura como en su funcionamiento (Dobzhanzky et al., 1983 y Monod, 1986).

Los organismos se asemejan más a unos que a otros en la medida en la que ellos se encuentren más próximos a su antecesor común (relacionados con respecto a su origen). Por ello la evolución constituye la base del proceso responsable de la jerarquía de las similitudes entre los seres vivos, y sin lugar a dudas es un elemento que cambia profundamente los métodos modernos de clasificación (Dobzhanzky et al., 1983).

En la solución de muchos problemas taxonómicos es de gran utilidad el acopio de información de diferentes disciplinas biológicas como ecología, fisiología comparada, zoogeografía, bioquímica, citogenética y otras ciencias relacionadas (Lagler *et al.*, 1977). De estas ciencias, la citogenética se fundamenta en el hecho de que el material hereditario de un organismo está dispuesto en cromosomas. Tiene su inicio con la teoría cromosómica de la herencia, enunciada de manera independiente por Walter S. Sutton y Theodor Boveri en 1903, que describía al cromosoma como un agregado de unidades genéticas y demostraba la correlación entre la transmisión de los genes y la transmisión de los cromosomas (Ayala y Kiger, 1984).

Los estudios citogenéticos que proporcionan información sobre la morfología y número cromosómico, junto con los criterios morfológicos convencionales, fundamentos de paleontología, etología, ecología y genética experimental, constituyen un instrumento más que ayuda a discernir filogenias y resolver posiciones taxonómicas confusas en peces y otros grupos de organismos (Lagler *et al.*, 1977; LeGrande, 1981; Uyeno *et al.*, 1983).

Los peces de la clase Osteichthyes constituyen una de las clases más extensas y antiguas de vertebrados. Esta clase alberga a más de 20 000 especies, con una abundancia

y diversidad inigualable entre los demás grupos de vertebrados. Su más remoto ancestro vivió en el periodo Ordovícico hace aproximadamente 500 millones de años. A pesar de ello los datos sobre el número cromosómico son menos extensos para los peces que para otros grupos de animales (Lagler et al., 1977).

Según LeGrande (1981) los trabajos sobre cromosomas de peces datan desde la década de los treinta y a partir de la publicación de los procedimientos para la obtención de los cromosomas de peces por Mc Phail y Jones (1966), la literatura ictiológica ha visto un importante incremento en el número de reportes escritos que tratan sobre cariotipos en peces: Chiarelli y Capanna (1973); Denton (1973); Kirpichnikov (1973); Nikolsky y Vasilyev (1973); Ohno (1974); Park (1974); Ojima et al. (1973) y Gold, (1979) examinan y enlistan números cromosómicos en peces.

En éste contexto, el propósito del presente trabajo, fue aportar datos sobre el complemento cromosómico del bagre del Balsas Istlarius balsanus y comparar los cariotipos de los organismos pertenecientes a la región oriental y occidental de la cuenca del río Balsas, con el objeto de contribuir a esclarecer la existencia de dos subespecies para la mencionada especie.

De Buen (1946) define dos subespecies de Istlarius balsanus basándose principalmente en el número de radios de la aleta anal: i. b. balsanus al oriente de la cuenca

del río Balsas con 21 a 24 radios en la aleta anal e I. b. occidentalis con 25 a 26 radios en la misma aleta, al occidente de la cuenca.

Bonilla (1982) y Kato y Romo (1981) afirman que no existen datos suficientes para diferenciar las dos subespecies y mencionan la conveniencia de llevar a cabo estudios que conduzcan a la resolución del problema planteado en el presente trabajo. Adicionalmente se espera contribuir al conocimiento de las relaciones filogenéticas de Istlarius balsanus con los restantes miembros de la familia Ictaluridae.

A n t e c e d e n t e s .

La especie Istlarius balsanus ha sido descrita por los siguientes autores: Jordan y Snyder (1900): 118; Jordan y Evermann (1900) 3139; Meek (1900): 17; Eigenmann y Clark (1930): 152; De Buen (1940): 24; Martín del Campo (1943): 81; Alvarez (1953): 102; Bohlke (1953): 42; Alvarez y Cortez (1962): 108 y Alvarez (1970): 73. (Tomado de Bonilla, 1982).

T a x o n o m i a .

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Osteoichthyes
Subclase:	Actinopterygii
Divisi3n:	Euteleostei
Superorden:	Ostariophysi
Orden:	Siluriformes.
Familia:	Ictaluridae
G6nero:	Istlarius (monotipico)
Especie:	<u>Istlarius balsanus</u> Jordan y Snyder 1900.

S i n o n i m i a .

<u>Amiurus balsanus</u> :	Regan (1908): 41
<u>Amiurus (Ictalurus) balsanus</u> :	Ahl (1935): 107. (Tomado de Bonilla, 1982).

D i a g n o s i s de Istlarius balsanus.

De acuerdo a Alvarez (1970) en el g6nero Istlarius com6nmente se describe una sola especie con distribuci3n restringida a la cuenca del r3o Balsas: la longitud cef6lica cabe cuatro veces en la patr3n. Las barbillas maxilares apenas llegan a la base de las aletas pectorales; sumando ocho en total. Banda de dientes premaxilares con una prolongaci3n hacia atr6s a cada lado. Banda de dientes de la mand3bula inferior, con una soluci3n de continuidad m6s o menos marcada en la parte media; siendo la mand3bula inferior m6s corta que la

superior. Espina pectoral débilmente aserrada en el borde interno; el externo ni aserrado, ni corrugado. Con la aleta anal bifurcada. La aleta dorsal posee una espina y 6 radios y la anal con 21 a 24 radios. Es de color gris en el lomo y blanco en el vientre.

De Buen (1946) se basa principalmente en el número de radios en la aleta anal para distinguir a dos subespecies de Istlarius balsanus:

- I. b. occidentalis con 25 a 26 radios. Localidad típica, el río Huámito en la Huacana.
- I. b. balsanus con 21 a 24 radios. Localidad típica, el río Ixtla en puente de Ixtla.

La familia Ictaluridae pertenece al orden de los siluriformes; consta de 5 géneros y 37 especies dulceacuicolas (Nelson, 1976). Se distribuye a lo largo de la región oriental de Norteamérica, formando parte de la fauna neártica. (Fig. 1) Dentro de las especies de ictalúridos de mayor importancia económica que se cultivan en México encontramos a Ictalurus punctatus (Arreguin, 1987). Sin embargo Zarur (1978), menciona a Istlarius balsanus como una especie sujeta a manejo pero sin producción de crías para su introducción. A pesar de ello constituye un alimento muy importante en la dieta de muchos pobladores que habitan áreas cercanas al río, debido a las grandes tallas que alcanza (18 Kg. y 1.25 m.).

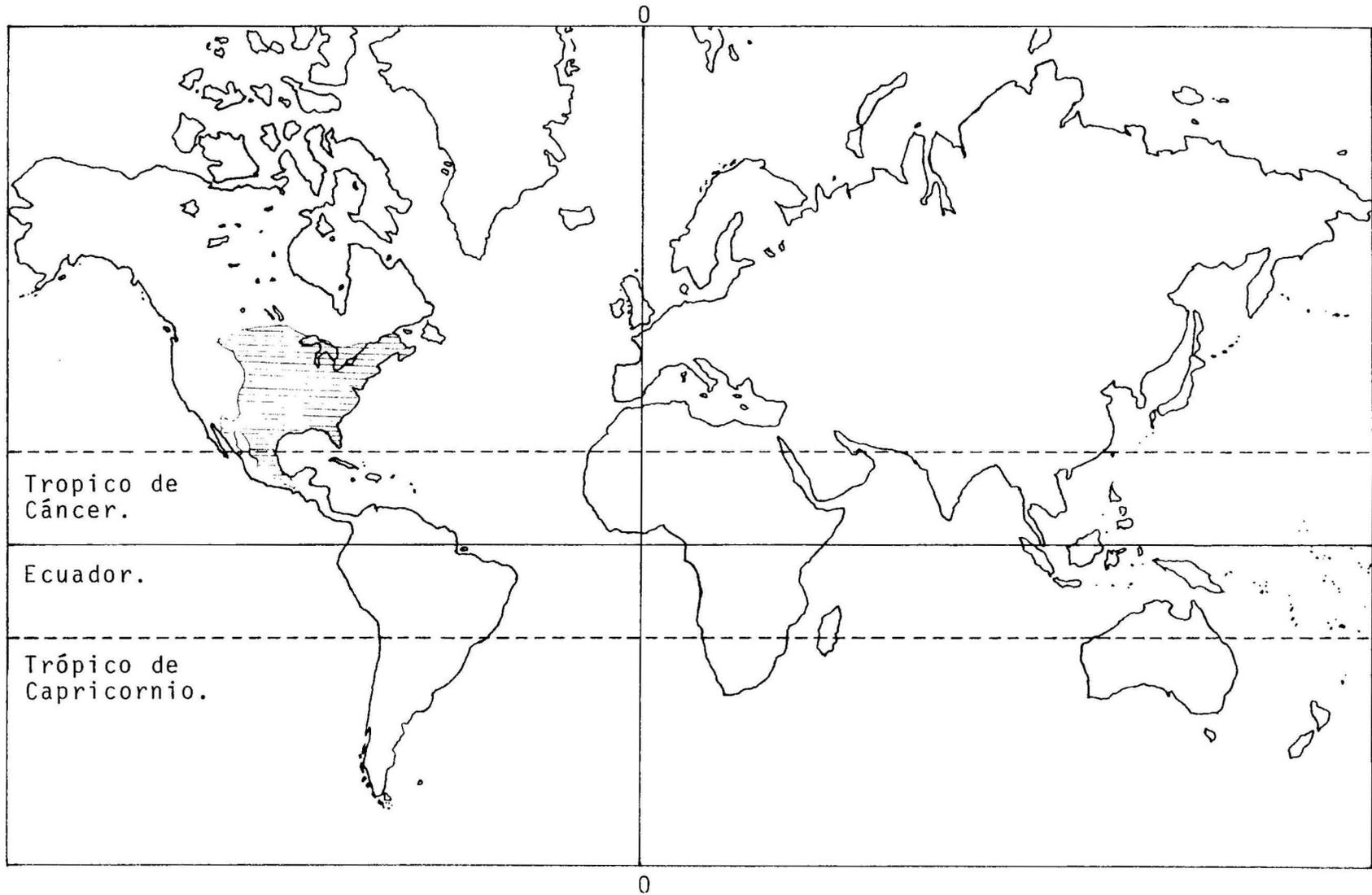


Figura 1. Distribución de la familia Ictaluridae, basada en Miller (1958). Tomado de Nelson (1976).

TABLA 1. Datos cariotípicos de 30 especies de bagres ictalúridos.

Especies	2N	NF	Fórmula	Referencias
<u>Ictalurus brunneus</u>	62	96-106		1
<u>Ictalurus catus</u>	48	64-68		1
<u>Ictalurus furcatus</u>	58	92	9m+7sm+13st	3
<u>Ictalurus platycephalus</u>	54	92		1
<u>Ictalurus punctatus</u>	58	92	9m+7sm+13st.	3
<u>Ictalurus natalis</u>	62	84	22msm, 40stt	2
<u>Ictalurus melas</u>	60	76	16msm, 44stt	2
<u>Ictalurus nebulosus</u>	60	76	16msm, 44stt	2
<u>Ictalurus serracanthus</u>	52	90	38msm, 14stt	2
<u>Pylodictis olivaris</u>	56	82	26msm, 30stt	2
<u>Noturus gilberti</u>	54	82	28msm, 26stt	2
<u>Noturus insignis</u>	54	74	20msm, 34stt	2
<u>Noturus exilis</u>	54	68	14msm, 40stt	2
<u>Noturus nocturnus</u>	48	72	24msm, 24stt	2
<u>Noturus leptacanthus</u>	46	72	26msm, 20stt	2
<u>Noturus funebris</u>	44	68	24msm, 20stt	2
<u>Noturus phaeus</u>	42	68	26msm, 16stt	2
<u>Noturus grynus</u>	42	72	30msm, 12stt	2
<u>Noturus lachneri</u>	42	72	30msm, 12stt	2
<u>Noturus flavus</u> (Copper Cr.)	50	70	20msm, 30stt	2
<u>Noturus flavus</u>	48	70	22msm, 26stt	2
<u>Noturus flavipinnis</u>	52	88	30msm, 22stt	2
<u>Noturus miurus</u>	50	74	24msm, 26stt	2
<u>Noturus albater</u>	66-72	82		2
<u>Noturus elegans</u>	46	82	36msm, 10stt	2
<u>Noturus h. hildebrandi</u>	46	80	34msm, 12stt	2
<u>Noturus hildebrandi lautus</u>	46	80	34msm, 12stt	2
<u>Noturus flavater</u>	44	64	20msm, 24stt	2
<u>Noturus eleutherus</u>	42	66	24msm, 18stt	2
<u>Noturus stigmosus</u>	42	62	20msm, 22stt	2
<u>Noturus munitus</u>	42	62	20msm, 22stt	2
<u>Noturus taylori</u>	40	63-64	24msm, 16stt	2

2N: número diploide
 NF: número fundamental
 m: metacéntrico
 sm: submetacéntrico
 st: subtelocéntrico
 msm: metacéntrico-submetacéntrico
 stt: subtelocéntrico-telocéntrico

Referencias: (1) Hudson, 1976; (2) LeGrande, 1981; (3) LeGrande et al., 1984.

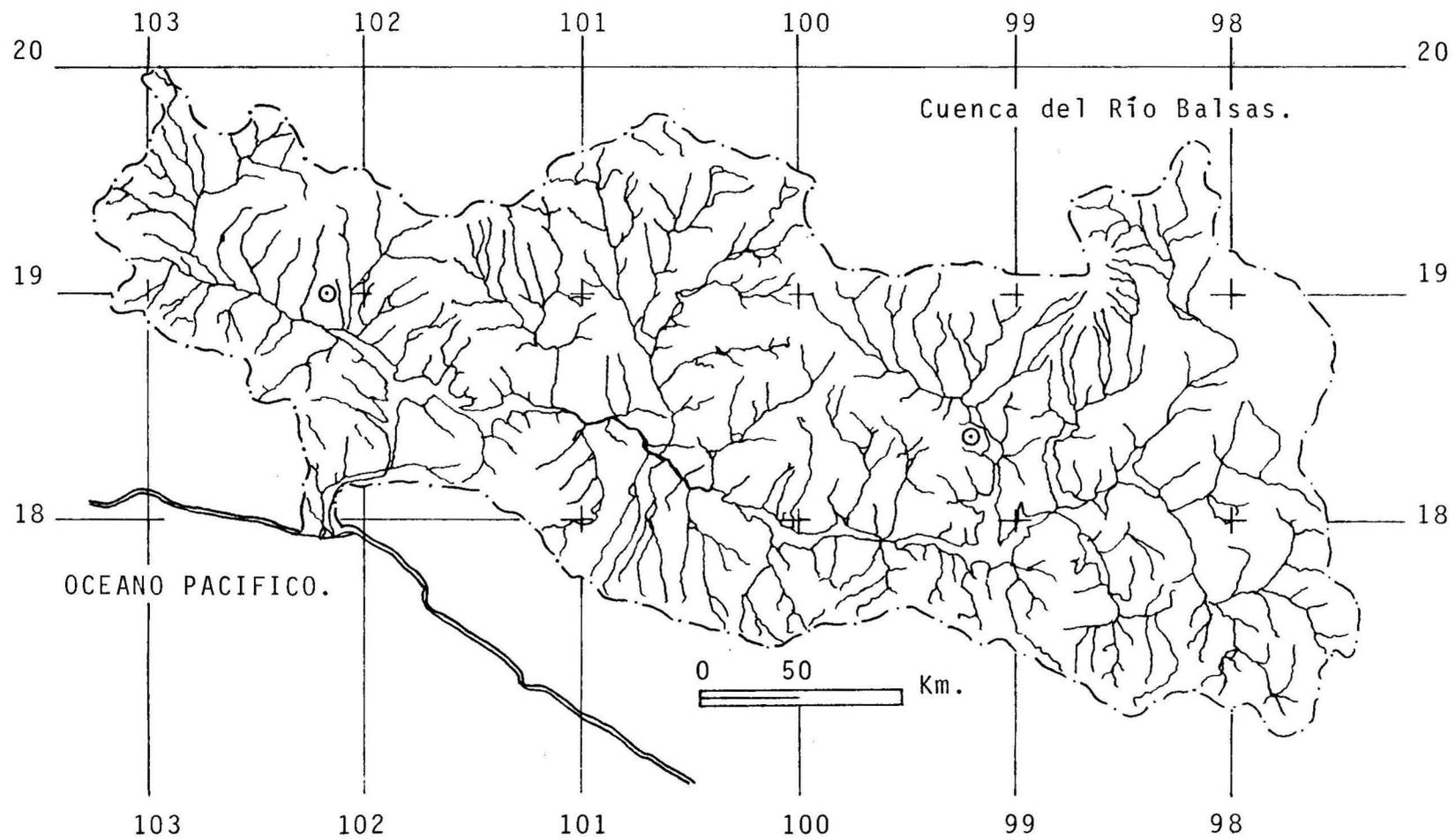


Figura 2. ⊙ Zona de colecta de la cuenca del Río Balsas.

D a t o s c a r i o t í p i c o s .

Son treinta el número de especies de la familia Ictaluridae con cariotipo conocido. (Tabla 1)

Los números diploides varían en un rango de 40 en Noturus taylori a 66-72 en Noturus albater. Basándose principalmente en la distribución de los complementos cromosómicos en varios linajes de ictalúridos (géneros) así como en familias relacionadas de siluriformes como: Bagridae, Pimelodidae y Aridae (ver tabla 2), LeGrande (1981) postula un cariotipo ancestral de $2N= 58$ con un número fundamental relativamente alto, mayor de 80.

Datos biológicos.

Se dispone de muy poca información acerca de la biología del bagre Istlarius balsanus. Kato y Romo (1981) lo definen como un pez carnívoro que varía su alimentación principalmente a base de invertebrados según la abundancia relativa de cada alimento en su dieta. De hábitos nocturnos y temporada reproductiva extensa, con su máxima plenitud en mayo y abril, alcanza la edad reproductiva más rápidamente en relación a otros ictalúridos. No presenta dimorfismo sexual aparente y tiene una supervivencia alta, al igual que otros miembros de la familia Ictaluridae. Alcanza según Rosas (1976), tallas de hasta 1.25 m. de largo y 18.0 kg. de peso

 TABLA 2. Número diploide (2N) y número fundamental (NF) de familias del orden Siluriformes.

Especies	Familia	2N	NF	Referencias
<u>Arius felis</u>	Ariidae	54	80	19, 28
<u>Arius aguadulce (melanopus)</u>	Ariidae	52	78	29
<u>Galleichthys caerulescens</u>	Ariidae	54	80	30
<u>Coreobagrus ichikagua</u>	Bagridae	56	108	26
<u>Liobagrus reini</u>	Bagridae	38	66	26
<u>Mystus gulio</u>	Bagridae	58	98-102	1
<u>Mystus gulio</u>	Bagridae	58	-	2
<u>Mystus mystus</u>	Bagridae	54	-	3
<u>Mystus seenghala</u>	Bagridae	50	80	4
<u>Mystus tengara</u>	Bagridae	54	102	5, 6
<u>Mystus vittatus</u>	Bagridae	58	84	7
<u>Mystus vittatus</u>	Bagridae	54	98	7, 8
<u>Pelteobagrus nudiceps</u>	Bagridae	56	-	9, 25
<u>Pseudobagrus aurantiacus</u>	Bagridae	56	92	10
<u>Pseudobagrus aurantiacus</u>	Bagridae	48	80	10
<u>Rita chrysea</u>	Bagridae	54	102	11
<u>Rita rita</u>	Bagridae	54	-	6
<u>Corydoras agassizi</u>	Callichthyidae	98	108	20
<u>Corydoras aneus</u>	Callichthyidae	132+	222+	20
<u>Corydoras aneus</u>	Callichthyidae	120	-	17
<u>Corydoras arcuatus</u>	Callichthyidae	46	<92	20
<u>Corydoras axelrodi</u>	Callichthyidae	46	<92	20
<u>Corydoras bondi</u>	Callichthyidae	46	<92	20
<u>Corydoras elegans</u>	Callichthyidae	50	<100	17, 20
<u>Corydoras julii</u>	Callichthyidae	92	<184	20
<u>Corydoras melanistus</u>	Callichthyidae	46	<92	20
<u>Corydoras melanistus</u>	Callichthyidae	48	-	17
<u>Corydoras metae</u>	Callichthyidae	92	<184	20
<u>Corydoras aff. osteocardus</u>	Callichthyidae	76	<126	20
<u>Corydoras paleatus</u>	Callichthyidae	44	<88	20
<u>Corydoras punctatus</u>	Callichthyidae	44-66	-	17
<u>Corydoras rabauti</u>	Callichthyidae	58	<112	20
<u>Corydoras schultzei</u>	Callichthyidae	58	<106	20
<u>Corydoras schwartzi</u>	Callichthyidae	46	<92	20
<u>Corydoras undulatus</u>	Callichthyidae	50	-	17
<u>Dianema longibarbis</u>	Callichthyidae	60	72	24
<u>Clarias batrachus</u>	Clariidae	52	-	6
<u>Clarias batrachus</u>	Clariidae	52	58	15
<u>Clarias batrachus</u>	Clariidae	50	88	12
<u>Clarias batrachus</u>	Clariidae	54	-	17
<u>Clarias fuscus</u>	Clariidae	56	88	13
<u>Heteropneustes fossilis</u>	Heteropneustidae	56	96	14, 15
<u>Heteropneustes fossilis</u>	Heteropneustidae	58	-	6

(continuación tabla 2)

<u>Hypostomus plecostomus</u>	Loricariidae	54	82	3, 17
<u>Loricaria macrodon</u>	Loricariidae	58	78	23
<u>Loricaria parva</u>	Loricariidae	48	-	16, 17
<u>Plecostomus ancistroides</u>	Loricariidae	68	105-106	23
<u>Plecostomus macrops</u>	Loricariidae	68	92	23
<u>Plecostomus paulinus</u>	Loricariidae	74	104	23
<u>Plecostomus strigaticeps</u>	Loricariidae	74	86	23
<u>Pimelodella</u> sp.	Pimelodidae	46	84	21, 22
<u>Pimelodus fur</u>	Pimelodidae	56	-	21
<u>Pimelodus maculatus</u>	Pimelodidae	56	-	21
<u>Pimelodus</u> sp.	Pimelodidae	56	-	21
<u>Rhambdia hilarii</u>	Pimelodidae	62	116	22
<u>Rhambdia laticauda</u>	Pimelodidae	58	100 + 4	19
<u>Rhambdia</u> sp.	Pimelodidae	58	100 + 4	19
<u>Plotosus anguillararis</u>	Plotosidae	48	60	18
<u>Clupiosoma garua</u>	Schilbeidae	66	-	6
<u>Kryptopterus bichirris</u>	Siluridae	60	-	17
<u>Ompok bimaculatus</u>	Siluridae	40	-	6
<u>Ompok pabda</u>	Siluridae	54	92	8
<u>Parasilurus asotus</u>	Siluridae	58	102	3, 9 18, 25
<u>Parasilurus asotus</u>	Siluridae	58	96	27
<u>Parasilurus biwaensis</u>	Siluridae	58	102	18
<u>Parasilurus lithophilus</u>	Siluridae	58	102	18
<u>Wallago attu</u>	Siluridae	86	-	6

Referencias: (1) Natarajan y Subrahmanyam, 1974; (2) Khuda-Bukhsh y Manna, 1974; (3) Muramoto et. al., 1968; (4) Srivastava y Das, 1969; (5) Rishi, 1973; (6) Nayyar, 1966; (7) Manna y Prasad, 1974; (8) Nanda, 1973; (9) Nogusa, 1960; (10) Ueno, 1974; (11) Das y Kar, 1977; (12) Prasad, 1971; (13) Arai y Hirano, 1974; (14) Prasad y Manna, 1974; (15) Srivastava y Das, 1968; (16) Post, 1965; (17) Hinegardner y Rosen, 1972; (18) Arai y Katsuyama, 1974; (19) LeGrande, 1981; (20) Scheel et. al. 1972; (21) Toledo y Ferrari, 1976; (22) Toledo y Ferrari, 1976; (23) Michele et. al. 1977; (24) Hudson, 1976; (25) Fujioka, 1973; (26) Ojima et. al. 1976; (27) Muramoto, 1969. (Número cromosómico reportado por LeGrande, 1981). (28) Uribe Alcocer y García Molina (en prensa); (29) Arreguín Espinosa y Uribe Alcocer, 1986; (30) Ramírez Escamilla, 1984.

A r e a d e e s t u d i o

La cuenca del río Balsas es una de las principales del país, cubre una superficie de 112 320 Km.2, superficie aproximada a la que ocupan Holanda, Bélgica y Dinamarca juntas. Se ubica en la Depresión del Balsas, aproximadamente entre los 17 05' y los 20 00' latitud norte y los 97.30' y los 103 15' longitud oeste. Se extiende sobre un relieve formado por valles, llanuras, cerros y montañas; capta los derrames de la vertiente norte de la Sierra Madre del Sur y las aguas que llegan de la barrera volcánica que cruza el territorio nacional.

La constituyen varios ríos como el Mixteco, Amacuzac, Alahixtlán, Cutzamala y Tepalcatepec, entre los más importantes.

El clima en su mayor parte es tropical lluvioso, con lluvias en verano, generalmente tempestuosas.

Es una de las cuencas más pobladas del país. Esta población se ubica en numerosos parajes, rancherías, ejidos, pueblos y algunas ciudades importantes como Tlaxcala, Puebla, Cuernavaca, Taxco, Iguala, Huetamo, Apatzingán y Uruapan entre otras.

El río Balsas nace al norte de Tlaxcala, se dirige al sur y después hacia el oeste; cruza la porción austral de la Depresión del Balsas donde se designa con varios

nombres. Alimenta con sus aguas a varios pueblos y sirve de límite entre Guerrero y Michoacán; con dirección al sur llega al Océano Pacífico. En su desembocadura forma la barra de Zacatula.

La colecta de los organismos se llevó a cabo en los ríos Amacuzac, Mor. y Huámito, Mich.; que corresponden a la región oriental y occidental de la cuenca del río Balsas (Figura 2).

O b j e t i v o s

- Determinar, a través de un estudio citogenético, el número y fórmula cromosómica de Istlarius balsanus y contribuir de esta forma al conocimiento citogenético y de relaciones filogenéticas de esta especie de la familia Ictaluridae.
- Comparar los cariotipos de las dos posibles subespecies de Istlarius balsanus, representadas por los ejemplares pertenecientes al oriente y al occidente de la cuenca del río Balsas, con el fin de aportar datos que ayuden a resolver el problema de su identificación.

Materiales y Métodos.

Se estudiaron cinco organismos del río Amacuzac, dos de ellos hembras, un macho y dos más en los que no se logró determinar el sexo. Los peces fueron trasladados al Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM donde se mantuvieron en acuarios hasta el momento del sacrificio, excepto cuatro hembras y un macho del río Huámico, fueron procesados cerca de la zona de captura.

Todos los peces fueron capturados durante la noche con atarraya.

Técnica citogenética.

La técnica citogenética empleada para la obtención de los cromosomas se basan en los trabajos realizados por Mc Phail y Jones (1966) y Lieppman y Hubbs (1969) reportadas por Denton (1973), con modificaciones realizadas por Uribe-Alcocer et al. (1983); Castorena-Sánchez et al. (1983) y Maldonado-Monroy et al. (1985), en el Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos del I.C.M.y L. de la UNAM.

1. Pretratamiento con cloruro de calcio.

Se administró una solución de CaCl al 0.1% por vía intraperitoneal en proporción al tamaño del pez y se dejó actuar durante 60 minutos. Subrahmanyam (1969) propone la siguiente dosis:

De 5 a 10 cm.	0.50 ml.
De 10 a 15 cm.	0.75 ml.
De 15 a 20 cm.	1.00 ml.

La duración del pretratamiento varía para cada especie en particular dependiendo de la calidad de los resultados obtenidos. Según Subrahmanyam (1969) se emplea CaCl para estimular la división celular y disminuir la contracción que sufren los cromosomas por la acción de la colchicina, que posteriormente se utiliza.

2. Inhibidor mitótico.

Para la acumulación de células en metafase, se empleó una solución de colchicina al 0.1% por vía intraperitoneal. La colchicina impide la formación del huso mitótico y de esta forma evita que las células continúen hacia la anafase aumentando por lo tanto, el número de células en metafase. No se empleó una dosis específica que relacionara el peso del organismo y la cantidad de solución de colchicina administrada. La dosis se estimó de acuerdo al tamaño del cuerpo (no estandarizado) de los especímenes; como lo indica LeGrande

(1984) para ictalúridos. los organismos de 15 a 20 cm. de longitud patrón recibieron usualmente menos de 2 ml. de colchicina, durante un intervalo de 45 minutos a 1 hora hasta el momento del sacrificio.

3. Elección del tejido para el análisis.

Al término del tratamiento con la solución de colchicina, se sacrificaron los peces, y se extirparon los arcos branquiales y por descamación del epitelio se obtuvo el material celular suficiente. Se debe elegir un tejido mitóticamente activo para obtener un buen número de metafases. Tejidos con gran actividad de células en división se encuentran en el epitelio de las branquias, escamas, gónadas y víceras, y el epitelio final de las aletas pectorales, dorsales, caudales, ventrales y anales.

4. Tratamiento hipotónico.

Para asegurar el esparcimiento apropiado de los cromosomas en los campos metafásicos, las células estuvieron sujetas a un tratamiento hipotónico adecuado. Se usó una solución de cloruro de potasio KCl al 0.75 M., durante un intervalo de 40 a 45 minutos.

Pueden emplearse otros tratamientos hipotónicos, incluyendo agua destilada y soluciones diluidas de sales, como citrato de sodio y citrato de potasio. Kligerman (1982) sugiere que por ensayo y error se determine la

duración y la solución hipotónica óptima para cada tejido y especie biológica en particular.

El material celular obtenido por descamación del epitelio fue centrifugado durante 5 minutos a 800 r.p.m., eliminándose posteriormente el sobrenadante (solución hipotónica).

5. Fijación del tejido.

Se aplicó la solución fijadora para preservar la morfología de los cromosomas, asegurar el adecuado contraste de la tinción e impedir que continuara el transporte pasivo de agua, que haría reventar las células provocando la pérdida de cromosomas.

Comúnmente la solución fijadora recomendada para la fijación de rutina en los análisis citogenéticos es la solución 3:1 metanol-ácido acético. Los tejidos una vez fijados, pueden almacenarse durante meses a 4o C sin una disminución notable en la calidad de las preparaciones cromosómicas.

Se agregaron aproximadamente 5 ml. de solución fijadora al material celular (botón) y se resuspendió con cuidado. Nuevamente se centrifugó el material a 800 rpm. durante 10 minutos, y se repitió la operación hasta obtener un botón de color blanco.

6. Preparación de las laminillas.

La elaboración de las laminillas se hizo por goteo a una altura aproximada de 1 m. Esto provocó el estallamiento de las células sobre el portaobjetos, facilitando de esta forma la distribución de los cromosomas en un mismo plano. Las preparaciones fueron a continuación secadas al aire.

7. Análisis microscópico y elaboración del cariotipo.

El examen se llevó a cabo sobre preparaciones teñidas con una solución de Giemsa en buffer de fosfatos 0.14 M. a pH de 8.6 durante 30 minutos, se lavaron con agua y se dejaron secar al aire.

Para observar las metafases mitóticas, las preparaciones fueron analizadas a 16x, 40x y 100x en un microscopio Carl Zeiss equipado con un sistema de microfotografía.

Se registraron las coordenadas de los mejores campos mitóticos y estos fueron nuevamente revisados.

Se fotografiaron las metafases de mayor calidad para el análisis de la morfología de los cromosomas y la construcción del cariotipo representativo de la especie.

Las apreciaciones que se generaron a partir de las ampliaciones fotográficas fueron frecuentemente complementadas con la reexaminación de las preparaciones

correspondientes a fin de obtener la mejor interpretación de la morfología de los cromosomas.

Para el montaje de los cariotipos, los cromosomas se recortaron de las ampliaciones adecuadas y se dispusieron en parejas de homólogos; teniendo en cuenta la posición del centrómero y la longitud de los brazos. La medición de los cromosomas se realizó con una lupa graduada en milímetros. Se elaboraron 9 cariotipos de los organismos procedentes de Michoacán y 16 de los peces colectados en Morelos, y en los dos casos se incluyeron organismos de ambos sexos.

8. Idiograma.

Se utilizó el promedio de las longitudes relativas de cada par cromosómico (basado en la totalidad de los cariotipos elaborados) para la representación de los cromosomas en el idiograma, de acuerdo a la posición del centrómero y la longitud decreciente de los brazos cromosómicos. Las mediciones incluyeron el porcentaje de la longitud de cada cromosoma en la longitud total del complemento (% LTC). Los datos necesarios para la elaboración del idiograma se obtuvieron a partir de los siguientes cálculos:

Longitud relativa de cada par cromosómico (Lr).

Se calcula de la siguiente forma:

$$Lr = (Fc) (Zi)$$

Donde:

$F_c = 100 /$ Sumatoria de la longitud absoluta del
complemento en milímetros

y

$Z_i =$ Valor absoluto promedio de cada par
cromosómico.

Se obtuvo un F_c para cada cariotipo en particular.

Los promedios de las longitudes relativas de los cariotipos analizados se emplearon en la estimación de los siguientes tres parámetros que determinaron la posición del centrómero en cada cromosoma y que hicieron posible su clasificación:

Proporción de brazos (PB).

Se obtuvo de la razón:

$$PB = q/p$$

donde: $q =$ Longitud relativa promedio del brazo largo
de cada par cromosómico.

$p =$ Longitud relativa promedio del brazo corto
de cada par cromosómico.

Índice centromérico (IC).

Se estimó a partir de la relación entre la longitud relativa promedio del brazo corto (p) y la longitud total del cromosoma ($p+q$) multiplicada por 100:

$$IC = (p / p+q) 100$$

Diferencia (D).

Se calculo como sigue:

$$D = (PB-1) 10 / PB+1$$

Donde: PB = Proporción de brazos.

Con estos datos, los cromosomas se clasificaron por la posición del centrómero de acuerdo a Levan *et al.*, (1964). (Tabla 3)

 TABLA 3. Diferencia (D), proporción de brazos (PB) e índice centromérico (IC) de acuerdo a la clasificación cromosómica de Levan *et al.*, (1964).

Clasificación	D	PB	IC
M (Mediocéntrico)	0.0	1.00	50.0
	0.5	1.05	47.5
	1.0	1.22	45.0
m (Metacéntrico)	1.5	1.35	42.5
	2.0	1.50	40.0
	2.5	1.67	37.5
	3.0	1.86	35.0
sm (Submetacéntrico)	3.5	2.03	32.5
	4.0	2.33	30.0
	4.5	2.64	27.5
	5.0	3.00	25.0
	5.5	3.44	22.5
st (Subtelocéntrico)	6.0	4.00	20.0
	6.5	4.71	17.5
	7.0	5.67	15.0
	7.5	7.00	12.5
	8.0	9.00	10.0
t (Telocéntrico)	8.5	12.33	7.5
	9.0	19.00	5.0
	9.5	39.00	2.5
T (Posición terminal)	10.0		0.0

R e s u l t a d o s .

Los cariotipos representativos de las dos poblaciones estudiadas de Istarius balsanus se presentan en la figura 3.

El número diploide modal, el número de organismos y de células examinadas, así como el número fundamental (número total de brazos cromosómicos) se presentan en la tabla 4.

El número diploide modal de $2N = 58$ estuvo compuesto de 9 elementos metacéntricos (m), 13 elementos submetacéntricos (sm), y 7 elementos subtelocéntricos (st), que constituyen la fórmula cromosómica: $9m + 13sm + 7st$.

No se presentaron diferencias en la configuración cariotípica de los especímenes de Istarius balsanus procedentes del río Amacuzac en el estado de Morelos y el complemento de los organismos provenientes del río Huámito en el estado de Michoacán. Tampoco se detectó variación en el número diploide ni en el número fundamental.

Todos los cromosomas presentaron brazos cortos (brazos p) de tamaño variable, de grandes a muy pequeños. El número fundamental calculado fue de $NF = 102$.

 TABLA 4. Número de organismos estudiados (NO), número de células examinadas (NC), así como números modales (NM) y números fundamentales (NF) encontrados.

Localidad	NO	NC	NM	NF
<u>Istlarius balsanus</u> Río Amacuzac, Mor.	5	115	58	102
<u>Istlarius balsanus</u> Río Huámiteo, Mich.	5	49	58	102
TOTALES	10	164	58	102

Los brazos cortos de los cromosomas subtelo-céntricos no han sido contabilizados en el cálculo del número fundamental de acuerdo a Legrande et al. (1984) y Allendorf y Thorgaard (1984).

El tamaño relativo de los cromosomas osciló de un máximo de 4.52% de LTC (longitud total del complemento), a un mínimo de 2.3% de LTC (Tabla 6).

No se encontraron evidencias de la presencia de un par heteromórfico que indicara cromosomas sexuales en ninguna de las dos poblaciones estudiadas.

Después de analizar por separado los datos del complemento cromosómico para los dos grupos de Istlarius balsanus estudiados, se elaboró un solo idiograma con base en los resultados de sus medidas relativas mismo que se presenta en la figura 4. Este se organizó de acuerdo a la

posición del centrómero y a la longitud decreciente de los brazos cromosómicos. Los datos de las longitudes relativas promedio utilizadas en la elaboración del idiograma se presentan en la tabla 5.

En general el complemento cromosómico de Istlarius balsanus puede ser descrito como un cariotipo marcadamente asimétrico con un decremento gradual en el tamaño de los cromosomas y con una composición diversa de elementos metacéntricos, submetacéntricos, y subtelocéntricos.

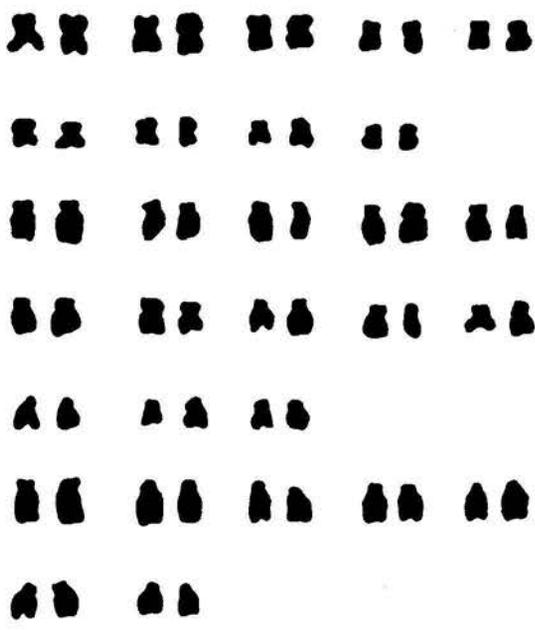
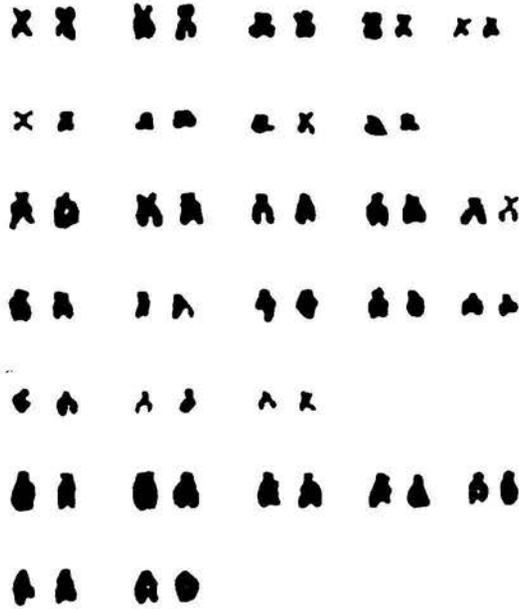


FIGURA 3. Cariotipo de:
 a) Istlarius balsanus del río Amacuzac, Mor.
 b) Istlarius balsanus del río Huámiteo, Mich.

TABLA 5. Longitudes relativas (LR) promedio del idiograma de Istlarius balsanus y clasificación de los cromosomas.

Par	L R p	L R q	L R p+q	I.C.	P.B.	D	Clasificación
1	1.84 ± 0.02	2.32 ± 0.09	4.16	44.2	1.25	1.1	m
2	1.69 ± 0.07	2.10 ± 0.24	3.79	44.5	1.24	1.0	m
3	1.47 ± 0.14	1.88 ± 0.25	3.35	43.8	1.27	1.1	m
4	1.33 ± 0.08	1.82 ± 0.16	3.15	42.2	1.36	1.5	m
5	1.29 ± 0.15	1.68 ± 0.17	2.97	43.4	1.30	1.3	m
6	1.19 ± 0.12	1.70 ± 0.19	2.89	41.1	1.42	1.17	m
7	1.24 ± 0.07	1.52 ± 0.10	2.76	44.9	1.22	1.0	m
8	1.08 ± 0.07	1.53 ± 0.20	2.61	41.3	1.40	1.6	m
9	0.99 ± 0.27	1.39 ± 0.18	2.38	41.5	1.40	1.6	m
10	1.13 ± 0.18	3.21 ± 0.41	4.34	26.0	2.28	4.7	sm
11	1.22 ± 0.14	2.79 ± 0.45	4.01	30.4	2.28	3.9	sm
12	1.16 ± 0.26	2.77 ± 0.25	3.93	29.5	2.48	4.2	sm
13	0.93 ± 0.08	2.73 ± 0.08	3.66	25.4	2.93	4.9	sm
14	0.88 ± 0.19	2.65 ± 0.23	3.53	25.0	2.99	4.9	sm
15	0.86 ± 0.18	2.55 ± 0.34	3.41	25.2	2.96	4.9	sm
16	1.13 ± 0.33	2.21 ± 0.31	3.34	33.8	1.194	6.5	sm
17	0.87 ± 0.17	2.33 ± 0.25	3.20	27.1	2.67	4.5	sm
18	1.06 ± 0.33	1.97 ± 0.43	3.03	35.0	1.185	2.9	sm
19	0.80 ± 0.13	2.17 ± 0.16	2.97	26.9	2.70	4.5	sm
20	0.95 ± 0.22	1.82 ± 0.37	2.77	34.2	1.91	3.1	sm
21	0.77 ± 0.16	1.95 ± 0.35	2.72	28.3	2.51	4.3	sm
22	0.84 ± 0.14	1.62 ± 0.32	2.46	34.1	1.91	3.1	sm
23	1.10 ± 0.25	3.46 ± 0.20	4.56	24.1	3.12	5.1	st
24	0.98 ± 0.15	3.25 ± 0.38	4.23	23.1	3.29	5.3	st
25	1.00 ± 0.16	3.13 ± 0.08	4.13	24.2	3.12	5.1	st
26	1.00 ± 0.13	3.04 ± 0.21	4.04	24.7	3.02	5.0	st
27	0.95 ± 0.17	2.92 ± 0.30	3.88	24.5	3.05	5.0	st
28	0.88 ± 0.18	2.88 ± 0.27	3.76	23.4	3.26	5.3	st
29	0.56 ± 0.10	3.15 ± 0.24	3.71	15.0	5.59	6.9	st

L R p: Longitud relativa del brazo largo
 L R q: Longitud relativa del brazo corto
 L R p+q: Longitud relativa del par cromosómico.
 I C : Índice centromérico
 p B : Proporción de brazos
 D : Diferencia
 m : metacéntrico
 sm: submetacéntrico
 st: subtlocéntrico

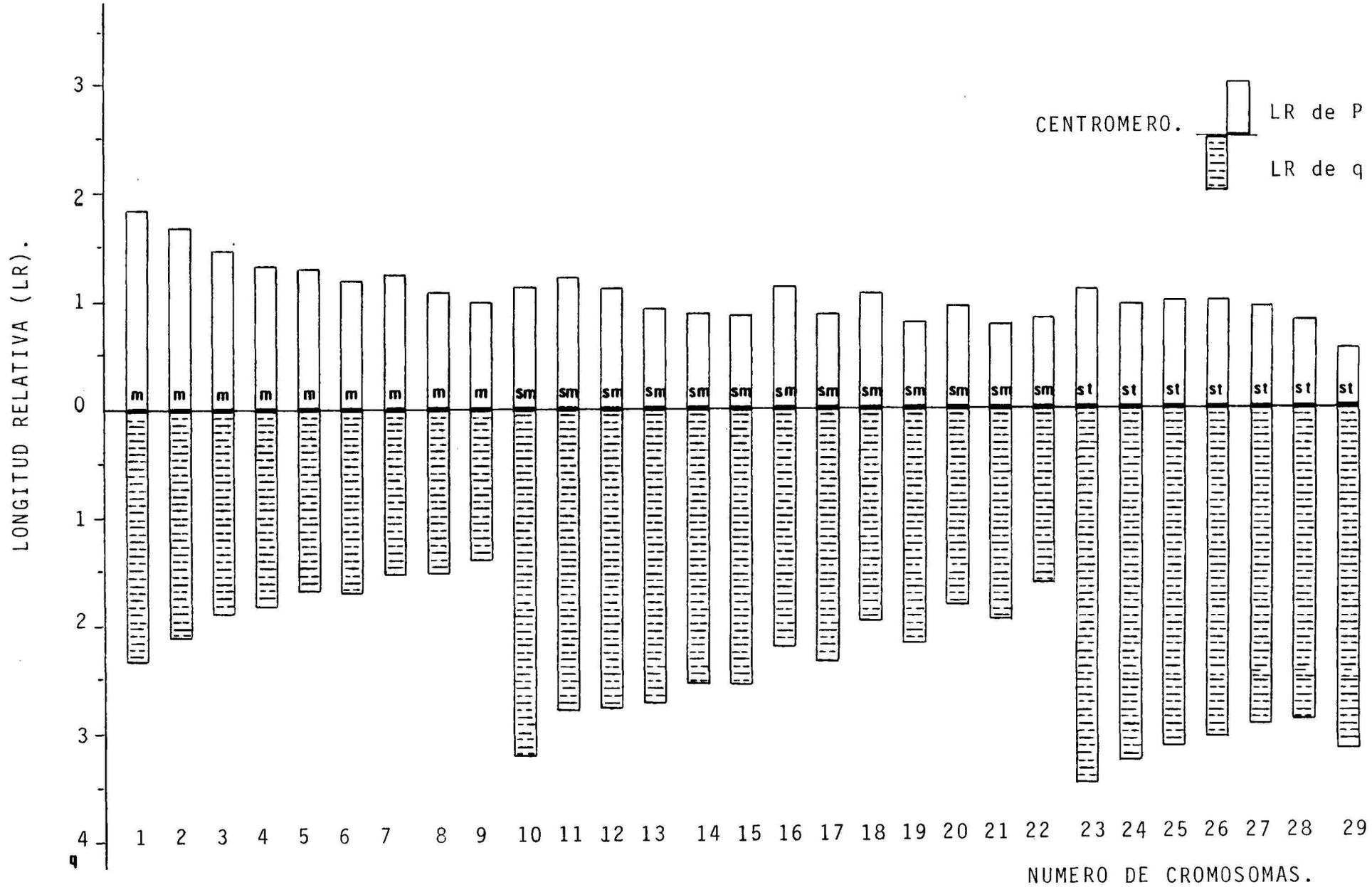


Figura 4. Idiograma de Istlarius balsanus.

TABLA 6. Rango del porcentaje de la longitud total de los pares cromosómicos en relación a la longitud total del complemento en Ictalurus furcatus, I. punctatus e Istlarius balsanus.

Especie	% L.T.C.	Referencias
<u>Ictalurus furcatus</u>	5.0 - 2.0	(1)
<u>Ictalurus punctatus</u>	5.0 - 2.0	(1)
<u>Istlarius balsanus</u>	5.0 - 2.0	(2)

1) LeGrande et al, 1984.

2) Presente estudio.

D i s c u s i ó n .

El número diploide modal de Istlarius balsanus de $2N = 58$ concuerda con la información que sobre el número cromosómico y el número fundamental en la familia Ictaluridae y en el orden Siluriformes, se tiene hasta el momento.

Los cariotipos que se presentan con mayor frecuencia en las familias de siluriformes (LeGrande, 1981) poseen un número diploide de $2N = 56 \pm 2$ y un elevado número fundamental de $NF > 80$. Las familias en las que este número es muy común son la Ictaluridae, Bagridae, Pimelodidae y Ariidae (Tabla 2).

En un estudio reciente Fitzsimons y colaboradores (1988), estiman que el rango diploide predominante en 132 especies de 14 familias de siluriformes, es de 56 ± 2 con un número modal de $2N = 58$. Este estudio corrobora las observaciones de LeGrande (1981) mencionadas antes.

Al igual que en la mayoría de las especies de siluriformes, el cariotipo de Istlarius balsanus es asimétrico (Gold, 1979). El cariotipo presenta una amplia variación en la forma y tamaño de los cromosomas y son obvias las diferencias en la posición del centrómero aún dentro de grupos de cromosomas con tamaño aproximado.

Lundberg y Baskin (1969) a partir de amplios estudios osteológicos del esqueleto caudal de los peces del orden Siluriformes, en los que incluyen el análisis comparativo de los fósiles, afirman que el subgénero Ictalurus conserva más características primitivas que ningún otro linaje dentro de la familia Ictaluridae.

En dos especies de este subgénero se han realizado estudios sobre el complemento cromosómico: Ictalurus punctatus e I. furcatus. Como puede observarse en la tabla 1, el número diploide de estas especies es de $2N = 58$ el mismo que se encontró para Istlarius balsanus.

Gosline (1975) considera a las familias Ariidae, Doradidae, Pimelodidae, Bagridae e Ictaluridae, cercanas al tronco ancestral de los modernos siluriformes por su

estructura palatino-maxilar. LeGrande (1981) toma en consideración esta propuesta y la de Lundberg y Baskin (1969) acerca de las características morfológicas primitivas que presentan Ictalurus punctatus e I. furcatus, y propone que el cariotipo de estas especies es muy cercano al que se considera como ancestral de los ictalúridos y de todo el orden Siluriformes. El cariotipo ancestral constaría de un número diploide de $2N = 58$ y un número fundamental relativamente alto de $NF > 80$.

El cariotipo de Istlarius balsanus presenta en general, gran similitud con los cariotipos de Ictalurus punctatus e I. furcatus. De acuerdo al informe de LeGrande (1984) sobre Ictalurus punctatus e I. furcatus coinciden en el número diploide. Presentan en común 9 pares cromosómicos del tipo metacéntrico (m) y a pesar de que no se cuenta con los datos sobre la longitud relativa de las dos especies estudiadas por LeGrande et al. (1984), se observa una notoria semejanza en el patrón de distribución de los tamaños de los nueve elementos cromosómicos citados.

En los restantes pares cromosómicos de Istlarius balsanus existen 13 elementos submetacéntricos (sm) y 7 elementos subtlocéntricos (st). A diferencia de esta especie Ictalurus punctatus e I. furcatus presentan ambos 7 elementos submetacéntricos (sm) y 13 pares cromosómicos subtlocéntricos (st). Estas diferencias en la morfología

de los cromosomas entre las dos especies de Ictalurus e Istlarius balsanus se hacen cuantitativamente evidentes en el número fundamental. En Istlarius balsanus es de $NF = 102$ y en las otras dos es de 90.

Continuando el análisis del complemento cromosómico de Istlarius balsanus es evidente una gradual disminución del tamaño de los cromosomas que declinan, de un máximo valor justo por debajo del 5.0% de la longitud total del complemento, a aproximadamente el 2.0% de dicha longitud, al igual que en Ictalurus punctatus e I. furcatus (Tabla 6).

Todas las semejanzas del cariotipo de Istlarius balsanus con los respectivos de Ictalurus punctatus e I. furcatus discutidas anteriormente indican que el primero posee una configuración cariotípica muy parecida a la que ha sido propuesta como ancestral de toda la familia Ictaluridae, y que se caracteriza por un número diploide de $2N = 58$ con un elevado número fundamental de $NF > 80$ (LeGrande, 1981).

Junto con Ictalurus punctatus e I. furcatus, Istlarius balsanus posee un cariotipo que sería no sólo el ancestral de la familia Ictaluridae sino también el de todas las familias que constituyen al orden.

Existieron dos centros primarios de diversificación de todas las familias de siluriformes, a saber: una ubicada al sureste de Asia y la otra en Sudamérica, separadas por Africa que a su vez fue un centro de evolución secundario de los siluriformes (Gosline 1975).

Parece que los peces de la familia Ictaluridae constituyeron una invasión temprana de Norteamérica desde Asia. La actual distribución de la familia Ictaluridae en Norteamérica indica que probablemente ha permanecido aquí por largo tiempo (Hocutt y Wiley, 1986). El registro fósil más antiguo se ha encontrado en el oeste de los Estados Unidos a partir del Paleoceno, hace aproximadamente 65 millones de años y corresponde al género descrito como Rhineastes (Lundberg y Case, 1970).

La depresión del Balsas, donde se ubican las aguas del río del mismo nombre, se formó a finales de la era Mesozoica (Sánchez, 1973) antes de la aparición de los primeros ictalúridos en América (Lunberg y Case, 1970). Al principio del Terciario, durante el Paleoceno, después de la formación de la depresión del Balsas y más o menos al mismo tiempo del origen de la familia Ictaluridae, una vasta región que abarca al actual Valle de México y gran parte de la cuenca del Balsas, comenzó a aislarse del mar que lo cubría (Alvarez, 1972).

Fue probablemente durante este tiempo, que los ictalúridos provenientes del norte debieron llegar hasta la cuenca del Balsas, antes de que los cambios ocurridos en el relieve mexicano, como la elevación de extensas áreas de territorio que se sucedieron durante todo el Terciario (Sánchez, 1973), les impidieran el acceso a dicha cuenca.

La intención de la hipótesis anterior no es la de establecer la época exacta a la invasión de los ictalúridos en la cuenca del Balsas, ya que el periodo terciario abarca aproximadamente 52.5 millones de años, pero si proponer que su penetración fue anterior a la constitución de barreras geográficas y posterior al origen de los ictalúridos en América del Norte, probablemente durante los comienzos del Terciario; cuando ya se había originado la depresión del Balsas.

De esta forma los peces de la familia Ictaluridae que se hallaron en la cuenca del río Balsas evolucionaron, como ocurrió con otras familias de peces como la Aterinidae y Goodeidae, a principios del Terciario (Alvarez, 1972), aisladas de sus respectivos ancestros dulceacuicolas y marinos produciendo formas peculiares, características de la ictiofauna actual de la cuenca del río Balsas como Istlarius balsanus, Melaniris balsanus y Balsadichtys whitei.

Tal vez la configuración cariotípica de la única especie del género Istlarius no sufrió grandes modificaciones a partir de la época en la que sus ancestros abandonaron la región del Green River en Norteamérica y en consecuencia, como se propuso más arriba, el cariotipo retuvo características semejantes al complemento ancestral de los ictalúridos.

No se encontraron diferencias en el número y morfología de los cromosomas en los cariotipos de los especímenes de Istlarius balsanus procedentes de las diferentes regiones de la cuenca, que apoyaran la división propuesta por De Buen (1946) a favor de la división de la especie en dos subespecies.

Probablemente las diferencias en el número de radios en la aleta anal para Istlarius balsanus balsanus de 21 a 24 y para Istlarius balsanus occidentalis de 25 a 26 que propone De Buen (1946) como fundamentales para la determinación de subespecies sean variaciones que caen dentro de la amplitud taxónomica de la especie.

A pesar del diferente origen geográfico de los especímenes capturados en este estudio, el número de radios encontrados en ambos grupos fue de 21 a 23 presentándose con mayor frecuencia 22 radios. Resultados semejantes reporta Bonilla (1982) pero encuentra de 21 a 25 radios en organismos del estado de Michoacán.

Probablemente existan diferencias raciales (sin emplearlas como una categoría de clasificación) entre la población local de Istlarius balsanus del río Huámito en Michoacán y la población correspondiente al río Amacuzac en el estado de Morelos. La ubicación geográfica y las variaciones de altitud en la cuenca del río Balsas provocan una gran variedad de climas que van de un clima húmedo frío hasta regiones de clima húmedo cálido (Rosas, 1976). La adaptación de la especie a las diferentes condiciones ambientales bien puede o pudo producir las diferencias raciales observadas. Sin embargo la uniformidad en las configuraciones cariotípicas de los individuos analizados y lo inconstante del número de radios de la aleta anal entre las poblaciones descritas, indican que probablemente no sea válida la división de la especie Istlarius balsanus en dos subespecies, conforme a los criterios que pondera De Buen (1946).

A pesar de que los complementos cromosómicos de los organismos aquí estudiados son aparentemente iguales, los resultados anteriormente discutidos no descartan la posibilidad de la existencia de ciertas variaciones en el cariotipo que pudieran tener relación con la formación o constitución de subespecies, y que no se hayan detectado con la técnica empleada y por la inclusión de sólo dos zonas de muestreo.

Según LeGrande (1984) los rearrreglos cromosómicos dentro del orden Siluriformes incluyendo a la familia Ictaluridae, se han presentado con gran frecuencia en la historia evolutiva del cariotipo.

La falta de una adecuada técnica de tinción diferencial con resultados satisfactorios para la gran mayoría de los peces, impide la identificación de los cromosomas individualmente y hace difícil la determinación de los tipos de rearrreglos cromosómicos que hayan ocurrido en la historia evolutiva de esta especie. Sin embargo, pueden estudiarse los efectos de estos rearrreglos en el proceso meiótico y en estudios sobre su fertilidad.

Las perspectivas de la continuación de los estudios citogenéticos de la especie, incluyen estudios extensivos en busca de variación cromosómica intraespecífica; estudios sobre el desarrollo de técnicas adecuadas de bandeo cromosómico en peces y análisis de los rearrreglos que se lleguen a encontrar, estudios sobre la fertilidad y de los procesos meióticos.

C o n c l u s i o n e s .

1. El número diploide encontrado en los especímenes estudiados de Istlarius balsanus fue de $2N = 58$, con un número fundamental de $NF = 102$ y sin la presencia de cromosomas sexuales.
2. El complemento cromosómico estudiado se caracteriza por su composición a base de elementos metacéntricos, submetacéntricos y subtelocéntricos, con una disminución gradual en el tamaño de los cromosomas que constituyen la fórmula cromosómica $9m + 13sm + 7st$.
3. Este cariotipo es semejante a los de Ictalurus furcatus e I. punctatus y, en consecuencia, al que probablemente caracterizaba al complemento ancestral de la familia Ictaluridae y de todo el orden Siluriformes de $2N = 58$ y un $NF > 80$.
4. Con los muestreos y las técnicas empleadas, no se detectaron diferencias en el cariotipo de los organismos procedentes del río Amacuzac, en el Estado de Morelos y el complemento de los especímenes del río Huámilo, en el Estado de Michoacán.
5. Los estudios citogenéticos de Istlarius balsanus no apoyan la existencia de las subespecies propuestas por De Buen (1946).

B i b l i o g r a f í a .

- Alvarez, J. 1970. Peces mexicanos (Claves). Sec. Ind. y Com., Dir. Gen. Pesca e Ind. Conex., Inst. Nac. Invest. Bibl. Pesqueras. México.
- Alvarez, J. 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la ictiofauna de Michoacán. An. Esc. Nac. Cien. Biol. 19: 155-161
- Alvarez, J. 1978. Relación entre la geomorfología Mesoamericana y la distribución actual de los peces. Bol. Inst. Geol. UNAM. 101: 182-192
- Allendorf, F.W. y G.H. Thorgaard. 1984. Teraploidy and the Evolution of Salmonid Fishes. En: Evolutionary Genetics of Fishes. Bruce J. Turner (Ed.). Plenum Press, New York. pp. 1-53.
- Arreguín, F. 1987. Cultivo comercial del bagre de canal en estanquería rústica. Acuavisión Año II (11): 10-13.
- Arreguín Espinosa, R. y M. Uribe Alcocer. 1986. Caracterización citogenética del bagre Galleichthys ceruleus. Resúmenes del Primer Simposio Nacional de Acuicultura. Sepesca y COTECOPAC. Pachuca, Hgo.
- Ayala, F.J. y J.A. Kiger. 1984. Genética moderna. Fondo Educativo Interamericano. Barcelona.
- Bonilla, C. R. 1982. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de la cuenca del Balsas en el este del Estado de Michoacán. Tesis profesional. E.N.C.B. I.P.N.
- Castorena-Sánchez, I., M. Uribe-Alcocer y J. Arreguín-Espinosa. 1983. Estudio cromosómico de poblaciones del género Tilapia Smith (Pisces: Cichlidae) provenientes de tres regiones de México. Veterinaria U.N.A.M. 14 (3): 137-145.
- Chiarelli, A. y E. Capanna. 1973. Cytotaxonomy and vertebrate evolution. Academic Press.
- Das, R.K. y R.N. Kar. 1977. Somatic chromosome analysis of a siluroid fish, Rita chrysea Day. Caryologia 30: 247-253.
- De Buen, F. 1946. Ictiogeografía continental mexicana (1,2,3). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 7 (1-4): 87-138.

- Denton, T.E. 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas. U.S.A.
- Dobzhansky, T., F.J. Ayala, G.L. Stebbins y J.W. Valentine. 1983. Evolución. Ed. Omega. Barcelona.
- Fitzsimons, J.M., W.H. LeGrye y J.W. Korth. 1988. Karyology of the Marine Catfish *Bagre marinus* (Ariidae) with an analysis of chromosome numbers among Siluriform fishes. Jap. J. Ichthiol. 35 (2): 189-193
- García Molina, F. y M. Uribe Alcocer. Análisis cromosómico del bagre marino *Arius felis* (Ariidae - Siluriformes) de la región de la Laguna de Términos Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Nacional, Auton. México. En prensa.
- Gold, J. 1979. Fish cytogenetics. En: Fish physiology, Vol 8. W. S. Hoar y O. J. Ryall (Ed.). Academic Press. pp. 353-393.
- Gosline, W.A. 1975. The palatine maxillari mechanisms in catfishes, with comments on the evolution and zoogeography of modern siluroids. Occ. Pap. Calif. Acad. Sci. 120: 1-32.
- Hinegardner, R.T. y D.E. Rosen. 1972. Cellular DNA content and the evolution of teleostan fishes. Amer. Nat. 106: 621-644.
- Hocutt, C.H. y E.O. Wiley. 1986. The Zoogeography of North American Freshwater Fishes. Jhon Wiley and Sons. New York.
- Jordan, S. y J. Snyder. 1900. Notes on a collection of fishes from the rivers of Mexico, with description of twenty new species. U.S. Comision of fisheries, Washington pp. 115-147.
- Kato, E. y M. Romo. 1981. Algunos aspectos biológicos del bagre dulceacuícola, *Istlarius balsanus* en el río Amacuzac, Morelos. Tesis Profesional. E.N.E.P.I. U.N.A.M.
- Kirpichnikov, V.S. 1973. On karyotype evolution in Cyclostomata and Pisces. Ichthyologia 5: 55-67.
- Kirpichnikov, V.S. 1981. Genetic bases of fish selection. Springer-Verlag. New York.
- Kligerman, A.D. 1982. The use of cytogenetics to study genotoxic agents in fishes. En: Cytogenetics assays of environmental mutagens. Hsu, T. C. (Ed.) Allan Held, Osmun

Publishers. pp. 161-178

- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller and D.R.M. Passino. 1977. Ichthyology. 2a.ed. John Wiley and Sons. New York.
- LeGrande, W.H. y T.M. Cavender. 1980. The chromosome complement of the stonecat madtom, Noturus flavus (Siluriformes: Ictaluridae), with evidence for the existence of a possible chromosomal race. *Copeia* (2): 341-344.
- LeGrande, W.H. 1981. Chromosomal evolution in North American catfishes (Siluriformes: Ictaluridae), with particular emphasis on the madtoms, Noturus. *Copeia* (1): 33-52.
- LeGrande, W.H., R.A. Dunham y R.O. Smitherman. 1984. Karyology of three species of catfishes (Ictaluridae: Ictalurus) and four hybrid combinations. *Copeia* (4) 873-878.
- Levan, A., K. Fredga y A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.
- Lieppman, M. y C. Hubbs. 1969. A karyological analysis a two cyprinid fishes, Notemigonus chrysoleucas and Notropis lutrensis. *Tex. Rep. Biol. and Med.* 27 (2): 427-435.
- Lundberg J.G. y J.N. Baskin. 1969. The caudal skeleton of the Catfishes, Order Siluriformes. *American Museum Novitates.* 2398
- Lundberg J.G. y G.R. Case. 1970. A new Catfish from the Eocene Green River Formation, Wyoming. *Jour. of Paleontol.* 44 (3): 451-457
- Lundberg J. G. 1975. The fossil catfish of North America. *Pap. Paleo. Univ. Mich. Mus. Paleo.* II.
- Maldonado-Monroy, M. C., M. Uribe-Alcocer, J. Arreguin-Espinosa y A. Castro-Pérez. 1985. Karyological studies on Dormitator maculatus Bloch and Gobiomorus dormitor lacepede (Gobiidae: Perciformes). *Cytologia (International Journal of Cytology)* Tokyo 50: 15-21.
- MacPhail, J.D., y R.L. Jones. 1966. A simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 23 (5): 767-768.
- Meek, S.E. 1904. The fresh-water fishes of México, North of the Isthmus of Tehuantepec. *Field Columbian Mus. Pub. Zool. Ser.* 5: 252.

- Monod, J. 1986. El azar y la necesidad. Ed. Orbis. Barcelona.
- Muramoto, J.S., S. Ohno y N.B. Atkin. 1968. On the diploid state of the fish order Ostariophysi. *Chromosoma* 24: 59-66.
- Nelson, J. S. 1976. Fishes of the world. John Wiley and Sons. New York.
- Nikol'sky, G.V. y V.P. Vasil'yev. 1973. Some features of the distribution of chromosomes numbers in fish. *J. Ichthyol.* 13: 1-19.
- Ohno, S. 1974. Protochordata, Cyclostomata and Pisces. En: *Animal cytogenetics. Vol. 4: Chordata I.* B. John (Ed.). Gebruder Borntraeger, Berlin. pp. 1-92.
- Ojima, Y., K. Ueno y M. Hayashi. 1976. A review of the chromosomes numbers in fishes. *La Kromosomo* II-1: 19-47.
- Regan, C. T. 1908. Description of a new fish of the genus Cichlasoma (C. laurae n. sp.) from Tampico with notes on some other fishes from México and the Caribbean area. *Ann. Mag. Nat. Hist.* (1): 370-371.
- Ramírez Escamilla, A., 1985. Estudio citogenético en el bagre marino Rius melanopus. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
- Rosas, M. 1976. Sobre la existencia de un nemátodo parásito de Tilapia nilotica (Goezia sp. Goeziidae), de la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo, Mich.). Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales. Tuxtla Gtz. Chis., del 3 al 5 de Noviembre de 1976. Inst. Nac. de Pesca. S.I.C. 2: 239-270.
- Sánchez, A. 1973. Síntesis Geográfica de México. Ed. Trillas. 9a ed. México.
- Subrahmanyam, K. 1969. A karyotypic study of the estuarine fish Boleophthalmus budaeri (Pallas) with calcium treatment. *Curr. Sci.* 28 (18): 437.
- Swanson, C.P., T. Merz y W.J. Young. 1981. *Cytogenetics: The Chromosome in Division, Inheritance, and Evolution.* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. 2a.ed. New Jersey.

- Uribe-Alcocer, M., J. Arreguín-Espinosa, A. Torres-Padilla y A. Castro-Pérez. 1983. Los cromosomas de Dormitator latifrons (Pisces: Gobiidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., U.N.A.M. 10 (1): 23-30.
- Uyeno, T. y G.R. Smith. 1972. Tetraploid origin of the karyotype of catostomid fishes. Science 175: 644-646.
- Uyeno, T., R.R. Miller y J.M. Fitzimons. 1983. Karyology of the cyprinodontoid fishes of the mexican family Goodeidae. Copeia (2) 497-510.
- Zarur, A. 1978. La acuacultura y el desarrollo pesquero nacional. Vigésima serie de mesas redondas. Panorama Pesquero Nacional. Inst. Méx. Recur. Nat. Renov. pp. 51-75.