

CARACTERIZACION CITOGENETICA DE LA CORREDORA OLGA
(*Corydora septentrionalis*; Gosline, 1940)

Sergio Charry Roa

Codigo: 2007268727

Mauricio Carrillo Ávila

Director Trabajo de Grado

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Programa Tecnología en Acuicultura Continental

2012

CARACTERIZACION CITOGENETICA DE LA CORYDORA OLGA
(*corydora septentrionalis*; Gosline 1940)

Trabajo de grado realizado como requisito parcial para optar por el título de
Tecnólogo en Acuicultura Continental

Sergio Charry Roa

Codigo: 2007268727

Mauricio Carrillo Ávila

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Programa Tecnología en Acuicultura Continental

2012

FIRMAS JURADOS:

Jurado

Jurado

Director

Coordinador Curso Pasantías

DEDICATORIA:

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi humilde obra de trabajo de grado, en primera instancia a mis progenitores quienes permanentemente y con gran esfuerzo me apoyaron contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos, a mi señora madre por sus sabios consejos, mi padre por su gran sabiduría a la hora de enfrentar retos o problemas y al resto de mi familia tías y abuelos quienes en momentos de difícil situación han sido quienes por su gran nobleza y humildad me han apoyado en un sin número de dificultades.

AGRADECIMIENTOS:

A la universidad sur colombiana por haberme brindado la posibilidad de ingresar a este programa, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por el soporte institucional dado para la realización de este trabajo al Programa de Tecnología en Acuicultura Continental quienes estuvieron siempre atentos y dispuestos ante cualquier duda o inquietud de mi parte.

De igual manera mi mas sincero agradecimiento al jefe de programa Claudia Milena Rodríguez Sierra quien ha sido fundamental en el desarrollo y proceso de trabajo de grado y documentación del mismo, al Decano de la Facultad de Ciencias Rubén Darío Valbuena por sus aportes que contribuyeron a un mejor conocimiento. De igual manera que al Docente Juan Carlos Alonso a quien también agradezco, a mi Director de trabajo Docente Mauricio Carrillo Ávila quien con su paciencia, conocimiento y dedicación me oriento y hoy he logrado satisfactoriamente el desarrollo de esta investigación, por sus gestiones económicas y por lograr conseguir el espacio adecuado para culminar mi trabajo de investigación.

Mis agradecimientos al profesor Miguel Ladines quien nos facilitó la obtención y envío de los animales a investigar, al semillero de investigación quienes fueron importantes en el desarrollo de mi trabajo gracias a sus aportes dentro y fuera del grupo, a mi compañera sentimental quien ha compartido gran parte del desarrollo de la investigación a mi lado y a mis amigos mas cercanos mis mas profundos y sinceros agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION	8
1. MARCO TEORICO	10
1.1 Pesca Ornamental Colombiana.....	10
1.2 Orinoquia Colombiana.....	10
1.3 Cuenca Orinoco.....	11
1.3.1 Localización e Hidrografía.....	12
1.3.2 Diversidad especies (peces).....	13
1.4 Familia Callichthyidae.....	13
1.5 Corydoras.....	14
1.6 Taxonomía <i>Corydora septentrionalis</i>	15
1.6.1 Hábitos e historia de vida.....	16
1.7 Citogenética.....	18
1.8 Cromosomas.....	19
1.9 Técnicas de bandeado cromosómico.....	20
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4. METODOLOGÍA	24
4.1 Material biológico.....	24
4.2 Procedimiento citogenetico.....	24
4.3 Preparación de placas.....	31
4.4 Análisis de Metafases.....	32
4.5 Bandas NOR.....	33
5. RESULTADOS	35
5.1 Morfología.....	35
5.2 Cariotipo.....	38
5.3 Bandas NOR.....	38
6. DISCUSIÓN	39
7. CONCLUSIONES	42
8. REFERENCIAS	43

INDICE DE FIGURA

	Pag.
Figura No. 1. Cuenca Orinoco.....	12
Figura No. 2. <i>Corydora Septentrionalis</i>	15
Figura No. 3. Levadura comercial.....	24
Figura No. 4. Aplicación vía dorsal.....	24
Figura No. 5. Aplicación Colchicina vía intra- preitoneal.....	25
Figura No. 6. Ejemplar <i>Corydora septentrionalis</i> anestesiado.....	26
Figura No. 7. A) Disección ejemplar.....	26
B) Animal abierto	26
Figura No. 8. Ejemplar conservado en formol.....	27
Figura No. 9. Solución Hipotónica preparada.....	28
Figura No. 10. Cantidad de KCL.....	28
Figura No. 11. Homogenización de riñón.....	28
Figura No. 12. Acido Acético.....	29
Figura No. 13. Metanol.....	29
Figura No. 14. Suministro solución carnoy.....	30
Figura No. 15. Centrifugado de muestra.....	30
Figura No. 16 Muestra final material biológico.....	31
Figura No. 17. Placas baño María.....	31
Figura No. 18. Goteo porta objetos con muestra biológica.....	32
Figura No. 19. Coloración de placas con giemsa.....	32
Figura No. 20 Goteo nitrato de plata.....	33
Figura No. 21. Placa NOR en baño de María.....	34
Figura No. 22. Labios y Barbillones (<i>Corydora septentrionalis</i>).....	35
Figura No. 23. Coloración aleta caudal.....	35
Figura No. 24. Forma de Hocico.....	36
Figura No. 25. Coloración dorsal.....	36
Figura No. 26. Gónadas macho	37
Figura No. 27. Gónadas hembra.....	37
Figura No. 28. Metafase.....	37
Figura No. 29. Cariotipo ejemplar <i>Corydora septentrionalis</i>	38
Figura No. 30. Marcadores bandas NOR en células interfásicas.....	38

INTRODUCCION

Los peces tienen una distribución muy amplia a nivel mundial tanto en ambientes marinos como en aguas continentales y representan el grupo más numeroso de los vertebrados. La distribución de los peces de agua dulce está definida por barreras naturales y factores ecológicos e históricos en el desarrollo a las cuencas, que delimitan los actuales patrones biogeográficos de los peces. Tales eventos involucraron mecanismos micro evolutivos, especialmente de reproducción y de dispersión, y macro evolutivos que definieron la actual distribución (*Chará et al., 1998*). La región neotropical posee la fauna más rica en especies de peces dulceacuícolas en el mundo. Algunas estimaciones que esta puede alcanzar las 8000 especies, lo cual representa cerca del 25% de toda la diversidad de peces, incluyendo las formas marinas y de agua dulce (*Vari & Malabarba et al., 1998*).

Los “organismos acuáticos ornamentales”, son aquellos ejemplares vivos pertenecientes a las comunidades de peces de cuerpos de agua naturales o bien, procedentes de cultivo, que son obtenidos para ser comercializados en nuestro país o bien, exportados con fines de comercialización en aquellos países donde surge la demanda (*Panne et al., 2004*). La piscicultura ornamental requiere de una atención especial y de una buena dosis de intuición, por parte de quien la practica, lo que envuelve a los piscicultores ornamentales (generalmente acuaristas), en un grupo aparte de los demás piscicultores (*Panné et al., 2004*).

Colombia es un país rico en recursos hídricos, su territorio está bañado por innumerables ríos, quebradas, arroyos, humedales, lagunas, ciénagas, pantanos, praderas (que se inundan buena parte del año), Esta riqueza hídrica, la diversidad de climas y aguas, y la topografía colombiana hacen que contemos con una gran variedad de peces ornamentales de agua dulce, que son explotados principalmente en cuencas como la Amazonia y Orinoquia, esta última que es compartida por Venezuela y Colombia y posee 1,080,000 km² de los cuales 643,000 km² corresponden a Venezuela (70,5% de su superficie) y 437,000 km² a Colombia (20,2% de su superficie) (*Mago, et al., 1970; IGAC 1999,2003*).

La longitud del río Orinoco aproximadamente de 2150 Km lo ubica en el tercer lugar a nivel mundial (*Weibezahn, et al., 1990; IGAC 1999*).

Actualmente, se conocen cerca de un millar de especies de peces continentales en la cuenca del río Orinoco, ampliamente distribuidos y ocupando una gran diversidad de ambientes acuáticos que incluyen cauces principales de ríos de aguas blancas, claras y negras, caños, madre viejas, lagos y lagunas de rebalse, sabanas y bosques inundados, y biotopos frágiles y especiales como los morichales; (*Lasso et al. 2003a-b*); (*2004a-b*), (*Machado, et al., 2005*). El reconocimiento de la riqueza ictica de la cuenca del Orinoco aporta elementos para su conservación y aprovechamiento sostenible, además de mostrar las amenazas que actualmente enfrenta esta región.

La familia Callichthyidae comprende entre 180 especies dentro de 7 géneros originarios de América del Sur. Abarca un grupo muy popular de peces, mayormente pequeños (menores a 4 cm). A este grupo pertenecen las llamadas *Corydoras*; los peces de esta familia suelen construir nidos, desovan en grupos sobre vegetación y otras superficies, el macho brinda cuidado parental a las crías (*Callichthys* y *Hoplosternum* por ejemplo). Su alimentación abarca gusanos, larvas de insectos y detritus orgánico de los fondos. (*Panné & Luchini, et al., 2008*), es en esta familia encontramos 130 especies donde la *corydora septentrionalis* (*Gosline, 1940*) pertenece a la subfamilia Corydoradinae. Se origina en las aguas continentales de América del Sur, y se encuentra en la cuenca del río Orinoco en Colombia y Venezuela. Originalmente fue descrito por WA Gosline en 1940.

Para estos grupos de corydoras muchos aspectos continúan no resueltos en los niveles taxonómicos e inclusive en algunos grupos aún se carece de información sistematizada, (*Poggio et al., 2004*) viéndose reflejado en problemas como la similitud inter e intra – poblacional en algunas especies y morfología de las mismas, lo que hace necesario recurrir a técnicas como la citogenética, para obtener un mejor análisis taxonómico y filogenético. Identificar elementos comunes al conocimiento entre las especies, poblaciones y su posible origen y evolución, pues esta disciplina de la genética nos otorga estudios sobre organización, segregación y distribución del material genético. Por todo el aporte que brinda los estudios citogenéticos se considera un aspecto primordial y de gran valor para dar respuestas necesarias en el manejo de la zootecnia, piscicultura y otros manejos (*Burbano, et al., 2001*).

1. MARCO TEORICO

1.1 Pesca ornamental colombiana:

El interés que se ha despertado en los últimos años por conocer la biología y ecología de la ictiofauna continental, unido a la necesidad de optimizar el manejo de las especies sujetas a explotación o de aquellas que se encuentran, de una u otra manera, amenazadas, ha tenido como consecuencia el desarrollo de estudios que buscan determinar la importancia de este recurso en la economía local, nacional e internacional.

La pesca colombiana se puede dividir según los grupos que sean de explotación. Existe la pesca consumo industrial, la pesca artesanal y la pesca de ornamental que también se realiza de manera artesanal. *(Moreno & Duque, et al., 2010).*

El aprovechamiento de los recursos pesqueros ornamentales, se remota a los años 50 *(Castro, et al., 2005)*, siendo su destino el mercado internacional, en el que Colombia se ha ubicado entre los 15 principales países productores. La importancia del comercio de peces ornamentales en el país no solo reside en el comercio internacional, sino que también constituye una fuente de ingresos importante para las comunidades indígenas, rurales y costeras, que frecuentemente contribuye en buena medida a crear oportunidades de empleo e ingresos de exportación. A pesar de esta importancia y del alto número de especies que son exportadas provienen del medio natural, los estudios realizados para conocer sus aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros corresponden a estudios dirigidos en pocas especies y en algunos casos no tienen continuidad en el tiempo o no contribuyen a definir los alimentos para realizar un aprovechamiento sostenible del recurso. *(Mancera & Alvares, et al., 2008).*

1.2 ORINOQUIA COLOMBIANA:

La región de la Orinoquia se constituye en el puente de intercambio entre especies de la Orinoquia y la Amazonia. Sus características geográficas, su historia geológica, sus condiciones de humedad, sus factores ecológicos y sus actividades antropogénicas, determinan la presencia de una gran

diversidad biológica. Ésta se refleja en su gran número de ecosistemas únicos y especies endémicas, y se constituye en un refugio de especies migratorias.

La región ha sido considerada como una de las últimas “áreas silvestres” o “regiones vírgenes” del planeta (*Rivas et al, 2002*). Tiene una de las mayores riquezas de especies de peces de agua dulce del mundo (*Maldonado – Ocampo et al, 2008 en IAvH 2009*), de mayor diversidad de aves (*McNish, 2007*), y se destaca por su muy alta diversidad de gramíneas tropicales. También cuenta con una amplia diversidad de especies de anfibios, reptiles y mamíferos (*Mares, et al., 1992*). Más que la riqueza de especies, la biodiversidad de la región se caracteriza por su gran heterogeneidad de ecosistemas y grandes concentraciones de algunas especies como fenómeno sobresaliente (aunque no único) de la región.

Sin embargo, históricamente han existido percepciones negativas de la biodiversidad en relación con las expectativas del desarrollo. Ellas pueden superarse atendiendo principalmente al atributo funcional de la diversidad biológica, como soporte de la dinámica y productividad de los ecosistemas (naturales, semi-naturales y transformados).

1.3 CUENCA DEL ORINOCO:

La cuenca del río Orinoco (**figura No. 1**) en Colombia sobresale por su riqueza hídrica, su importancia histórica como medio de comunicación y de transporte nacional e internacional, y su diversidad cultural, de paisajes y ecosistemas terrestres y acuáticos que albergan distintas formas de vida hasta ahora poco conocidas. Con un proceso histórico de ocupación y uso de sus recursos que ha generado diversos y controvertidos conflictos, es también una de las regiones menos densamente pobladas del país, y al mismo tiempo una de las que cuenta con un mayor grado de transformación en las últimas décadas. Considerada por muchos como la despensa alimentaria de Colombia, se nomina desde múltiples perspectivas industriales: forestal, acuícola, agropecuaria, ecoturística. (*Harders, et al., 2005 – 2015*).



Figura No. 1 Cuenca Orinoco

1.3.1 Localización e Hidrografía:

La gran cuenca del Orinoco está localizada en una faja latitudinal que va desde 0° 40' norte, en la sierra Tapirapeco (al sur del Estado Amazonas, Venezuela), hasta los 10° 17' norte en el alto río Pao (en el Estado de Carabobo, del mismo país), y cuenta con un área aproximada de 991.587km² distribuida entre Colombia y Venezuela en porcentajes del 35% y el 65% respectivamente -cerca de 347.165 km² y 644.423km², que corresponden a su vez al 30,4% y al 70,6 % de cada uno de los territorios nacionales de dichos. La cuenca comprende desde las estribaciones de la cordillera Oriental de los Andes y su prolongación en Venezuela, hasta la planicie de los Llanos y el Escudo Guyanés, compuesto por un conjunto de mesetas, enclaves edáficos y los ríos tributarios del gran Orinoco.

La parte colombiana, va de norte a sur desde el río Arauca hasta la divisoria de aguas del río Inírida, y de occidente a oriente desde la divisoria de aguas de la vertiente oriental de la cordillera Oriental hasta el río Orinoco; y comprende las sub cuencas de los ríos Ajota, Arauca, Atabapo, Bitá, Dagua-Mesetas, Guaviare, Inírida, Matavén, Meta, Tomo, Tuparro, Vichada y Zama (*I.A.v.H., en Rudas 2003*).

En Colombia la red hidrográfica del Orinoco recibe el aporte de seis subcuencas y 47 estuarios principales que drenan a dichas subcuencas (*IGAC 1999, 2003*). Tradicionalmente este río se ha dividido de acuerdo a criterios fisiográficos y limnológicos en alto, medio y bajo Orinoco, incluyendo el delta.

Hidrológicamente se divide en las cuencas de los ríos Arauca, Meta, Bitá, Tomo-Tuparro, Vichada, Guaviare e Inírida (*Ideam 2004*).

1.3.2 Diversidad especies (peces) :

En la última década varios esfuerzos se han realizado con el fin de documentar la riqueza íctica de la región de la Orinoquia colombiana: *Mojica 1999*, registró un total de 424 especies; *Maldonado-Ocampo 2004*, 605 especies; *Lasso 2004*, 685 especies; *Maldonado-Ocampo y Usma 2006*, 619 especies; por último, el dato más actualizado de *Maldonado-Ocampo 2008*, registra un total de 658 especies. Esto quiere decir que de las 1.435 especies de peces de agua dulce actualmente registradas en el país (*Maldonado-Ocampo et al. 2008*), 45,8% (658) se encuentran distribuidas en la región de la Orinoquia colombiana. En los últimos diez años han sido descritas doce nuevas especies con localidad tipo en la región de la Orinoquia. Del total de especies registradas para el país, 56 son endémicas de esta área, constituyéndose a la fecha en la segunda región después de la región Transandina colombiana, que posee mayor número de endemismos en peces de agua dulce en Colombia.

Estas especies agrupadas en 20 órdenes, 76 familias y 426 géneros. Los órdenes con mayor representación específica son: characiformes (399 spp). Siluriformes (314 spp) y perciformes (126 spp). La familia con mayor riqueza son characiformes, que representan el 15.71% del total de las especies. Le siguen los loricaridos y cichlidos.

1.4 FAMILIA CALLICHTYDAE:

Los calictidos son los únicos bagres en Suramérica con dos series de escudos o placas dérmicas que encajan completamente los costados y el dorso del cuerpo.

De esta forma, cuentan con una coraza dura pero flexible que los protege de sus depredadores. Para completar el armazón, en algunas especies los huesos del tórax, o los coracoides, se extienden sobre el pecho y el abdomen, para proteger esa zona vulnerable. Los otros bagres con armadura en el cuerpo son los doradidos, que usualmente tienen una sola serie de placas laterales por cada costado, cada una con una espina, pero que nunca se unen para cubrir completamente el cuerpo. Los loricáridos tienen placas pequeñas en más de dos series cubriendo todo el cuerpo. Los demás bagres son principalmente desnudos, con la piel lisa, aunque

algunos como los aspredinidos tienen unas pocas placas pequeñas incrustadas en la piel. (*Biollania, et al., 1989*).

Los calictidos se distinguen además, por poseer dos (en vez de un) pares de barbillas que salen de la unión lateral (llamado el rictus), de cada lado de los labios, que utilizan para explorar el sustrato para encontrar su alimento. Carecen de las barbillas mentonianas y nasales.

Desde la revisión de *Gosline 1940*, los calictidos han recibido considerable atención de los ictiólogos como de los acuaristas. Taxonómicamente, los géneros han sido relativamente estables desde hace mucho tiempo (*Regan, et al., 1912, Hoedman, et al., 1952*), pero en el específico, la identificación es aun bastante difícil. Faltan estudios detallados de poblaciones grandes y de las diferentes etapas de crecimiento, para desenredar la complicada sinonimia y la abundancia de especies muy parecidas que existen. (*Bohkle, et al., 1951, Weitzman, et al., 1960, Nijssen & Isbrucker, et al., 1967*).

Dentro de esta familia encontramos calictidos pequeños o más conocidos como coridoras quienes raras veces exceden los 7 cm de longitud total, y se encuentran en sistemas fluviales con algo de corrientes. Aunque esta división de hábitat no es estricta, es un indicio de las tendencias de cada grupo (*Gosline, et al 1940*).

1.5 Coridoras:

Las Coridoras, perteneciente a la Callichthyidae, es muy extendida en América del Sur (*Gosline, et al., 1940; Nijssen, 1970; Kramer & Braune, et al., 1983*) y bien conocido entre los aficionados por sus numerosas especies ornamentales (*Burgess & Quinn, et al., 1992*). Este género (*Lacepede, et al., 1803*) consta de 180 especies (*Reis, et al., 2003*) ampliamente distribuidas en América del sur, que se producen en una variedad de hábitat (*Prieto et al., 2007*). De acuerdo a *Reis 2003*, en promedio, dos nuevas especies de coridoras se describen todos los años durante las últimas décadas (*Rondineli & Braga, et al., 2009*).

Aparentemente, las especies de coridoras viven en poblaciones relativamente aisladas y pequeñas, con poco intercambio genético con sus vecinos en otras cuencas cercanas (aunque hay muy pocos estudios de

campo para sustentar esta teoría). Así, se han observado pequeñas diferencias entre las poblaciones de diferentes microcuencas. Hasta tanto todas la microcuencas hayan sido muestreadas, no podemos estar seguros de la validez de la gran cantidad de especies muy parecidas que han sido descritas. Es posible que en vez de especies biológicas validas, estas sean simplemente variaciones locales (subespecies o razas) de especies polimórficas. El patrón de color y las medidas proporcionales son importantes para separar las especies, pero hay que tomar en cuenta la variación local y la alometría típicamente observada en el crecimiento de esos peces.

1.6 TAXONOMIA *Coridora septentrionalis* (Gosline, 1940):



Figura No. 2 *corydora septentrionalis*

- Reino = Animalia
- Filo = Chordata
- Clase = Actinoptérigios
- Orden = Siluriformes
- Familia = Callichthyidae
- Genero = *Coridora*
- Especie = *Coridora septentrionalis*.

Tamaño:

Alcanza mas de 4,2 cm LE. Cuando ocurre con otras coridoras es usualmente la especie más grande, (thaporn, *et al.*, 1989).

Morfología

Según *Gosline 1940* la especie se caracteriza por: Hocico estrecho, comprimido y alargado, profundidad del cuerpo cabe 2,7 – 3,1 veces en la LE; longitud de la cabeza 3,0 – 3,4 longitud predorsal 1,9 – 2,1; profundidad del péndulo caudal 2,1 – 2,8 en la profundidad del cuerpo; placas dorsolaterales 21 – 23 ventrolaterales 20 – 22, usualmente 21; 3 – 4 placas ácigas en la frente adiposa; coracoides expandidos solamente para cubrir el margen del pecho, ejemplares grandes con más del pecho cubierto; hocico 1,5 – 1,8 en la longitud de la cabeza (LC); distancia interorbital 2,6 – 3,3 en la LC; ojo 4,0 – 4,7 en LC; radios dorsales 1 – 7 o 1 – 8, la espina dentada posteriormente cerca de su extremo, y más larga que al base de esta aleta; adiposa con una espina; aleta caudal bifurcada; radios anales 1 – 6; radios pélvicos 1 – 5; radios pectorales 1 – 9 o 10, la espina fuertemente dentada,

Color (*Gosline, 1940*):

Color base marrón claro o amarillento. Con pigmento oscuro concentrado en una mancha oblicua que se extiende desde frente de la aleta dorsal hacia la línea mediolateral detrás del opérculo; líneas oscuras cubren los márgenes de las placas de los costados; aleta caudal con franjas verticales negras; otras aletas sin pigmento oscuro.

Etimología:

Septentrionalis es del latín “del norte” refiriéndose al norte de Suramérica, Colombia y Venezuela (cuenca Orinoco).

1.6.1 HÁBITOS E HISTORIA DE VIDA:

Abundancia:

Esta especie es bien representada entre las colecciones realizadas con 433 especímenes de 57 localidades. Es una especie común de amplia distribución en la cuenca.

Hábitat:

Ocurre en caños y ríos pequeños de aguas limpias (cuenca Orinoco).

Alimentación:

Omnívoro béntico, tomando algas diatomeas y larvas insectos acuáticos.

Reproducción:

La reproducción ocurre en grupos o en parejas, y se sabe que la especie es poliandra. La hembra selecciona y limpia con su boca el sitio de deposición de los embriones, que bien pueda ser una hoja grande, una piedra o un pedazo de madera, o el mismo vidrio del acuario, y después se busca a un macho para aparearse. Durante el cortejo, el macho agarra a la hembra con al boca, y la manipula con sus espinas pectorales y boca a una posición donde quedan cabeza a cabeza, vientre a vientre. En esta pose, el suelta las espermias a un saco formado por las aletas pélvicas dobladas de la hembra. (*Taphorn D. C. 1989*)

Algunos autores informan que la hembra lleva las espermias en su boca para después depositarlas sobre los huevos, los otros dicen que si las espermias entran a la cavidad bucal de la hembra es accidental, ya que la nube de espermias rodea totalmente la pareja en su posición de apareamiento (donde quedan por más de un minuto). Sea cual fuere la forma exacta de fertilización, la hembra se lleva los embriones con sus aletas pélvicas para pegarlos al sitio previamente escogido y limpiado. Después de varios viajes, y tal vez aparearse con varios machos, quedan entre 125 a 300 huevos por hembra en uno o más sitios.

Los padres al depositar los huevos no proveen ningún tipo protección paternal, y los abandonan a su suerte. Los embriones eclosionan en 4 – 6 días, dependiendo de la temperatura. En 2 – 3 semanas, los padres pueden reproducir otra vez. Este hecho sugiere que en la naturaleza, puedan ocurrir repetidas jornadas de reproducción, tal vez durante la mayor parte del año, o por lo menos cuando hay suficiente alimentación.

1.7 CITOGENETICA:

En las últimas décadas hubo un significativo incremento de las informaciones filogenéticas acerca de la fauna íctica Neotropical, a pesar de esto, muchos aspectos continúan no resueltos en todos los niveles taxonómicos e inclusive en algunos grupos aún se carece de información sistematizada. Recientemente y en parte debido a la gran cantidad de estudios de descripción y re-descripción, han sido revisadas las estimaciones relacionadas a la cantidad de especies que pueblan las diversas cuencas hidrográficas sudamericanas, sugiriéndose que la diversidad a nivel específico sea notablemente mayor de lo que se supone y que pueda llegar a un total de alrededor de 8.000 especies, lo que representaría cerca del 25% de toda la diversidad de peces mundial.

El conocimientos genético de la especie es vital cuando se trata de acciones como identificación de sexos, reproducción, repoblamiento y recuperación de los niveles normales de las poblaciones en los ecosistemas naturales, por tal motivo es clave la implementación de la CITOGENETICA que en los peces ha servido para: la clasificación *taxonómica*, el análisis de la tendencia evolutiva, filogenia y re arreglos cromosómicos, estudios de biodiversidad (*Fenocchio, et al., 2000*), para la determinación de hibridaciones para mejoramiento de la viabilidad de genotipos, (*Burbano, et al, 2001*), observación de polimorfismos y especiaciones, (*Betollo, et al., 1991*)

Algunas Aplicaciones de los Estudios Citogenéticos:

También de suma utilidad en proyectos de cría de peces, ya que algunas características cromosómicas, junto con otras aportadas por ejemplo por la genética bioquímica, pueden constituir buenos marcadores poblacionales que permitan determinar el origen de stocks de peces utilizados en programas de cultivo.

En la acuicultura actual también se han producido híbridos y poliploides experimentales, casos en los cuales, conociendo la constitución cromosómica de las especies parentales pueden determinarse los orígenes así como los niveles de ploidía. Además, recientemente, con estudios de la genética toxicológica (estudios de mutagénesis) comenzaron a ser desarrollados proyectos de monitoreo ambiental en los que fueron

incluidos los peces como modelo experimental. Estos organismos atrajeron la atención de los investigadores ya que los contaminantes ambientales afectan en primer lugar los cursos de agua y a través de los peces estos elementos nocivos, productos de desechos industriales o urbanos pueden llegar al tope de la cadena trófica. Actualmente, entre los estudios de genética aplicada en peces se incluyen también investigaciones que tienden a la producción de peces transgénicos. Estos proyectos se están llevando a cabo en peces de interés económico y tienden a inducir la mejora de algunas cualidades productivas (por ej.: crecimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a temperatura) a través de la transferencia al genoma de los peces de DNA exógeno.

1.8 CROMOSOMAS:

Los cromosomas de los organismos superiores son estructuras complejas en las cuales el DNA, RNA y varios tipos de proteínas están íntimamente asociados. Están formados por dos brazos uno corto y otro largo separados por una constricción primaria conocida como centrómero. Según la posición de éste, los cromosomas se clasifican en metacéntricos, submetacéntricos, subtlocéntricos y acrocéntricos, dependiendo si el centrómero se desplaza hacia el extremo del brazo corto del cromosoma (*Thorgaard y Disney, et al., 1990*). Ésta clasificación permite identificar el número fundamental que no es otra cosa que el número de brazo que contenga el paquete cromosómico de una especie. (*Macgregor, et al., 1993*).

Diversidad Biológica y Diversidad Cariotípica:

Las características estructurales y cuantitativas de los cromosomas (cariotipo) son importantes en investigaciones básicas taxonómicas y evolutivas esta variación se expresa en características fácilmente analizables como el número, forma y tamaño de los cromosomas y no esta relacionada con complejidad genética u organismica. Es decir No solamente existen diferencias numéricas, sino también en la composición de los complementos cromosómicos, encontrándose especies o grupos de especies con cariotipos más homogéneos (simétricos), compuestos por cromosomas del mismo tipo (metacéntricos o acrocéntricos, por ejemplo) y otros más heterogéneos (asimétricos) (*fenocchio, et al., 2009*).

La variabilidad cariotípica es evidenciada no solamente por las características citogenéticas básicas o generales, sino también por algunos sistemas cromosómicos especiales que pueden ser encontrados en diferentes grupos, como por ejemplo casos de **sistemas de cromosomas sexuales**, simples o múltiples, con heterogamia femenina o masculina. La diversidad biológica está acompañada por una igualmente extensa variabilidad cariotípica. En la fauna íctica Neotropical han sido descritos números cromosómicos en el intervalo comprendido entre $2n=24$ y $2n=132$ (Fenocchio, et al., 2009).

Es importante analizar también, la cantidad y localización de la heterocromatina (ADN repetitivo no codificante) mediante distintas técnicas de bandeo, y caracterizar citoquímicamente distintos tipos de heterocromatina utilizando fluorocromos y en algunos casos identificar el ADN satélite y relacionarlo con bandas heterocromatinas. Además, deben localizarse las regiones interespecífica. Por otro lado, aunque menos frecuente, también puede existir variabilidad cariotípica intraespecífica manifestada como polimorfismos politipismos cromosómicos. (Poggio, & Naranj, et al., 2008).

Las preparaciones cromosómicas en peces pueden ser obtenidas mediante técnicas directas (Bertollo et al., 1978) y de cultivos de células (Fenocchio & Bertollo, et al., 1988), (Fenocchio et al., 1991).

La apariencia, la estructura y la actividad de los cromosomas varían a lo largo del ciclo celular. De tal manera que solo son visibles a al microscopio óptico durante la metafase, cuando se ubican en el plano ecuatorial y son inactivos transcripcionalmente (Burbano, et al., 2001).

1.9 TÉCNICAS DE BANDEO CROMOSÓMICO:

Parte de un cromosoma, que es claramente distinguible de los segmentos adyacentes, por aparecer mas clara o mas oscura con una o mas técnicas de bandeo. Las bandas que se tiñen oscuras con un método, pueden aparecer claras con otro.

El bandeo cromosómico es la técnica que no sólo ayuda a entender mejor la estructura de los cromosomas sino que, además, permite hacer una correlación más precisa entre fenotipo y genotipo resolviendo otra clase

de interrogantes taxonómicos y/o filogenéticos. Los patrones de heteromorfismo o polimorfismo se han encontrado también en bandas, lo que resulta útil en el estudio de genética de poblaciones. Adicionalmente, el reconocimiento individual de los cromosomas de cualquier especie mediante el bandeo constituye una poderosa herramienta de trabajo para estudios evolutivos, pues permite comparar entre sí los cromosomas de diferentes especies relacionadas taxonómicamente.

Bandeo NOR (Región Organizadora de Nucléolos):

Las NORs son los sitios de transcripción del rDNA y estos se localizan dentro del nucléolo de células eucarióticas. Las NORs en peces generalmente están ubicadas en constricciones secundarias en los cromosomas y son identificadas, de forma indirecta, a través de la técnica de impregnación por sales de plata (AgNO_3), pues el material coloreado no es el DNA, sino proteínas ácidas asociadas a él, tales como la nucleolina asociada a la estructura fibrilar del nucléolo y el pré-RNA naciente. De acuerdo con *Miller 1976*, la impregnación de las NORs por sales de plata se restringe a aquellas regiones que estuvieron activas en la interfase precedente. Estudios sobre las regiones organizadoras nucleolares han revelado que su localización es especie-específica para varios grupos de peces.

2 JUSTIFICACION

La especie a estudiar *Corydora septentrionalis* (Gosline, 1940) se encuentra entre una de las familias más abundantes de la cuenca del Orinoco (callichthyidae) (Lasso et al., 2004), y presenta grandes similitudes morfológicas entre especies existentes dentro de esta familia, razón por la cual se hace necesario describir las diferencias entre individuos (diferenciación sexual), poblaciones o taxas, pues está claro que el reconocimiento de especies o poblaciones dentro del género de coridoras no es una tarea fácil, y que por el contrario pueden demostrar caracteres importantes que podrán ser determinados por medio de estudios citogenéticos.

Para diferenciar cariológicamente especies que se parecen en su morfología o para establecer diferencias inter e intra – poblacionales, es necesario recurrir a técnicas como la citogenética que permiten un mejor análisis de los componentes cromosómicos. Este es el caso especial de la *Corydora septentrionalis* la cual presenta grandes similitudes morfológicas entre especies como por ejemplo la *Corydora cortesi* (Castro, et al., 1987) la cual se reporta como sinónimo de la misma.

Estos estudios citogenéticos se emplean en taxonomía y filogenética, de tal manera que permiten identificar elementos comunes entre especies, poblaciones y su posible origen y evolución, (Burbano, et al., 2001). Así mismo permite identificar elementos propios que constituyen los llamados marcadores citogenéticos, es decir características típicas que permiten identificar un grupo de otro.

Al finalizar la presente investigación citogenética se contribuirá a un mejor entendimiento sobre la biología y genética, para futuras descripciones tanto físicas como de comportamiento y diferenciaciones entre poblaciones, teniendo presente de que se obtienen conocimientos o respuestas necesarias para el manejo de animales en condiciones controladas (piscicultura).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Establecer el cariotipo de la *Corydora septentrionalis* (Gosline, 1940) y determinar las diferencias morfológicas y/o cromosómicas existentes entre especies similares del mismo genero o familia.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar y clasificar los cromosomas presentes en esta especie por medio del cariotipo.
- Establecer el número modal diploide de la especie.
- Identificar marcadores citogeneticos para la especie.
- Establecer los patrones de las bandas NOR (Región Organizadora de Nucléolos).

4 METODOLOGIA

4.1 Material biológico:

Se utilizaron 11 animales (adultos y juveniles) de los cuales 6 eran machos y 5 hembras provenientes de la ciudad de Villavicencio.

4.2 Procedimientos citogeneticos:

Para el siguiente proceso se realizara la metodología descrita por *Moreira y Bertollo (1991)*, con algunas modificaciones:

Levadura:

Se requiere de levadura comúnmente encontrada en el comercio (**fig. No.3**) azúcar y se disuelve en agua para luego llevarla al horno a una temperatura promedio de los 37°C. De 15 a 30 min. (Hasta obtener una buena dilución de la levadura en el agua)



Figura No.3 levadura comercial

Se utilizan jeringas volumétricas de 1ml, adicionando 1 ml de levadura por cada 100 gr de peso total del animal Aplicando vía dorsal del animal, (**Fig.No. 4**) una sola vez dejando actuar por 24h.



Figura No.4 aplicación vida dorsal

Al ser inyectada esta levadura el organismo del animal empleara métodos defensivos a través de su sangre por medio de los glóbulos blancos, lo que obliga al animal por medio de esta levadura a producir sangre (extraída del riñón) que nos sirva para llegar a realizar un buen proceso citogénico.

Colchicina:

Pasadas 24h (luego de aplicar la levadura) se le inyecta al animal la misma cantidad relacionada a su peso si se sabe que 1 ml de colchicina por cada 100 gr de pez a una concentración de 0.05%.

Concentración solución stock o madre: 0.025%

Concentración requerida o de trabajo: 0.05%

$$V_1 C_1 = V_2 C_2$$

V = volumen C = Concentración

$$V_1 \times 0.025\% = 10\text{ml} \times 0.05\%$$

$$\frac{V_1 = 10 \text{ ml} \times [0.05 \%]}{[0.025\%]}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

$$\frac{8\text{ml}}{10 \text{ ml}} \quad \text{H}_2\text{O destilada} \quad [0.05\%]$$

Manteniéndose refrigerada a 3°C.

Esta colchicina se aplica vía intra peritoneal como se muestra en la siguiente figura:



Figura No.5 aplicación colchicina vía intra-peritoneal

Dejando actuar por 1h y 15min obteniendo unas metafases deseadas.

La aplicación de colchicina nos permite inducir a la célula a la metafase al inhibir la división mitótica y a su vez el uso acromático.

Disección del animal:

Luego de pasar por la hora y quince minutos en colchicina, se prosigue a la respectiva disección del animal anestesiándolo (**fig. No.6**) con Trycaina.



Figura No. 6 ejemplar de *corydora septentrionalis* anestesiado

Una vez anestesiado el animal, se utiliza el material de disección (tijeras, pinzas, cuchillas) para así realizar un corte ventral al animal que recoge desde la parte bucal a su ano (**Figura No. 7**), posteriormente se descarta gran parte de su organismo, seleccionando no mas sus gónadas y parte anterior del riñón.



A) Disección del ejemplar

B) animal abierto

Figura No.7

Se extrae el riñón el cual presenta actividad hematopoyética es decir productor de sangre y por consiguiente de células. El mismo se encuentra

en posición retroperitoneal, puede ser encontrado adosado a la columna vertebral y presenta en general dos porciones, una posterior (dorsal) y otra anterior (cefálica). Algunos estudios indican que la porción anterior muestra mayor actividad proliferativa (*Moreira & Bertollo, et al., 1991*).

Por medio de las gónadas se obtiene la determinación sexual del pez que se está trabajando; debido a su pequeño tamaño y a no presentar dimorfismo sexual se hace necesario aplicar métodos donde incluyan sustancias como ACETOCARMIN el cual es aplicado sobre la gónada que se ha ubicado sobre un porta objetos.

Por último los peces sacrificados son marcados y depositados en formol que el cual es preparado al 10%, es decir al preparar 300 ml se requerían de 30 ml de formol por 270 ml de H₂O destilada para una conservación de animal (**fig. No.8**)



Figura No. 8 ejemplar conservado en formol

Solución Hipotónica (KCL):

Antes de realizarse la disección del animal se debe preparar KCL (cloruro de potasio) solución hipotónica, calentado en el horno a 37°C.

Se prepara la hipotónica a una concentración 0.075M (molar) 0.56 gr de KCL por cada 100 ml de H₂O (**Fig. No.9**)



Figura No. 9 solución hipotónica preparada

Se adicionan 7 ml de KCL (**figura No. 10**) en un beacker donde será depositado también la parte anterior del riñón ya extraído del animal, luego homogenizar con una jeringa de vidrio sin aguja (**Figura No. 11**).



Figura No.10 cantidad KCL



Figura No.11 homogenización de riñón.

Al terminar la homogenización se deposita la muestra contenida en el beacker (riñón con solución hipotónica) en el horno a una temperatura de 37°C, por un tiempo de 45 minutos.

Por medio de la solución hipotónica KCL logramos que la célula absorba cierta cantidad de agua es decir que esta logre hidratarse y aumentar sus tamaños.

Solución Carnoy o Fijador:

Esta solución compuesta por ácido acético y metanol se prepara en el transcurso de los 45 minutos cuando se tiene la muestra en el horno con

la solución hipotónica, se prepara el fijador que corresponde a 3 partes de metanol (**Fig. No.12**) por una de ácido acético (**Fig. No.13**)



Figura No. 12 ácido acético



Figura No.13 metanol

Posteriormente se lleva la solución al refrigerador 3°C.

Luego de pasados los 45 minutos en KCL se procede a extraer el sobrenadante del beacker depositandolo en un tubo de ensayo y adicionando 1 ml de solución carnoy (**Figura No.14**) diluyendo con la ayuda de una pipeta Pasteur.



Figura No.14 suministro de solución carnoy

Con lo anterior se obtiene un cese al crecimiento de las células, es decir esta solución deja que la célula siga estando viva manteniendo la estructura de la membrana.

Centrifugado del material biológico:

Luego de adicionar el primer ml de solución carnoy se ubica la muestra depositada en tubos de ensayo a centrifugar por 10 minutos (**Fig. No.15**)

Velocidad: 1500 rpm



Figura No.15 Centrifugado de la muestra

Pasado el tiempo de esta primer centrifugada, se descarta el sobrenadante que hay en el tubo de ensayo utilizando la misma pipeta pasteur y adicionando ahora no 1 ml sino 7 ml de carnoy a la muestra suspendida en el fondo del tubo de ensayo, centrifugando otros 10 minutos.

De esta forma se logra re suspender el material biológico (Células) el cual necesitamos y encontramos en el fondo del tubo de ensayo, que debe ser extraído con gran agilidad pues en este se encuentran las metafases que se quieren investigar.

Al terminar de centrifugar, se extrae nuevamente el sobrenadante existente en el tubo de ensayo, para así agregar 1ml de fijador por el cual va a quedar guardada y conservada la muestra al pasarla a un tubo ephendorff previamente lavado y marcado (**Figura No.16**); luego depositarlo en el refrigerador a una temperatura de 3°C. Por 24 horas para que esta logre la temperatura adecuada al momento de gotear. (Por choque térmico).



Figura No.16 muestra final material biológico

4.3 PREPARACION PLACAS:

- Lavar el porta objetos previamente antes de ser utilizado para goteo y así evitar partículas no deseadas a la hora de verse en el microscopio, normalmente esto se logra con alcohol al 70% y agua.
- Se preparan las pipetas Pasteur lavadas y desinfectadas.
- Calentar las placas en baño de maría por 15 minutos aproximadamente introduciendo las placas limpias en un beacker con agua esterilizada a 60°C (**Fig. No.17**).



Figura No.17 Placas en baño de maría

- Sacar la muestra conservada del refrigerador en tubos ependorf teniendo en cuenta que esta se debe encontrar bien fría, extraer de la muestra adquirida y gotear la placa ya calentada (**Fig. No.18**) con el fin de desarrollar un choque térmico que ayude a estallar la célula y expandir los cromosomas.



Figura No.18 goteo porta objetos con muestra biologica

- Dejar secar la muestra y adicionalmente se puede colorear con Giemsa a 5% diluido en buffer fosfato (pH = 6,8), (**Fig. No.19**) durante 5 a 7 minutos y lavar con agua corriente; se requiere de 45 ml de burffer y 5 ml de giemsa para preparar colorante.



Figura No.19 coloración de placas con giemsa

- Finalmente dejar que se seque la humedad presentada en la placa y asi poder analizar esta muestra en el microscopio; en donde se podran obtener fotografias para la elaboracion de su debido cariotipo.

4.4 ANALISIS DE METAFASES:

Una vez obtenidas las metafases se determinará el componente cromosomico, numero modal fundamental, para cada uno de los ejemplares estudiados.

La morfologia de cada par cromosomico, sera establecida mediante imágenes digitalizadas; los cromosomas seran clasificados metacentricos,

submetacentricos, subtelocentricos, y acrocentricos, dependiendo si el centromero se desaplaza hacia el extremo del brazo corto del cromosoma (Levan, et al., 1964).

4.5 BANDAS NOR (Region Organizadora de Nucleolos):

Se utilizara el metodo propuesto por *howell & black 1980* que consiste en :

- Previamente lavar las placas que se van a utilizar, se saca la muestra del refrigerador (la muestra del animal donde ya hemos observado metafases) se extrae la muestra con la pipeta pasteur y se gotea una sola vez sobre una placa previamente calentada a 60°C.
- Despues de seca la muestra se colorea con giemsa diluido en buffer por menos de 1 minuto con el proposito de no quedar tan oscura pues no se identificarian adecuadamente las NOR
- Luego de dejar secar esta muestra en la placa se adicionan dos gotas de solucion acuosa de gelatina a 2% (con ácido fórmico en una porcion de 1 ml por 100 ml de solucion) mantenida en un frasco oscuro y refrigerada.
- Adicionar sobre la gota anterior dos gotas de solucion acuosa de nitrato de plata (**Fig. No.20**) al 50 %, preparado en 5 ml de H₂Odestilada por 0,5 gr de nitrato; posteriormente cubrir con una lamina cubreobjetos.



Figura No.20 goteo nitrato de plata

- Incubar a 60°C, sobre un soporte metalico (**Fig. No.21**) por un periodo de 8 minutos o hasta que la placa presente una coloracion marrón claro o color caramelo.



Figura No. 21 placa NOR en baño de maria

- Despues del tiempo apropiado lavar con agua, permitiendo que el cubreobjetos sea retirado por esta.
- Despues de secada la placa podra ser observada en el microscopio para determinar las regiones organizadoras de nucleolos presentes en las metafases.

5 RESULTADOS

5.1 MORFOLOGIA *Corydora Septentrionalis* (Gosline, 1940):

De acuerdo a las claves taxonomicas descritas por Donald C. Taphorn, 1989 este animal presentan:

- Labio inferior con un par de extensiones en el medio de su margen posterior (**Fig. No.22**); barbillas rictales cortas, no alcanzando las bases de las aletas pectorales; hocico redondeado o comprimido, cabeza no deprimida; distancia interorbital mucho menor que la altura de la cabeza, medida en el margen anterior de la orbita; placa áciga predorsal presente; adultos prqueños, que solo raras veces exceden los 5 cm de longitud estándar (LE):



Figura No.22 labios y barbillones

- Aletas caudal y dorsal con franjas oscuras verticales, o con muchas puntas negras (especimenes viejos pueden perdne el pigmento, pero casi siempre quedan trazas) (**Fig. No.23**)



Figura No.23 coloración aleta caudal

- Hocico alargado. Estrecho y puntiagudo (**Fig. No.24**); pedunculo caudal sin mancha; cuerpo con pigmento oscuro desde el origen de la aleta dorsal hacia abajo al centro del costado en el area humeral, el pigmento se concentra mas en los extremos ventrales de las placas dorsolaterales y en los extremos dorsales en las placas ventrolaterales espina pectoral ganchos grandes recurvados (**Fig. No.25**) en su margen posterior radios pectorales 1-8 a 1-10; adultos frecuentemente por encima de los 3 cm de Longitud estándar (LE).



Figura No.24 forma de hocico



Figura No. 25 coloración dorsal

A continuación se mostrará el cariotipo ya definido de la *Corydora septentrionalis* en donde luego de ser sacrificadas y/o procesados 6 machos y 5 hembras; se escogió la mejor metafase donde se es posible la realización de un conteo para su número modal y la fórmula.

se realizó el sexaje del ejemplar a través del microscopio debido al pequeño tamaño de las gónadas obteniendo los siguientes resultados como lo muestran las figuras 26 y 27.

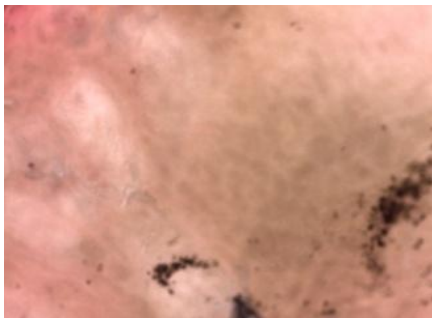


Figura No.26 gónadas Macho

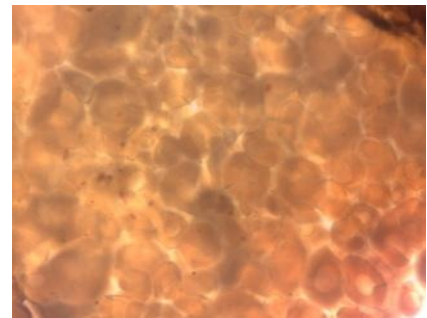


Figura No.27 gónadas hembra

Peso del animal : 3.7 gr

Se han encontrado un total de 5 Metafases en *Corydora septentrionalis* encontradas en un individuo Macho (Gosline, 1940).

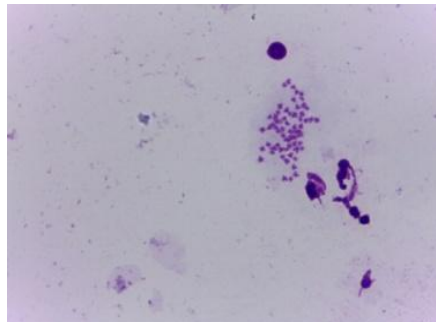


Figura No.28 metafase

Para la elaboración de un cariotipo se escogió la primer metafase de las cinco encontradas en este individuo; donde se realizó el conteo obteniendo un número cromosómico en todas las metafases mitóticas analizadas de: **2n=62**

5.2 CARIOTIPO:

Al establecer el cariotipo de la *Corydora septentrionalis* (Fig. No.29) se han definido cuatro grupos morfológicos:

- Del par 1 al 12 constituido por 12 pares de cromosomas metacentricos.
- Del 13 al 20 por 8 pares de cromosomas submetacentricos.
- Del 21 al 27 formado por 7 pares de cromosomas subtelocentricos
- Del par 28 al 31 constituido por 4 pares de cromosomas acrocentricos.

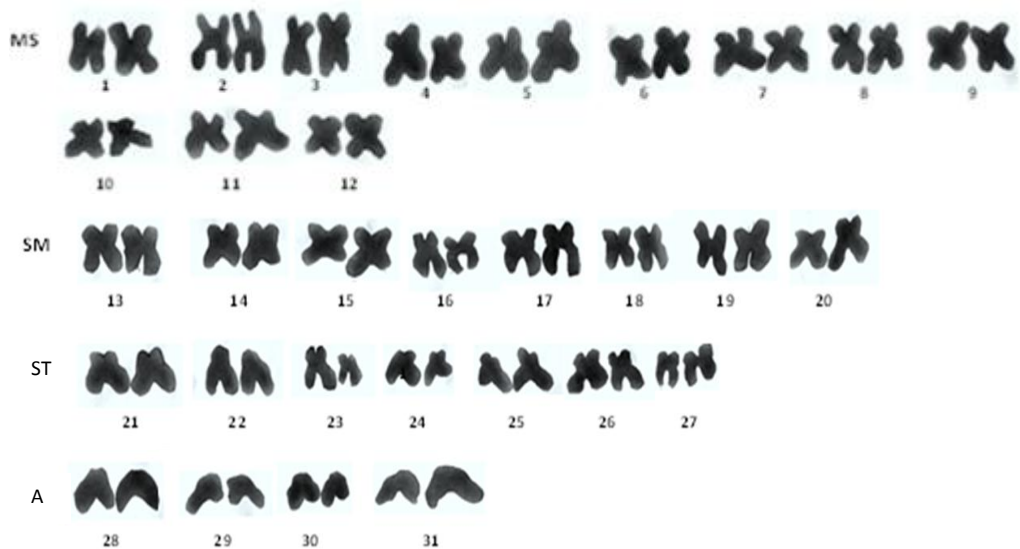


Figura No.29 Cariotipo ejemplar *Corydora septentrionalis*

5.3 BANDAS NOR (Region organizadora de nucleolos):

Se identifico de forma indirecta que esta especie posee un solo par de NOR donde pinta las proteínas asociadas al DNAr:

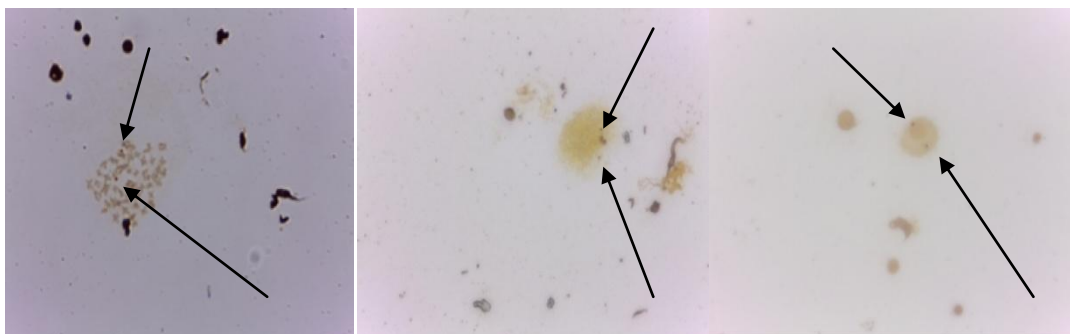


Figura. No. 30 Marcadores de Bandas NOR en Celulas Interfasicas

6 DISCUSIÓN

El cariotipo encontrado en esta especie *Corydora septentrionalis* difiere en el número de cromosomas presentado en estudios realizados por *Pazza, et al., 2005*, para especies de la misma familia callichthyidae donde en el análisis de estas especies se presentan un número modal diploide de $2n=60$ cromosomas compuestos por 6 pares metacéntricos, 2 submetacéntricos y 52 acrocéntricos.

Es de tener en cuenta que en peces de la familia Callichthyidae el número cromosómico es relativamente similar, con diferencias no muy significativas demostrado en estudios realizados por (*Shimabukuro-Dias et al. 2000*), en la especie *Leptoplosternum tordilho* que presenta 60 cromosomas de los cuales 8 parejas son metacéntricas y 52 submetacéntricos.

Con relación a las NORs estos autores reportan NORs individuales que se encuentran ubicadas en el brazo corto del sexto par acrocéntrico, a diferencia de los resultados anteriormente mostrados en esta investigación que muestran un par de NOR ubicados en células interfásicas.

Según investigaciones citogenéticas realizadas por *Kavalco, et al., 2005*, en donde demuestra análisis citogenéticos de cuatro especies de peces, pertenecientes a cuatro subfamilias: Loricariidae *Neoplecostomus microps* (Neoplecostominae) con $2n = 54$ cromosomas, *loricariformis Harttia* (Loricariinae) con $2n = 56$ cromosomas, *Hypostomus affinis* (Hypostominae) con $2n = 66$ cromosomas y *Upsilonodus* (Upsilonodinae), con $2n = 96$ cromosomas. Sólo hay un par de regiones organizadoras nucleolares (NOR) por especie.

Existen ciertos datos descritos por *Oliveira et al., 1993a* de cariotipos y contenido de ADN donde sugieren un proceso de poliploidización intensa en la diversificación y la historia evolutiva de este grupo. El número de cromosomas diploide varía de $2n = 40$ en *Corydora natterei* (*Oliveira et al., 1990*) hasta $2n = 134$ en *Corydora aeneus* (*Turner et al., 1992*), demostrando que no existen grandes similitudes en número cromosómicos de este género.

El cariotipo presentado en la *Corydora Olga* difiere en números modales según estudios presentados por (*Shimabukuro-Dias et al., 2004*), realizados en diferentes tipos de corydoras demostrando resultados del género *Aspidoras* con número modales de $2n = 46$ cromosomas, la especie *A. Tauro A. Poecilus* exhibieron fórmulas cariotípica compuesta por 15 pares de cromosomas metacéntricos, 5 pares de submetacéntricos y 3 pares de subteloacéntricos. El cariotipo de la especie *Aspidoras cf.fuscoguttatus* demuestra 16 pares de cromosomas metacéntricos, 5 pares submetacéntricos y 2 pares subteloacéntricos; *Corydoras sodalis* muestran $2n = 74$ cromosomas, divididos en 8 pares de cromosomas metacéntricos, 9 pares submetacéntricos, 5 pares de subteloacéntricos y 15 pares de acrocéntricos *Corydoras britskii* mostraron $2n = 90$ cromosomas y cariotipo fórmulas constituido por 2 pares de cromosomas metacéntricos, 5 pares submetacéntricos, 11 pares subteloacéntricos 27 pares acrocéntricos. Por lo tanto se evidencian las diferencias cromosómicas que existen en diferentes especies de este género.

Se puede determinar que en este género las regiones organizadoras de nucléolos suelen ser intersticial, se encuentra sólo en unas pocas especies de *Corydoras* (*Oliveira et al, 1990*;.. *Oliveira et al, 1992*). En otros grupos de Siluriformes, la presencia de Ag-NOR intersticial es poco frecuente, aunque se ha descrito para algunas especies de las familias Trichomycteridae (*Torres et al., 1998*) y Loricariidae (*Alves et al., 2003*).

Las investigaciones realizadas por *Artoni, Vicari, Matiello, Cestari y Bertollo 2006* nos demuestran también la existencia de diferentes resultados citogenéticos en dos especies más de corydoras como la *Corydora ehrhardti* y *Corydoras paleatus* describiendo que estas presentan número cromosómico de $2n=44$ para juntas especies organizados en 9 pares de cromosomas metacéntricos y 13 pares de cromosomas submetacéntricos; Las regiones nucleolares fueron evidentes en un par metacéntrico solo en una posición terminal del brazo largo para las dos corydoras demostrando que existe un mismo cariotipo para ambas especies, esto nos da a entender de que existe evidencia de especies simpátricas es en el género de las corydoras, es decir especies que presentan similitud fenotípica.

Las diferencias más consistentes entre los cariotipos de las especies de *Corydoras* aquí analizada (*corydora septentrionalis*) y los estudiados por *Oliveira et al. (1993a)* se puede señalar con respecto a la presencia y

actividad de las regiones organizadoras nucleolares (NOR). En sus análisis, (Oliveira 1993) encontró teñidos con plata NOR variando de uno a dos pares en *Corydora ehrhadi* y de uno a tres pares *Corydora paleatus*. En el presente trabajo, comparable en las NOR fueron evidentes en sólo un par de cromosomas en células interfásicas, esto indica que estas poblaciones no poseen múltiples NOR, o al menos que no eran activos en la interfase precedente, dando así una característica genotípica para esta especie.

En la *Aspiradora poecilus* la NOR marca en un par en el brazo corto de un metacéntrico, en la *Corydora sodalis* marca un par en el brazo largo de un acrocéntrico y en la *Corydora britskii* se presentan múltiples NOR restringidas a dos pares de cromosomas. (Shimabukuro-Dias *et al.*, 2004).

Los estudios realizados por oliveira 1992, en donde determina un numero cromosomico de $2n=62$ para *Corydoras simulatus* no difiere en el total del numero modal presentado en la *Corydora septentrionalis*.

7 CONCLUSIONES

- La *Corydora septentrionalis* (Gosline, 1940) es una especie diploide con un cariotipo monomorfo constituido por 62 cromosomas, 12 pares metacéntricos, 8 submetacéntricos, 7 subtelocéntricos y 4 acrocentricos ubicándose en el rango intermedio en la cantidad de cromosomas investigadas en otras corydoras.
- Son muy escasas las similitudes presentes en corydoras en cuanto número modal se refiere, presentando así un alto índice de polimorfismo para este género, otorgando características gracias a su número modal, fórmula cariotípica y marcadores NOR.
- La diferencia con respecto a la actividad de las regiones organizadoras de nucléolos en las corydoras varían de un par como la *Corydora septentrionalis* a tres pares, que es frecuente en el género de las corydoras.
- La variación considerable en el número y la posición NOR observada entre las especies y poblaciones de *Corydoras* indica que los estudios más detallados son extremadamente importantes para el análisis y la descripción del cariotipo de la especie, debido a los posibles efectos fenotípicos y los valores de adaptación que resulten de esta variabilidad.
- Aunque el número de especies cuyo contenido de ADN nuclear, se sabe o se conocen ciertas bases de estudios en citogenética estos datos siguen siendo insuficientes a la hora de realizar una comparación con la diversidad de especies (peces) en la región Neotropical.

8 REFERENCIAS

Andrade Pérez G. I., Castro Gutiérrez L. G., Durán Durán A., Rodríguez Becerra M., Rudas Lleras G., Uribe Botero E & Wills Herrera E. 2009. La mejor Orinoquia que podemos construir elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo; *Universidad de los Andes*.

Arias Rodriguez L., Páramo Delgadillo S. & Durán González A. 2005. Caracterización citogenética del pez tropical de agua dulce *Parachromis managuensis* (Pisces: Cichlidae); *Rev. Biol. Trop* Vol. 54 .

Artoni R. F. and Bertollo L. A. C. 2001. Trends in the karyotype evolution of Loricariidae fish (Siluriformes) *Hereditas* 134: 201-210.

Artoni R. F., Terêncio M. L., Vicari M. R., Matiello M. C. A., Cestari M. M., Bertollo L. A. 2006. Citogenética de espécies simpátricas de *Corydoras* (pisces, siluriformes, challichthyidae) do Sul do Brasil; *Biol. vol.66 no.1b*.

Burbano, C. 2001. Citogenética aplicada a peces. 219 - 232 p. En: Rodríguez, H., P. Victoria e M. Carrillo (Eds). Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA. Bogotá, Colombia, Segunda edición, 423p.

Baigún C., López, G., Dománico A., Ferriz R., Sverlij S. & Delfino Schenke R. 2002. Presencia de *Corydoras paleatus* (Jenyns, 1842), una nueva especie brasílica en el norte de la Patagonia (río Limay) y consideraciones ecológicas relacionadas con su distribución; *Ecología Austral* 12:41.48. Junio 2002 Asociación Argentina de Ecología.

Carvalho Lima M., & Oliveira C.F. 1998. El contenido de ADN nuclear de treinta especies de peces neotropicales; Departamento de Ciencias da Natureza; *la Universidad Federal de Acre, Río Branco, Acre, Brasil; Genet. Mol. Biol. Vol. 21*.

Elorrieta A. 1993. Caracterización y análisis de la variabilidad genética en poblaciones españolas de tenca; departamento de genética Facultad de biología Universidad complutense de Madrid.

Galetti P. M. chromosome diversity in neotropical fishes: NOR studies; (Departamento de Genética e Evolução, Universidade Federal de São Carlos, Brasil. 1998).

Howell, W.M. & D.A. BLACK. 1980. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal Developer: a 1 – stop method. *Experiencia* 36: 1014 – 1015.

ICC, Sistema de información de pesca y acuicultura; Comportamiento de las capturas de peces ornamentales años 2006-2007; *boletín mensual No. 23*. Nirchio M. 2009. Estudios citogenéticos en teleósteos marinos y dulceacuícolas de Venezuela; *universidad estadual paulista instituto de biociências*.

Kavalco Frehner K., & Pazza R. 2004. Una técnica alternativa rápida para la obtención de patrones positivos de plata en los cromosomas; *Genet. Mol. Biol. vol.27 No.2*.

Kioko Shimabukuro-Dias C., Oliveira C., & Foresti F. 2004. El análisis citogenético de las cinco especies de la subfamilia Corydoradinae (Teleostei: Siluriformes: Callichthyidae); *Genet. Mol. Biol. Vol.27 No.4*.

Lasso C. A., Mojica J. I., Usma J. S., Maldonado J. A., DoNascimieto C., Taphorn D. C., Provenzano F., Lasso O., Galvis G., Vasquez L., Lugo M., Machado A., Royero R., Suarez C., Ortega A., 2004. Peces de la cuenca del rio Orinoco. Parte 1: lista de especies y distribución por subcuencas; *biota colombiana Vol 5 No. 002; instituto de investigación de recursos Alexander Von Humbolt*. Britto M. R. 2003; Phylogeny of the subfamily *Corydoradinae (Hoedeman, 1952)* (Siluriformes: Callichthyidae), with a definition of its genera.

Latino S., & Markariani R. 2003 – 2004. Estudios citogeneticos en dos especies de las familia Pimelodidae (Pisces, Siluriformes); *Asoc. Cienc. Nat. Del litoral; Natura Neotropicalis 34 y 35*.

Levan, A; Karl Kredga, Avery A. Sandberg. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. (Institute of genetics, Lund, Sweden, and Roswell park memorial institute, buffalo). N.Y, USA. 1964.

López, H. L. y Ponte Gómez J. 2009; Cursos de Ictiología: Biología pesquera de agua dulce, curso 1990; Ictiología Continental Argentina, curso de posgrado 2000; Ictiología Continental Argentina, curso de posgrado 2002; *ProBiota, Serie Documentos nº 6: 1- 147.*

López D. D., Vásquez Palacio Gonzalo., Ruiz Cortés T., & Olivera Ángel M. 2008. Caracterización citogenética del pez neotropical *Brycon henni* (Pisces: Characidae); *Rev. biol. trop Vol.56 No.4.*

Maldonado – Ocampo. 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia; *biota colombiana* 9 (2) 143 - 237, 2008.

Moreira-Filho, O. & Bertollo, L.A.C. 1991. Extraction and use of the cephalic kidney for chromosome studies in small fish (Pisces, Characidae). Brazil. *J. Genet.*, 14(4): 331-357.

Moreno Núñez P. A., & Duque Escobar S. R. 2004. Peces ornamentales comercializados en Leticia Colombia; *Revista facultad de ciencias básicas* 129-136.

Oliveira C., Toledo Almeida L. F., Mori L & Toledo Filho S. A. 1993. Cytogenetic AND DNA content studies of armoured catfishes of the genus *corydoras* (pisces, siluriformes, callichthyidae) from the southeast coast of Brazil; *Rev. Brazil. Genet.* 16, 3, 617-629 (1993).

Poggio L., Espert M., & Fortunato R. H. 2008. Citogenética evolutiva en leguminosas americanas; *Laboratorio de Citogenética y Evolución, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Buenos Aires.*

Pazza R., Frehner K. K., Foresti L., Toledo., & Bertollo L. A. 2005. *Hoplosternum littorale* (Teleostei, Callichthyidae) from a Coastal River basin in Brazil - Cytogenetic analysis and gene mapping of 5S and 18S rDNA; *CARYOLOGIA Vol. 58, no. 4.* Rodríguez Mancera N. J & León Álvarez R; comercio de peces ornamentales en Colombia *acta biol. Colomb., vol. 13 no. 1, 2008.*

Romero M.H., Maldonado-Ocampo J.A., Bogotá-Gregory J.D., Usma J.S., Umaña-Villaveces A.M., Murillo J.I., Restrepo-Calle S., Álvarez M., Palacios-Lozano M.T., Valbuena M.S., Mejía S.L. Aldana-Domínguez J. y Payán E. 2009. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007-2008:

piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.

Thomas E. Axenrot & Kullander S. O. 2003. *Corydoras diphyes* (siluriformes: callichthyidae) and *Otocinclus mimulus* (Siluriformes: Loricariidar), two new species of catfishes from Paraguay, a case of mimetic association; *Ichthyol. Explor. Freshwaters. Vol. 14, No. 3.*

Taphorn D. C. 1989. Los peces de la familia Callichthyidae de la cuenca del río Apure (Venezuela); *Unellez, programa de los recursos renovables, Museo de zoología, Guanare, Edo. Portuguesa.*