



PERÚ

Ministerio del  
Ambiente

Instituto de Investigaciones  
de la Amazonía Peruana

# Conceptos básicos: Filogenia y filogeografía (variabilidad genética y flujo de genes en poblaciones naturales de peces amazónicos)

**Dra. Carmen Rosa García Dávila**

Directora (e) Programa de Investigación del Agua y sus Recursos  
Jefe del Laboratorio de Biología y Genética Molecular

Lima, diciembre del  
2017



Institut de recherche  
pour le développement



# La Amazonía

Presenta una diversidad de especies de peces, muchos de ellos todavía desconocidos para la ciencia

> 3000 especies descritas en Amazonía  
(desde 1990, 50 nuevas especies descritas cada año!):

> 400 son comercializadas (consumo y ornamentales)

~ 10 son cultivadas





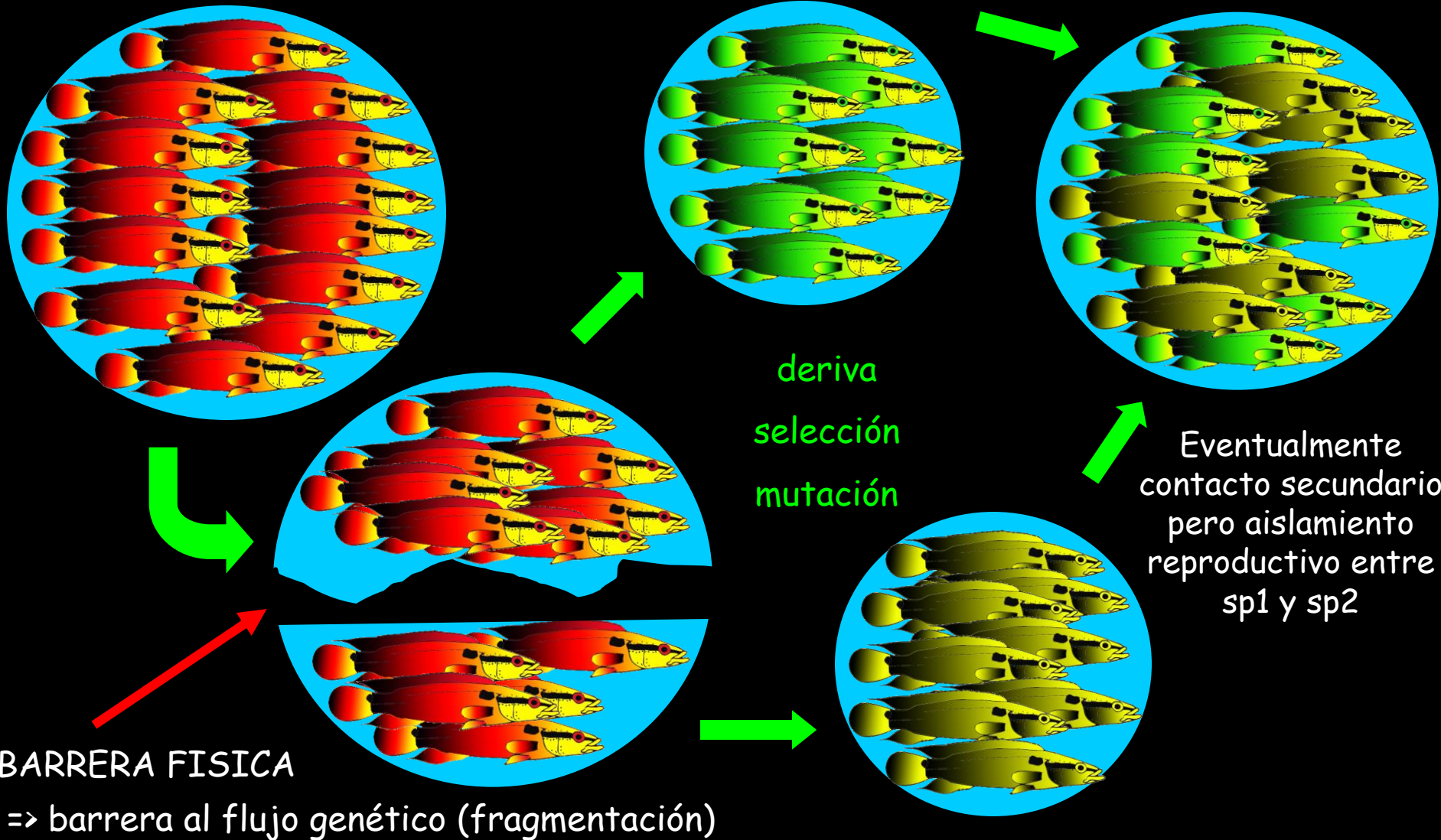


Cual es el origen de la hiper-  
diversidad ictiológica en Amazonía?



# Mecanismo más conocido : formación de nuevas especies por especiación alopátrica (vicarianza)

especie madre





# Barrera : efecto de los Cambios climáticos

## Los glaciares

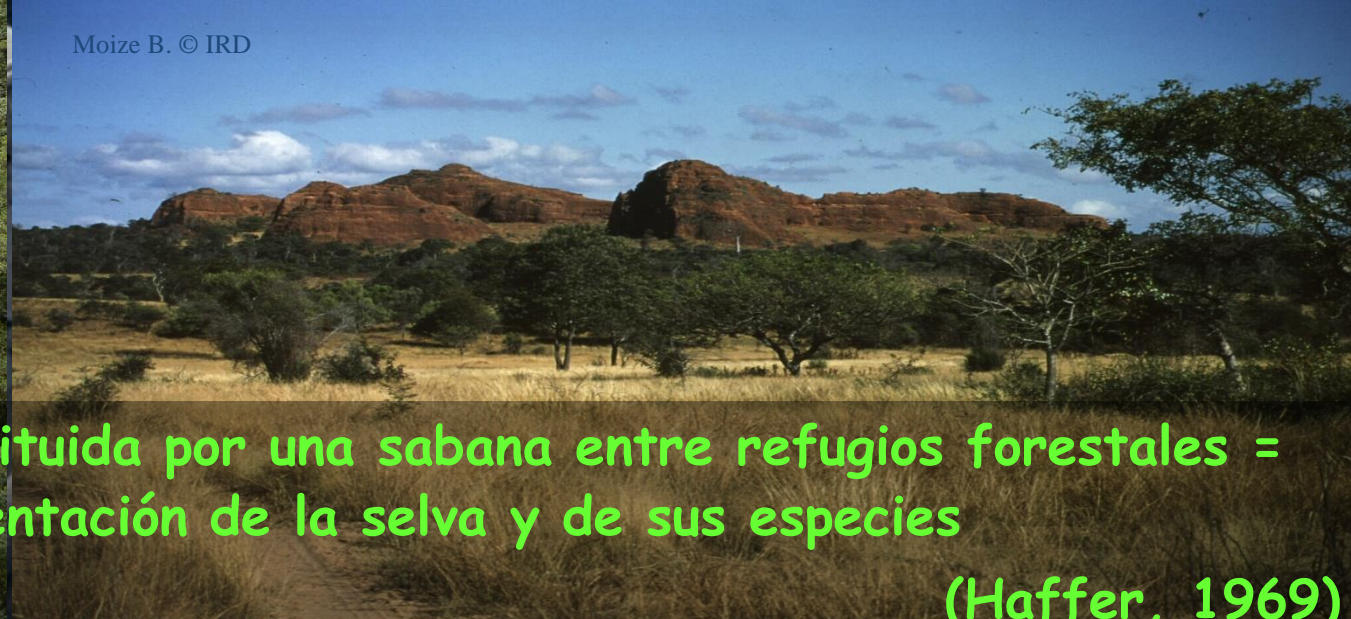
se desarrollaron en las regiones actualmente templadas...



Guyot J.-L. © IRD



Moize B. © IRD



...la selva fue substituida por una sabana entre refugios forestales = fragmentación de la selva y de sus especies

(Haffer, 1969)



**Barrera : incursiones  
marinas  
(Fjeldsä 1994)**



entrada de agua marina (fragmentación  
de las especies)

**Barreras:  
levantamiento de los  
Andes y de los  
paléoarcos**



barreras a la dispersión de la flora y  
fauna

# Barrera actuales : ríos

(Wallace, 1852)





separaciones y anastomosis de las  
cuencas hidrológicas

# Barreras actuales en la Amazonía



especiación ecológica y  
simpátrica ?

especiación a escala de  
una quebrada ?







***Apistogramma cinilabra* sp. n.: Description of a potentially endangered endemic cichlid species (Teleostei: Perciformes: Cichlidae) from the Departamento Loreto, Peru \***

UWE RÖMER<sup>1</sup>, FABRICE DUPONCHELLE<sup>2,3</sup>, ANTONIA VELA DIAZ<sup>4</sup>,  
CARMEN GARCIA DAVILLA<sup>4</sup>, SUSANA SIRVAS<sup>3</sup>, CATALINA DIAZ CATCHAY<sup>3</sup>  
& JEAN-FRANÇOIS RENNO<sup>2,4</sup>



**Especies con áreas de  
distribución muy  
reducida**



# Fenotipo y genotipo

**Fenotipo**



Set de  
características  
expresadas  
por un organismo

**Genotipo**



Set de genes presentes  
en un organismo

**Ambiente**





# Relacionamiento genotipico y fenotipico

Gran variación fenotipica = gran variabilidad genética?

## Heredabilidad

es la proporción de la varianza total de un carácter en una población que es debida a diferencias genética.

### Rango de heredabilidad:

0 = cuando toda variación es completamente ambiental.

1 = cuando toda variación es debido a diferencias genéticas.

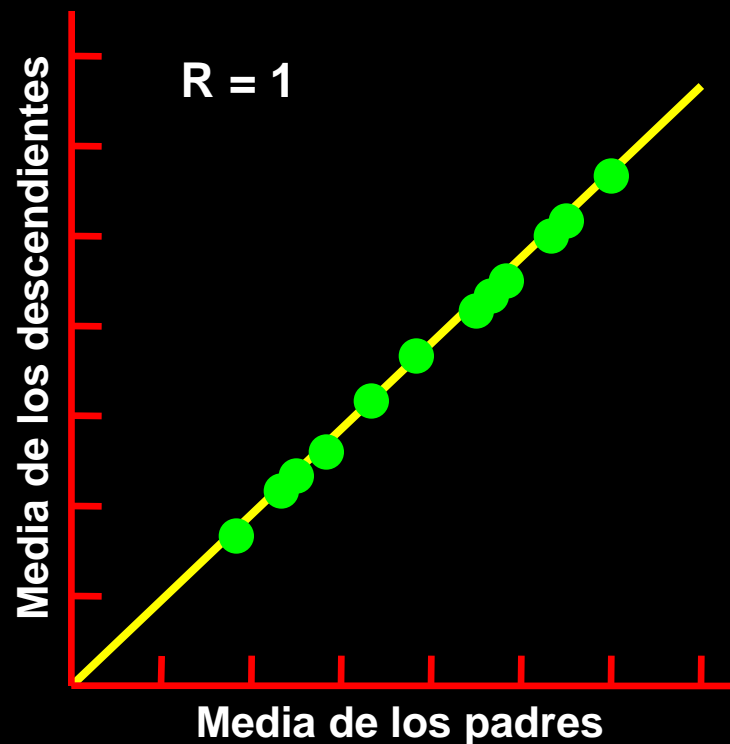




# Tipos de heredabilidad

## Herencia completa

Para dado carácter, padres con valores mayores que la media producen descendientes con valores igualmente altos, en tanto que padres con valores menores que la media producen descendientes con valores igualmente menores.



# Herencia completa



Número de surcos de la huella digital

**Es decir**

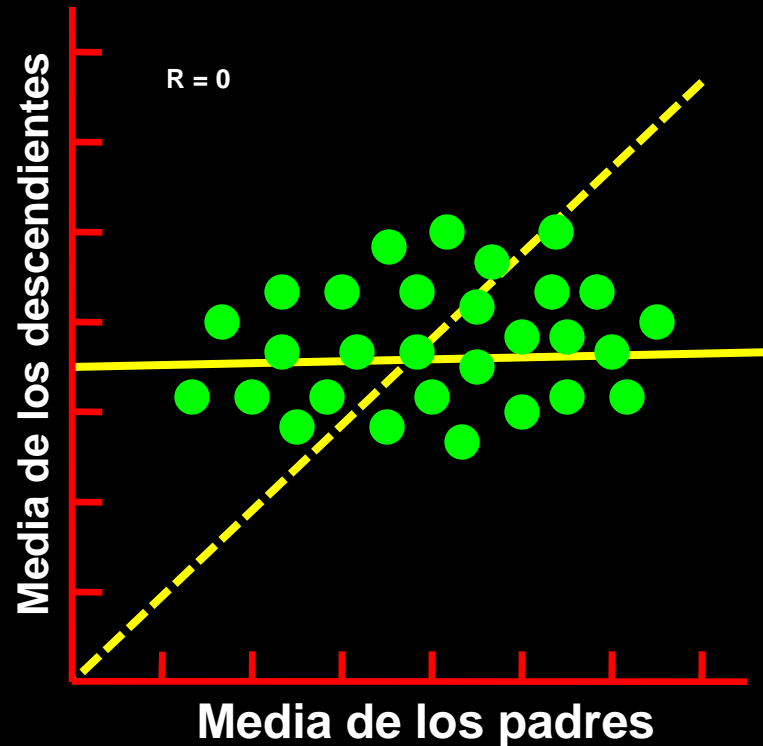
**Tiene una alta heredabilidad.  
La diferencias ambientales  
entre los padres y sus  
descendientes , no tiene  
influencia sobre el fenotipo  
del carácter.**



# Tipos de heredabilidad

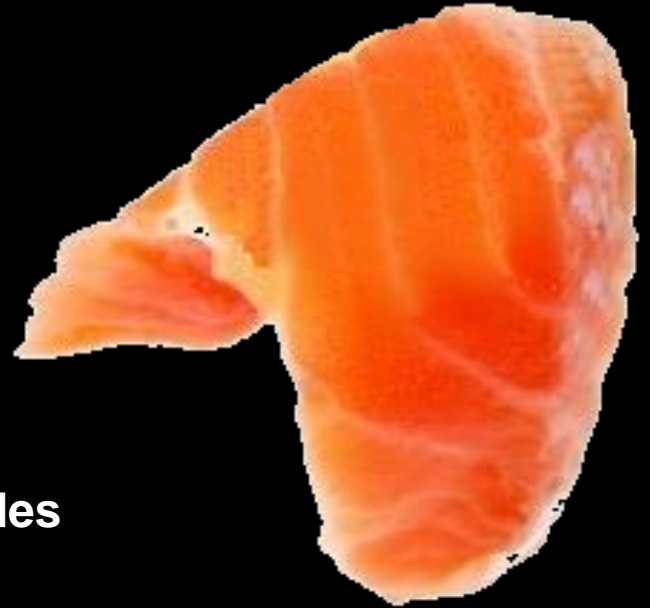
## Ausencia de relación entre padres y descendientes

Ausencia de relación entre los valores fenotípicos de los padre y de sus descendientes.





**Ausencia de relación  
entre padres y  
descendientes**



**Color de la carne de salmón es heredable?**

Depende de la alimentación, de los carotenoides que consume especialmente astaxantina y cantaxantina, que en la naturaleza proviene del Krill. Crustáceos planctónicos y otros pequeños peces.



# Diversidad genética

Es la variedad de alelos y genotipos presentes en un grupo (poblaciones, especies o grupo de especies).

También se considera:

El material bruto sobre el cual la selección natural actúa para permitir la adaptación y evolución de los organismos y la adecuación a los cambios climáticos.

consecuencia:

La pérdida de diversidad genética reduce el potencial evolutivo, que trae como una de sus consecuencias la reducción del éxito reproductivo.

# Como se manifiesta la diversidad genética en peces?

Diferencias en caracteres morfológicos

Diferentes padrones de coloración



*Polyacanthoides monocirrus*



# Como se manifiesta la diversidad genética en peces?

Diferencias en muchos caracteres morfológicos

Genero *Apistogramma*



# Como se manifiesta la diversidad genética en peces?

**Diferentes padrones de coloración:**



**Diferentes tasas de crecimiento:**





# Como se manifiesta la diversidad genética en los genes?

## Recordemos que:

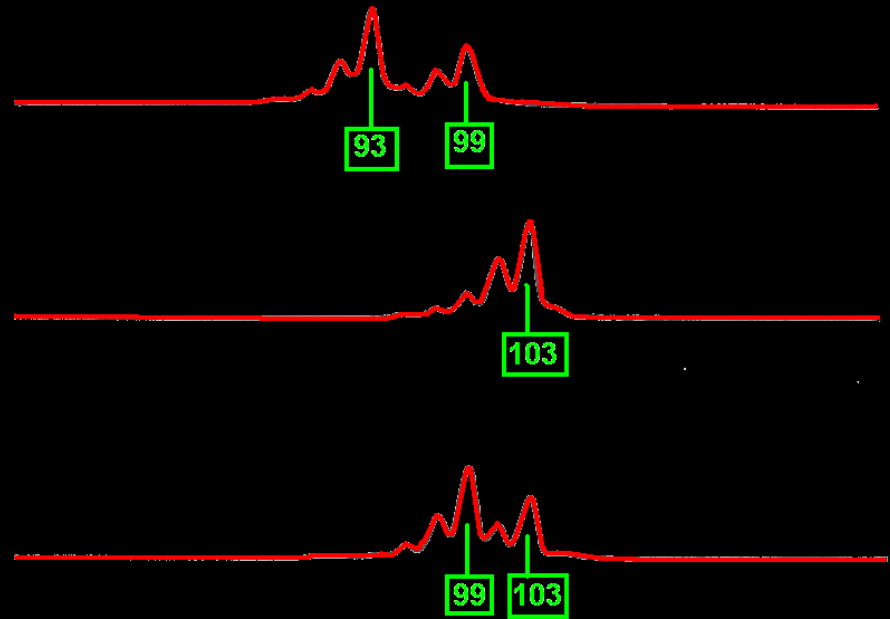
Los genes son secuencias de nucleótidos en una región particular de una molécula de ADN

## La diversidad genética:

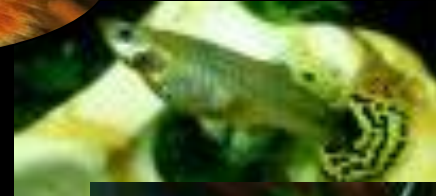
Representa secuencias ligeramente diferentes (polimórficas)

Que pueden ser expresadas en diferencias en la secuencia de aminoácidos de la proteína Codificada por el *locus*

Lo que puede ocasionar diferencias bioquímicas, morfológicas y comportamentales



# Extensión de la diversidad genética



*Poecilia reticulata* guppy  
Macho nativo mexicano



# Extensión de la diversidad genética

- Grandes poblaciones exogámicas generalmente contienen una gran cantidad de diversidad genética.
- Esta es manifestada en variaciones morfológicas, comportamentales y fisiológicas.
- Esta variación esta compuesta tanto de variaciones sin base genética, resultante de la influencia del ambiente sobre los individuos, como de las variaciones con base genética (debida a la diferencia entre los alelos).



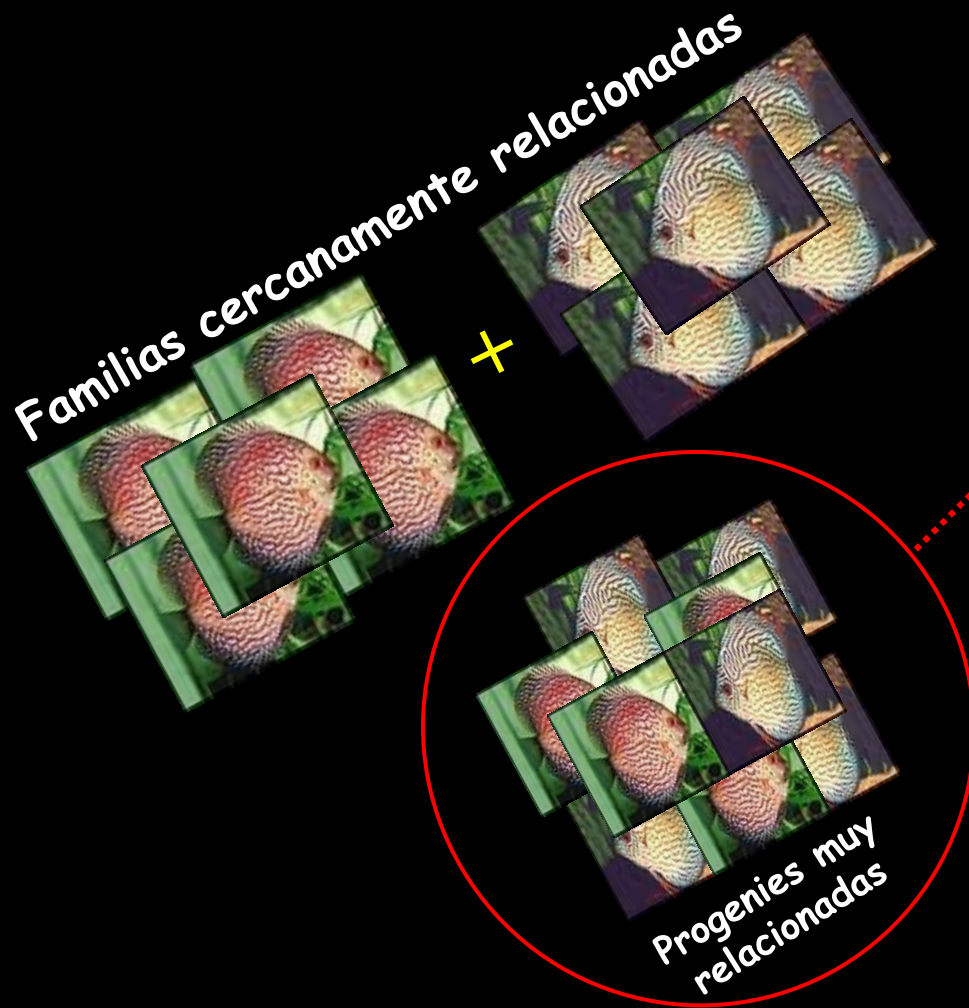
# Extensión de la diversidad genética

Los atributos como: n° de descendientes producidos, habilidad de cortejo, longevidad, tasa de crecimiento, comportamiento para evitar los predadores, peso corporal, altura, fuerza, etc. Son variaciones relacionadas a la **diversidad genética**.





# Factores que disminuyen la amplitud de la diversidad genética



- Poblaciones sujetas a grandes presiones de pesca se reducen a pequeñas poblaciones, con altos niveles de **endogamia**.
- La endogamia hace que **alelos raros deletereos** se expresen causando diferentes tipos de mutaciones (colas torcidas, falta de anus, falta de éxito reproductivo, enanismo, columna deforme).

## Deriva genética

- La producción de reproductores en criaderos tanto para los programas de cría como para el mejoramiento, ha permitido obtener numerosos reproductores a partir de unos pocos padres, con la consecuente pérdida de diversidad genética por deriva.
- Esto puede tener repercusiones negativas sobre las poblaciones nativas, ya que existe muchas fugas de los criaderos. Estos pueden cruzarse con los nativos causando una depresión en la diversidad.

Fuerza evolutiva que actúa junto a la selección natural cambiando las características de la especie en el tiempo

*Oncorhynchus salar* salmón del atlántico





## Mutación

- Es un cambio genético súbito en un alelo o cromosoma.



- Hace posible la aparición de nuevas variantes genéticas (por medio de errores naturales durante la replicación del DNA, elementos genéticos móviles, quiebras cromosómicas).
- Las mutaciones mas importantes son las mutaciones letales o deletéreas.

# Mutación

- Cuando la diversidad genética es totalmente perdida en una especie esta es regenerada solo por mutación.
- Teniendo en cuenta que las tasas de mutaciones son muy bajas, los tiempos de regeneración son muy largas (millares a millones de generaciones para recuperar la variación en un *loci*)



*Carassius auratus*

goldfish

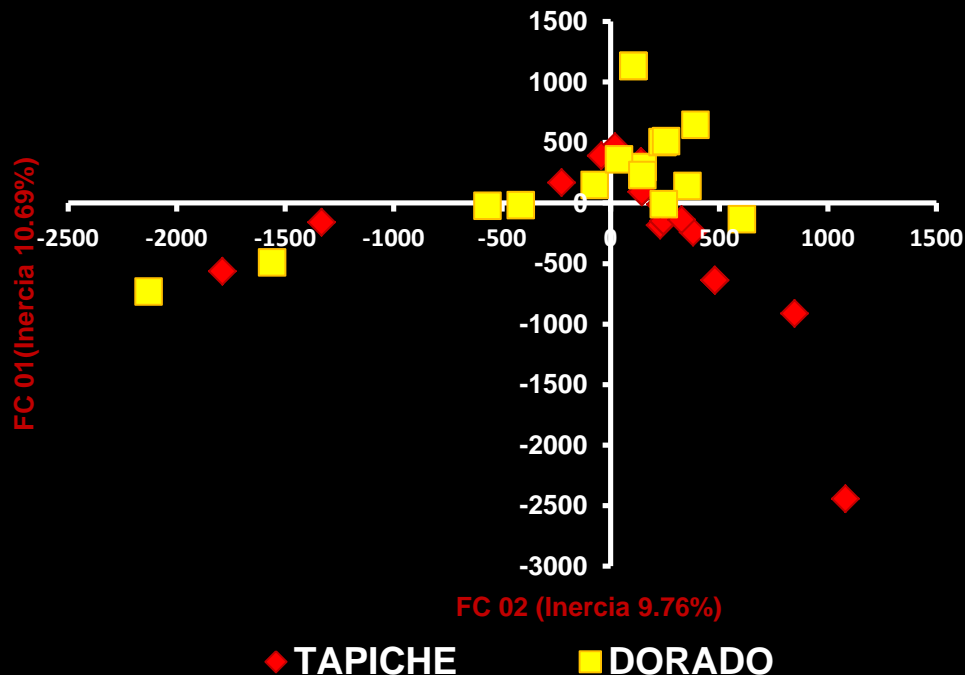


Muchos de los padrones de coloración y formas morfológicas en el goldfish es producto de la acción de genes individuales.



# Migración y flujo genético

- Al contrario de las mutaciones la mezcla de alelos de dos o mas poblaciones relacionadas puede rápidamente restaurar la diversidad genética.
- Los conjuntos génicos de poblaciones parcialmente distantes divergen al largo del tiempo como resultado de la deriva y selección, migraciones y entrecruzamientos subsecuentemente reducen tales diferencias.

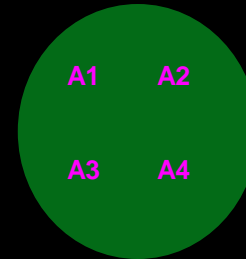


# Flujo de genes, fragmentación poblacional y extinción

En poblaciones fragmentadas con flujo genético disminuido, los efectos de la pérdida de diversidad genética y depresión endogámica son mas severas que en poblaciones no fragmentadas.

Población inicial

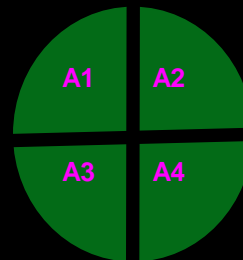
(1)



A corto plazo  
de tiempo

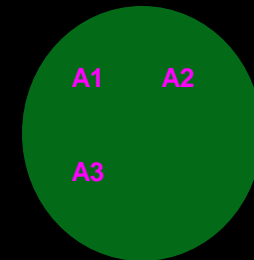
Varias poblaciones pequeñas

(2)



Única población grande

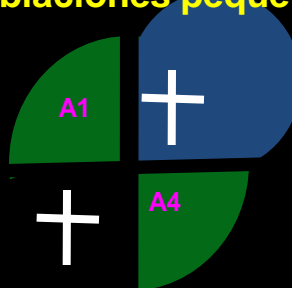
(3)



A largo plazo  
de tiempo

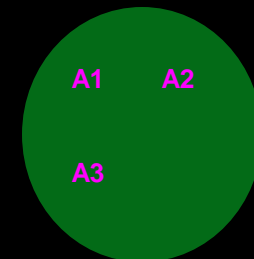
Varias poblaciones pequeñas

(4)



Única población grande

(5)





# Flujo de genes, fragmentación poblacional y extinción

Las consecuencias genéticas de la fragmentación poblacional depende críticamente del flujo genético.



Con flujo genético restringido la fragmentación poblacional es altamente deletérea.



Degradación y fragmentación de habitat, nuevos depredadores en los ecosistemas actuales (especies introducidas), pueden llevar a una especie a la extinción.

# Fragmentación poblacional y extinción

El flujo genético reduce los efectos genéticos de la fragmentación.



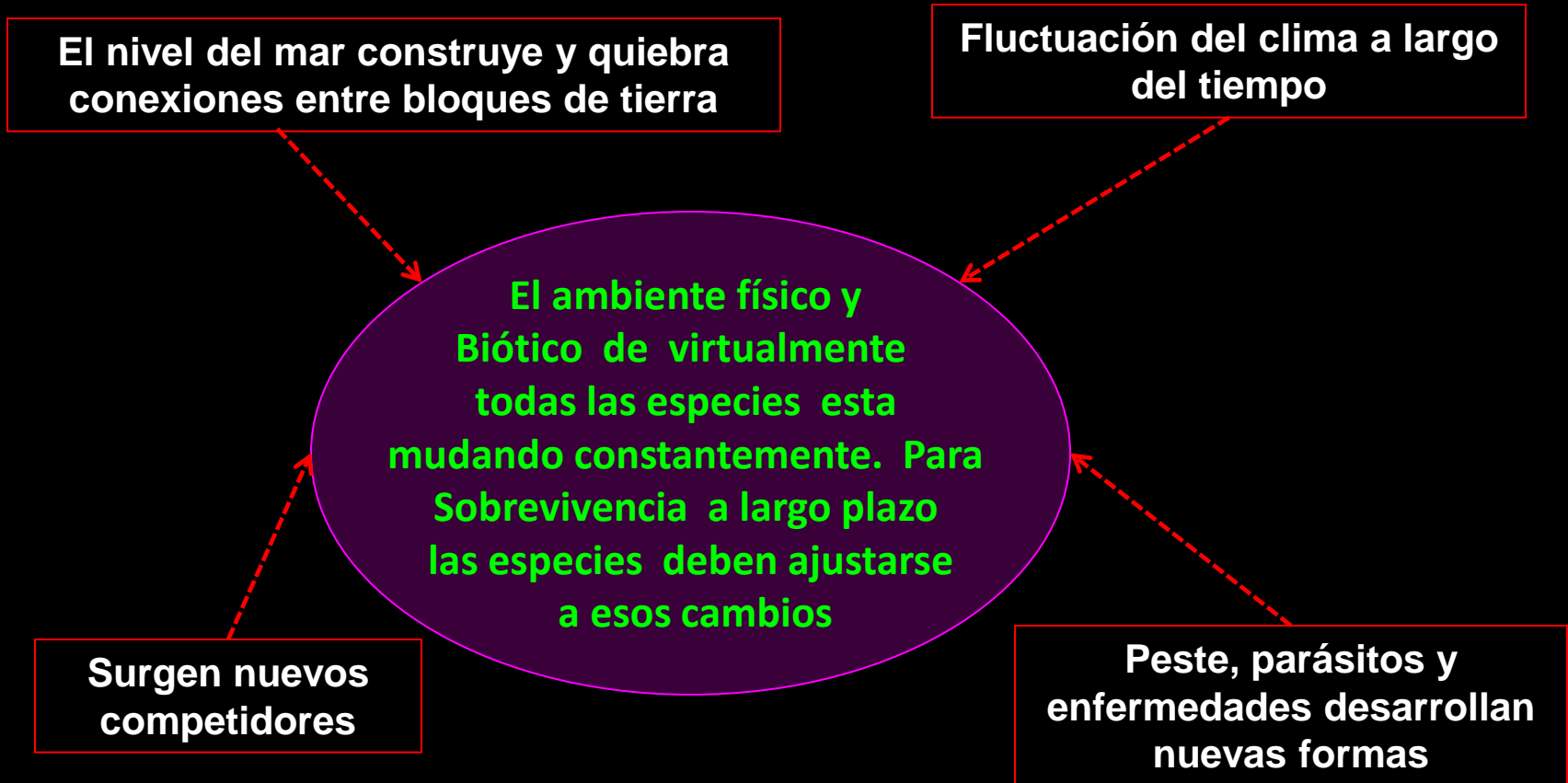
Un único inmigrante por generación es considerado suficiente para prevenir la diferenciación completa entre poblaciones ideales.

## Población idealizada:

Es una población cerrada compuesta de hermafroditas, donde el cortejo ocurre al azar, con generaciones discretas, y tamaño constante.



# Selección y adaptación



- Las especies evolucionan para adaptarse a los cambios ambientales.
- Los cambios evolutivos adaptativos ocurren a través de la selección sobre la variación genética, aumentando la frecuencia de alelos benéficos.



## Cambios evolutivos adaptativos

Para enfrentar un cambio ambiental las especies deben adaptarse o encarar la extinción



*Chaenocephalus aceratus draco antarctico*

- Adaptación al frío.
- Sangre sin glóbulos rojos.
- hematocritos 46% de sangre de vertebrados.
- Corazón bombea de 5-10 veces mas sangre que otros peces.
- Capilares sanguíneos gruesos y respiración cutánea.

Cambios evolutivos adaptativos pueden posibilitar que las poblaciones se adapten a condiciones que ningún individuo podría previamente sobrevivir

Carecen de hemoglobina porque el gen que codifica la síntesis de la  $\beta$ -globina (una de las cadenas peptídicas que conforman la hemoglobina) no es funcional.

# Cambios evolutivos adaptativos

- Vacían sus pulmones antes de sumergirse.
- Evitan que el nitrógeno de aire puede pasar a la sangre y causar graves daños durante el ascenso.

*Physeter catodon* cachalote



De donde sacan el comburente ( $O_2$ ) para mantener activo el mecanismo celular?.



- Tienen el doble de sangre.
- Tiene mayor concentración de hemoglobina que en le resto de vertebrados.
- Tiene mayor cantidad de mioglobina (cachalote 76 g kg<sup>-1</sup>, humano 6 g kg<sup>-1</sup> ).

# Selección y adaptación

La selección surge porque diferentes genotipos tienen diferentes tasas de supervivencia y reproducción. Resultando en cambios en las frecuencias de alelos

Alelos cuyos portadores producen grandes números de descendientes fértiles que sobreviven hasta la edad reproductiva aumentan en frecuencia

Alelos cuyos portadores tienen pocos descendientes decrecen en frecuencia

La selección opera en todos los estadios del ciclo de la vida, envuelve:

- capacidad de cortejo y la fertilidad de hembras y machos.
- supervivencia de los descendientes hasta la edad reproductiva y longevidad.



# Interacción genotipo versus ambiente

- La mezcla de material genético de poblaciones de diferentes ambientes puede generar genotipos con bajo desempeño sobre algunas, o todas las condiciones.
- El conocimiento de las interacciones genotipo versus ambiente puede influenciar la selección de poblaciones que retornaran al ambiente salvaje.



**La mezcla de truchas de cultivo y nativas  
degenero las poblaciones locales**

# Tamaño poblacional y diversidad genética

La variación genética es la materia prima a partir de la cual las diversas poblaciones de una especie se adaptan a los cambios en su medio ambiente.



En poblaciones grandes, **nuevas variaciones genéticas surgen en el seno de las poblaciones a partir de las mutaciones espontáneas de un gen o por inmigración de individuos de poblaciones distintas genéticamente.**

Poblaciones pequeñas y aisladas sufren endogamia acelerada y pérdida de diversidad genética. Esto es mucho mas fuerte en situación de cultivo.

# Tamaño poblacional y diversidad genética



La diversidad genética es perdida cuando los tamaños poblacionales son reducidos.

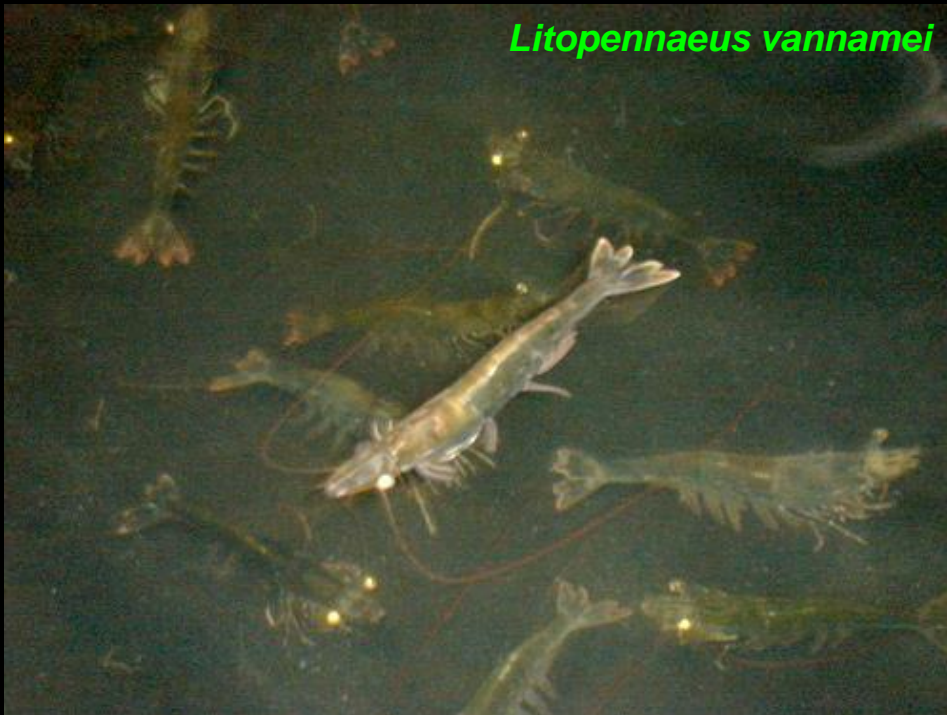
## Con el tiempo:

- Incremento de los cuellos de botella poblacionales.
- Alteración de las frecuencias alélicas.

Siendo mas fuerte el impacto de la selección aleatoria de gametos, es decir incrementándose la aparición de alelos raros.



# Tamaño poblacional pequeño y endogamia



*Litopennaeus vannamei*

## La endogamia o consanguinidad:

- es el cruzamiento de organismos emparentados.
- reduce la viabilidad de organismos en cultivo en función a indicadores como tasa de crecimiento, capacidad reproductiva y resistencia a enfermedades

- Solo 02 haplotipos encontrados que no están presentes en poblaciones silvestres cercanas

consanguinidad de generación en generación entre individuos cercanamente emparentados, resulta muy a menudo, en homocigocidad de genes desfavorables. Dando como resultado global **la depresión endogámica**

# Tamaño poblacional pequeño y endogamia

La **depresión endogámica** es la pérdida de adaptación (por ejemplo, vigor, viabilidad, fecundidad), producida por la pérdida de variación genética debido a la homocigocidad.

*Oncorhynchus mykiss*



Reducción del  
24% de viabilidad  
de los alevinos

Incremento del coeficiente de consanguinidad de 10 % induce una disminución de 5 a 10 % de la fecundidad.

# Tamaño poblacional pequeño y endogamia

Cantidades relativamente pequeñas de consanguinidad pueden producir un daño tremendo en el potencial reproductivo y en la productividad de los stocks de peces



Efectos independientes son multiplicativos en su impacto en la reproducción y supervivencia total y absoluta

•Porcentaje de fecundidad

+

•Viabilidad de alevinos.

+

•Enanismo

+

•Resistencia a enfermedades



# Endocruzamiento y extinción poblacional

En poblaciones en cautiverio esta ampliamente demostrado que el cruzamiento entre parientes muy cercanos lleva a la extinción

En poblaciones naturales es difícil relacionar la extinción a la endogamia, debido ha que hay que considerar todos los factores que pueden estar relacionados

Existen tres evidencias de la relación

- Muchas poblaciones salvajes sufren de pérdida de diversidad genética y depresión endogámica
- La mayor parte de las poblaciones amenazadas tienen diversidad genética disminuida.
- Poblaciones endogámicas en la naturaleza pierden capacidad de adaptación

Estudios de caso: Especies migradoras

# Diversidad específica dentro del genero *Pseudoplatystoma*

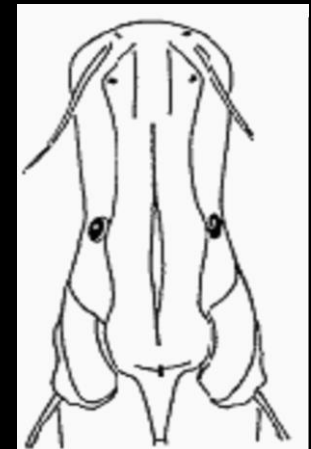


# Clasificación del genero *Pseudoplatystoma* hasta el 2006

*P. fasciatum* (Linnaeus, 1766)



*P. corruscans* (Spix & Agassiz, 1829)



*P. tigrinum* (Valenciennes, 1840)





# Clasificación del genero *Pseudoplatystoma* según Buitrago & Burr, 2007

*P. fasciatum* (Linnaeus, 1766)



*P. tigrinum* (Valenciennes, 1840)



*P. corruscans* (Spix & Agassiz, 1829)



*P. reticulatum*, Eigenmann &  
Eigenmann, 1889



*P. punctifer*, (Castelnau, 1855)



*P. orinocoense*, Buitrago-Suárez &  
Burr, 2007

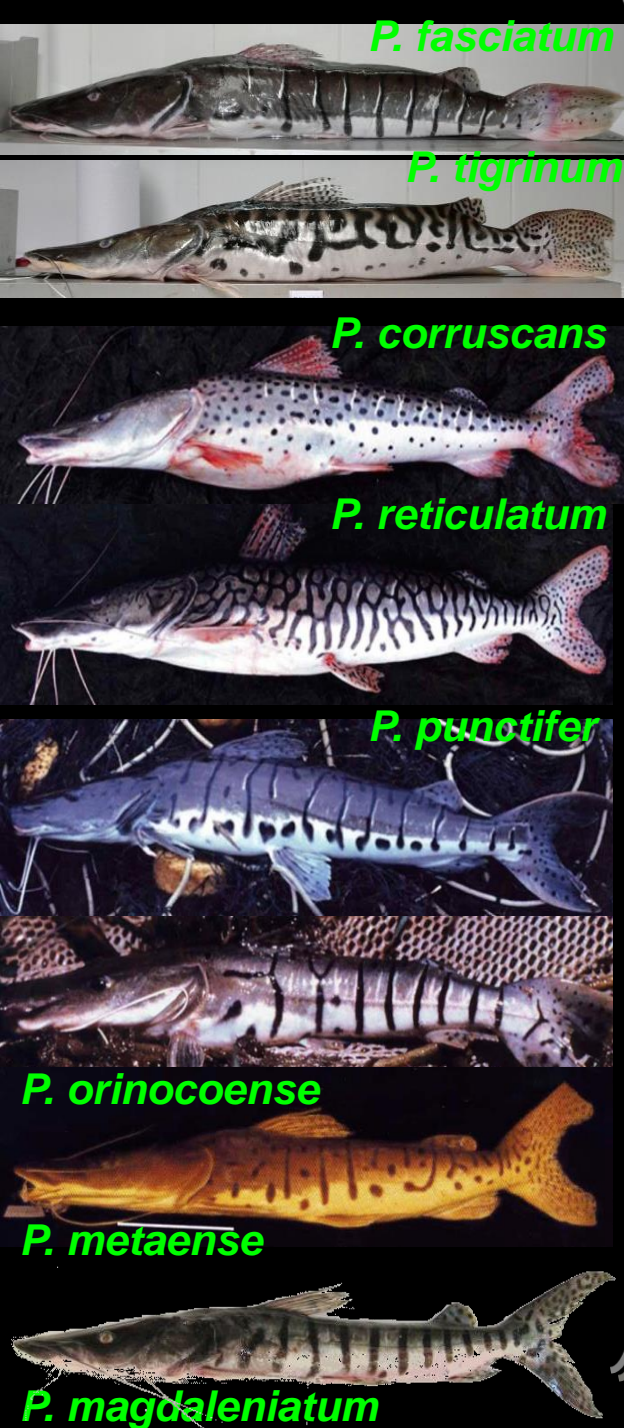


*P. metaense*, Buitrago-Suárez &  
Burr, 2007



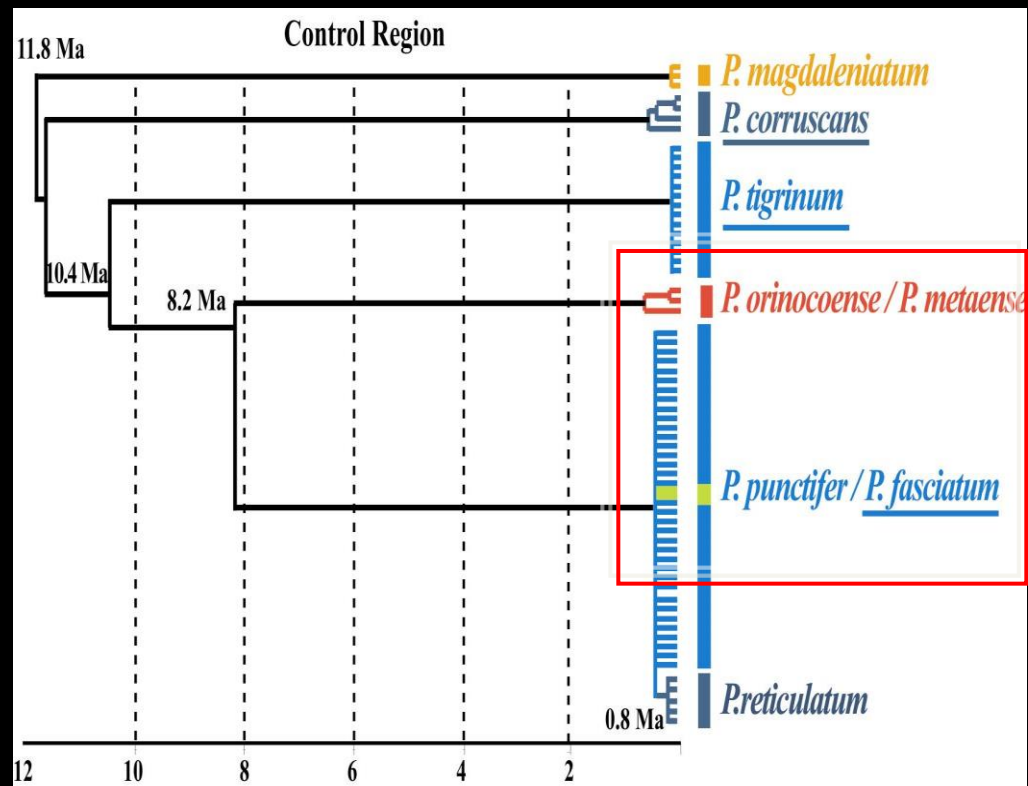
*P. magdaleniatum*, Buitrago-Suárez  
& Burr, 2007





## Discrepancia en clasificación taxonómica

Buitrago-Suarez & Burr, 2007  
ocho especies



Torrico *et al.*, 2009  
seis especies

# Artículo publicado

Molecular Phylogenetics and Evolution 51 (2009) 588–594



Contents lists available at ScienceDirect

## Molecular Phylogenetics and Evolution

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ympev](http://www.elsevier.com/locate/ympev)



### Short Communication

## Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications

J.P. Torrico<sup>a,d,\*</sup>, N. Hubert<sup>a,1</sup>, E. Desmarais<sup>d</sup>, F. Duponchelle<sup>b,1</sup>, J. Nuñez Rodriguez<sup>a,1</sup>, J. Montoya-Burgos<sup>e</sup>,  
C. Garcia Davila<sup>c</sup>, F.M. Carvajal-Vallejos<sup>b,g</sup>, A.A. Grajales<sup>f</sup>, F. Bonhomme<sup>d</sup>, J.-F. Renno<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>IRD UR 175/IBMB, Universidad Mayor San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Campus Universitario Cota Cota, La Paz, Murillo, Bolivia

<sup>b</sup>IRD UR 175/ULRA, Universidad Mayor San Simón, Cochabamba, Bolivia

<sup>c</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología (LBMB), Av. Abelardo Quiñones km. 2.5, Iquitos, Peru

<sup>d</sup>Département Biologie Intégrative, Institut des Sciences de l'Évolution, UMR 5554 Université de Montpellier 2 cc 63 Pl. E Bataillon F34095 Montpellier Cedex 5, France

<sup>e</sup>Département de Zoologie et Biologie Animale, Université de Genève, 30 quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4, Switzerland

<sup>f</sup>Departamento de Sistemas de Producción Agropecuaria, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10 Manizales, Colombia

<sup>g</sup>Asociación FAUNAGUA, final Av. Max Fernández, Zona Arocagua, Sacaba, Cochabamba, Bolivia



# ¿Insertidumbre taxónomica?



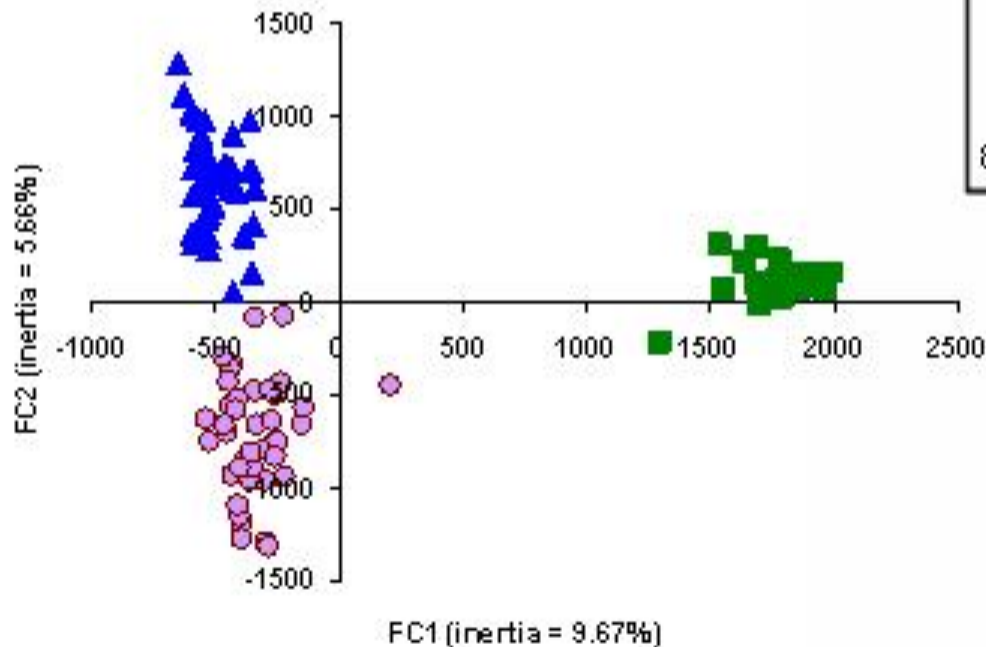
Marcadores moleculares

Indispensable

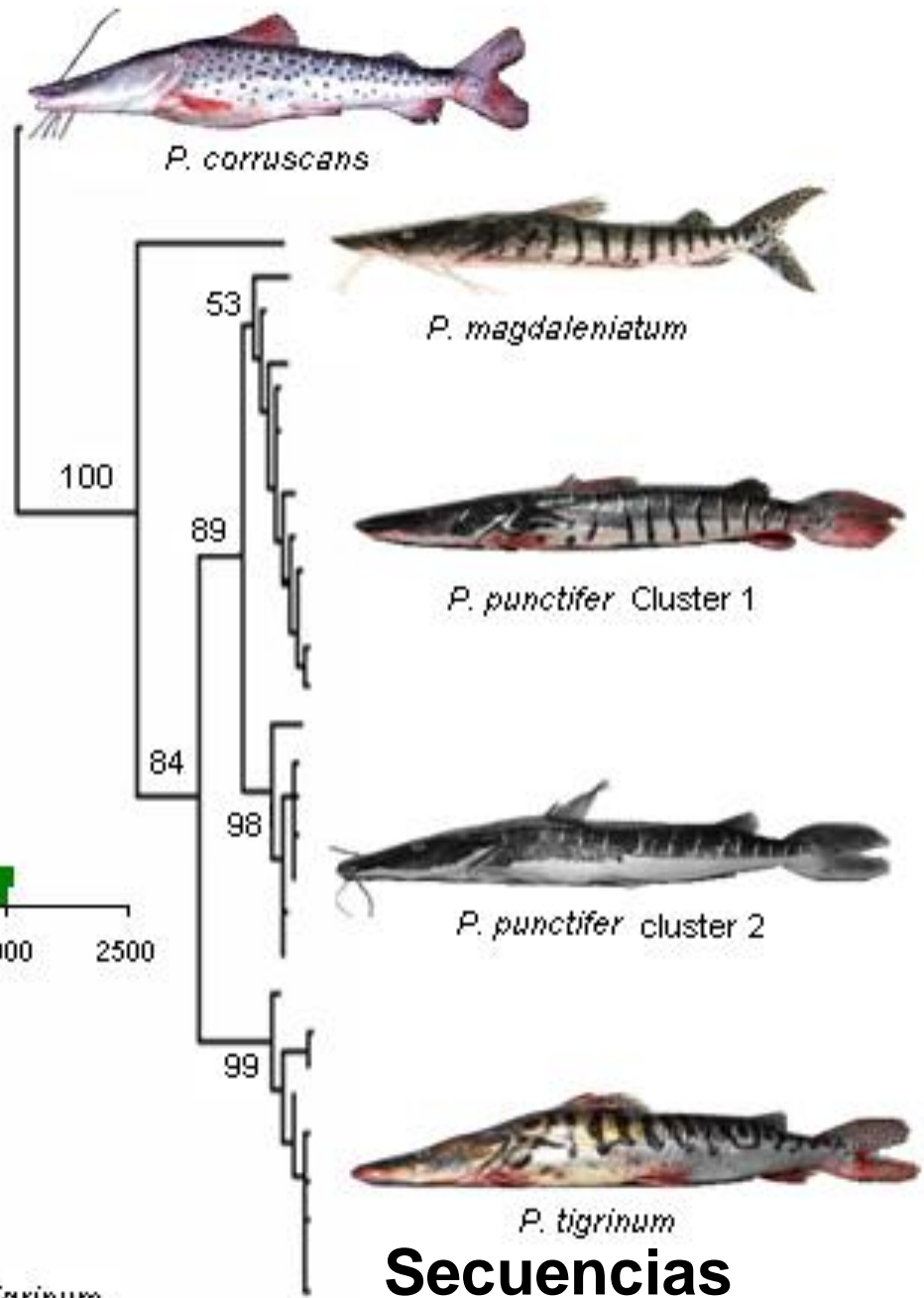
cuando identificación  
en base a caracteres  
morfológicos  
se vuelve dudosa

# Evidencia de diferenciación genética a nivel nuclear y mitocondrial

## Microsatélites



● *P. punctifer* cluster 1    ▲ *P. punctifer* cluster 2    ■ *P. tigrinum*



## Secuencias D-Loop

## Molecular identification of a cryptic species in the Amazonian predatory catfish genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1962) from Peru

Carmen García-Dávila · Fabrice Duponchelle · Diana Castro-Ruiz · José Villacorta · Sophie Quérouil · Werner Chota-Macuyama · Jesus Núñez · Uwe Römer · Fernando Carvajal-Vallejos · Jean-François Renno

Received: 24 April 2013 / Accepted: 31 August 2013  
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2013

**Abstract** *Pseudoplatystoma* species are highly prized South American Pimelodid migratory catfishes. Until recently, their taxonomy was not clearly established, with discrepancies between morphological and molecular analyses. Here, *Pseudoplatystoma* species from the Peruvian Amazon were characterized at the molecular level from a sample representing the observed range of their color pattern variations in the study area. Analyses were performed using seven microsatellite loci for 103 specimens and, for part of them (52), using sequences of two regions of their mitochondrial genome [Cytochrome Oxidase subunit I (COI) and Control Region (CR)]. Factorial correspondence analysis and assignment tests based on microsatellite polymorphism showed that the specimens originally identified as *P. punctifer* belonged to two different gene pools highly differentiated from *P. tigrinum*. Morphological examination identified two different morphotypes (with

and without black stripes), suggesting the existence of two distinct taxa within *P. punctifer*. This result was corroborated by the ML tree based on CR sequences, where all individuals but four clustered in a similar way as in the FCA and Bayesian assignment tests. For these four individuals, mitochondrial introgression or retention of ancestral polymorphism was likely. In contrast, the ML tree based on COI sequences showed that reciprocal monophyly was not yet achieved for this marker for the two *P. punctifer* taxa. The existence of three sympatric species of *Pseudoplatystoma* in the Peruvian Amazon is discussed in relation to their molecular characteristics, color patterns and ecology. Evolutionary scenarios regarding their divergence are hypothesized.

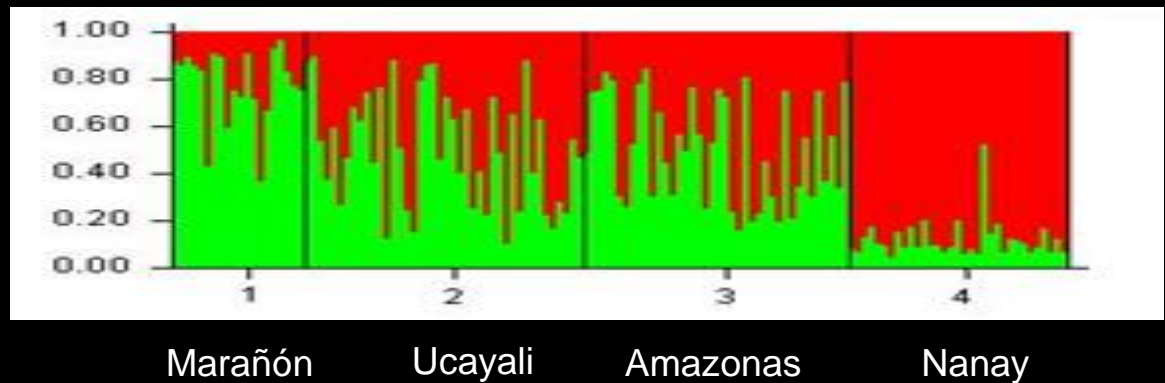
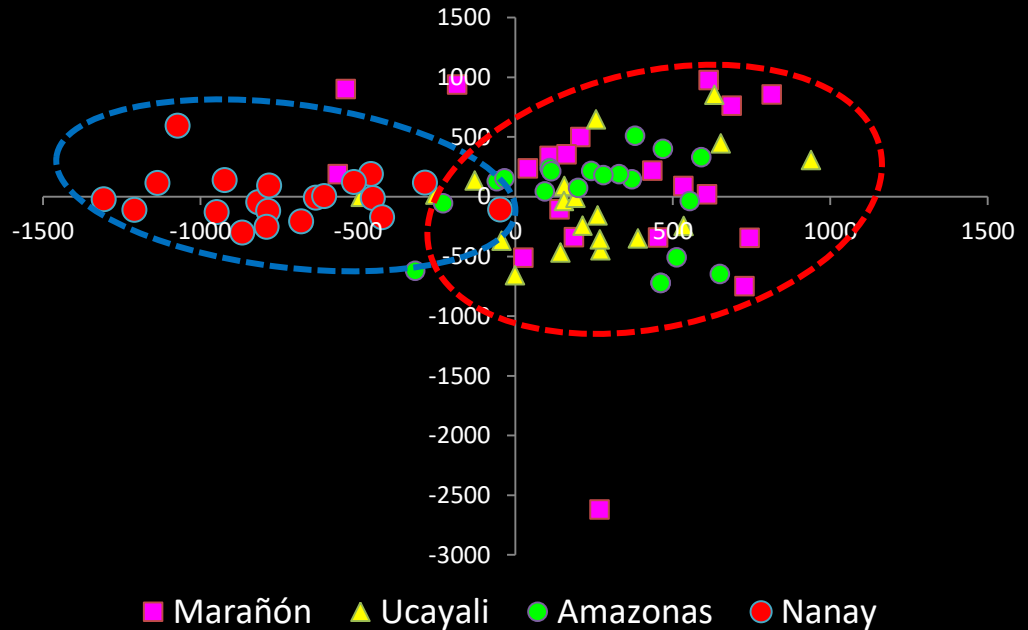
**Keywords** Microsatellites · Control Region · Barcoding · Migratory catfish



# Diferencias genéticas entre las poblaciones de doncella (cluster 1)



Fuerte  
estructuración  
genética

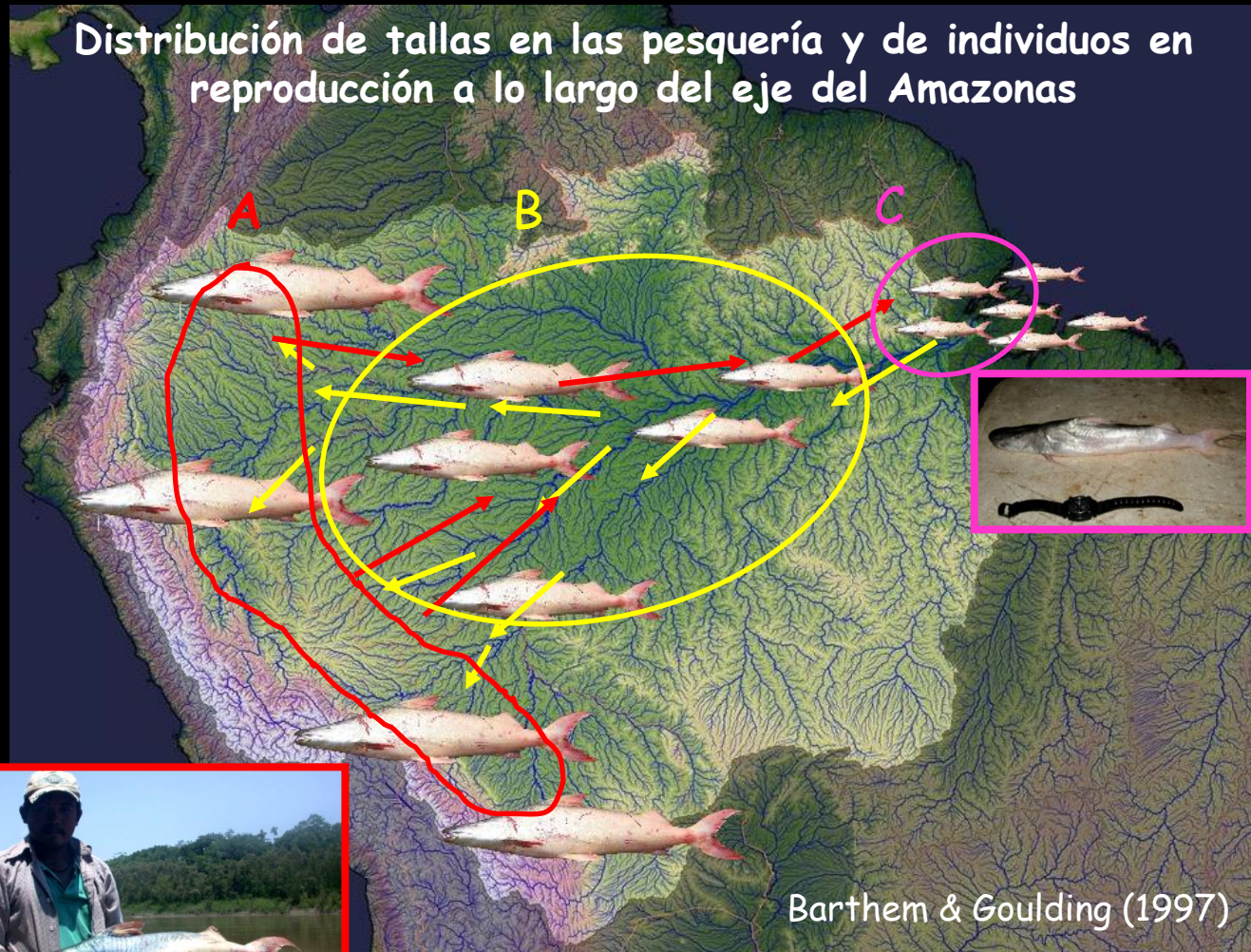


Estudios de caso: Especies migradoras

**dorado *Brachyplatystoma rousseauxii***



**Ciclo de vida excepcional:** migración mas larga para un pez de aguas continentales  
(~10,000 kms **I** y **V**)



Homing ???

~ Ciclo de vida otras especies ?

Garcia-Vasquez et al., 2009  
Agudelo et al., 2013





## El dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* en la Amazonía continental





# **Variabilidad genética interpoblacional de *Brachyplatystoma rousseaxii* “dorado” en la Amazonía**

## **Staff**

**Dra. Carmen García Dávila, IIAP (coordinador peruano)**

**Dr. Jose Alves Gomes, INPA (coordinador brasileiro)**

**M.Sc. Jaqueline Batista, INPA**

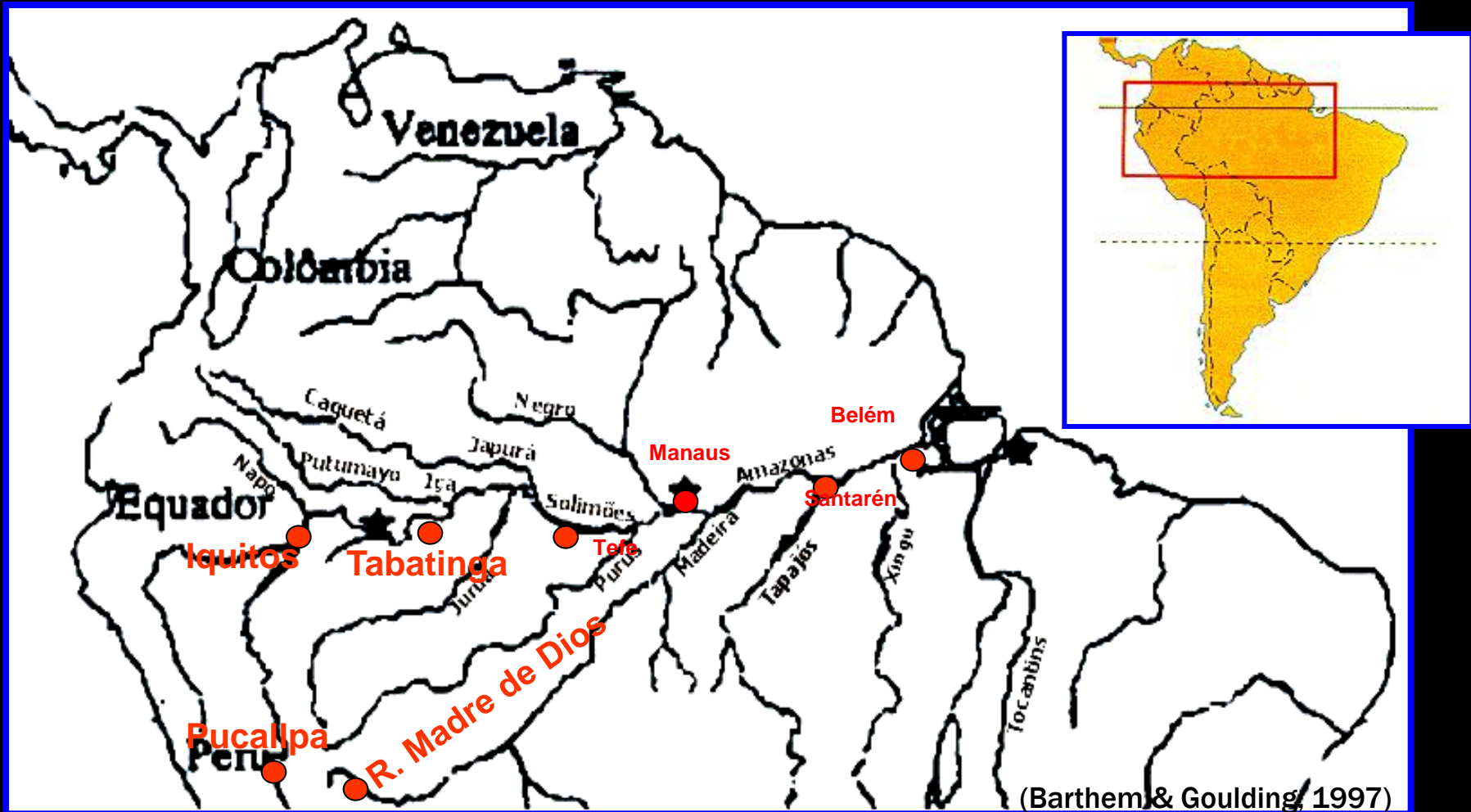
**Blga. Diana Castro Ruiz, IIAP**

**Blgo. Werner Chota Macuyama, IIAP**



# Área de colecta

- Mas de 300 especímenes analizados
- 8 poblaciones





# Árbol de Haplotipos

66 haplotipos

55 Únicos/*singletons*

11 haplotipos compartidos

## Localidades:



Entre Brasilas - 01



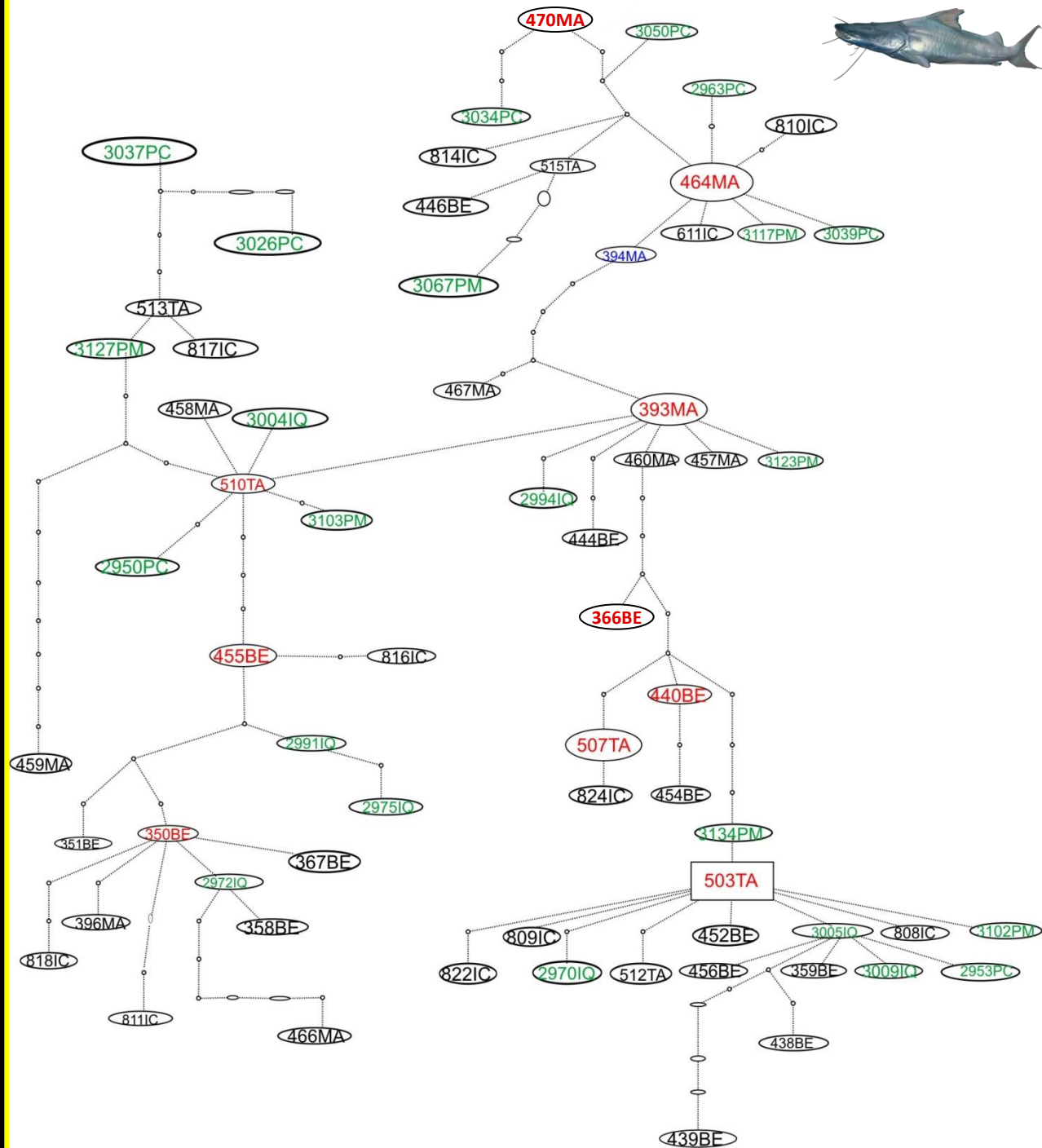
Brasilas - 32



Brasileiras/Peruanas - 10



Peruanas - 23

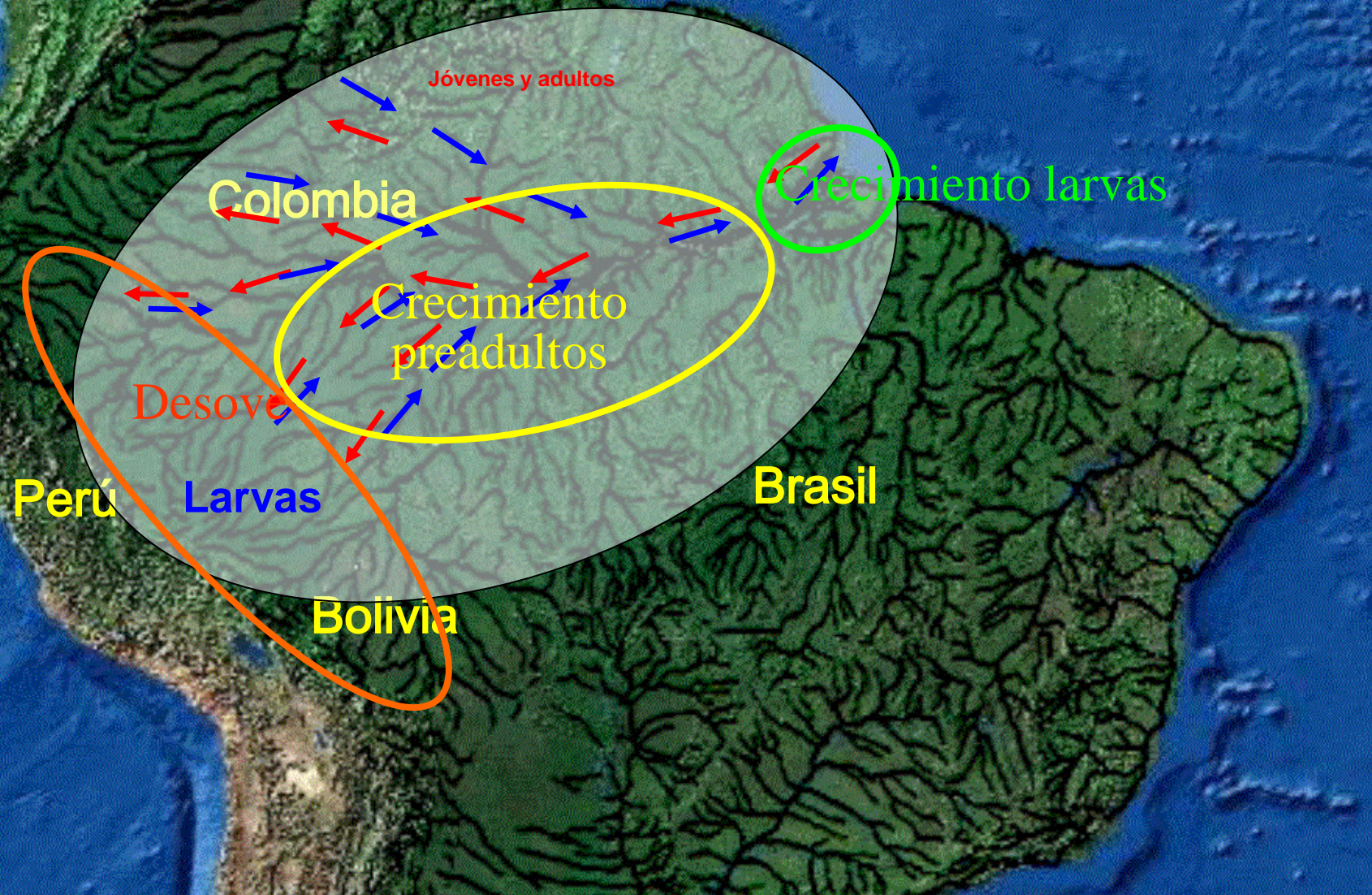


## Flujo genético entre poblaciones Peruana

Localidades	ETA	S	K	Pi	Nm	Fst
Iquitos-Pucallpa	83	82	8.415	0.00924	527.54	0.00047
Iquitos - P. Maldonado	61	60	7.963	0.00874	39.82	0.00062
Pucallpa - P. Maldonado	73	72	8.134	0.00893	10.10	0.02416
Todos Perú					24.22	0.01022

**Nm Perú + Brasil = 103.07, Fst 0.000483**





Los resultados de distancia genética y flujo de genes obtenidos por este marcador indican que estas poblaciones podrían estar constituyendo un solo stock pesquero que se moviliza en el eje central de la cuenca del río Amazonas.

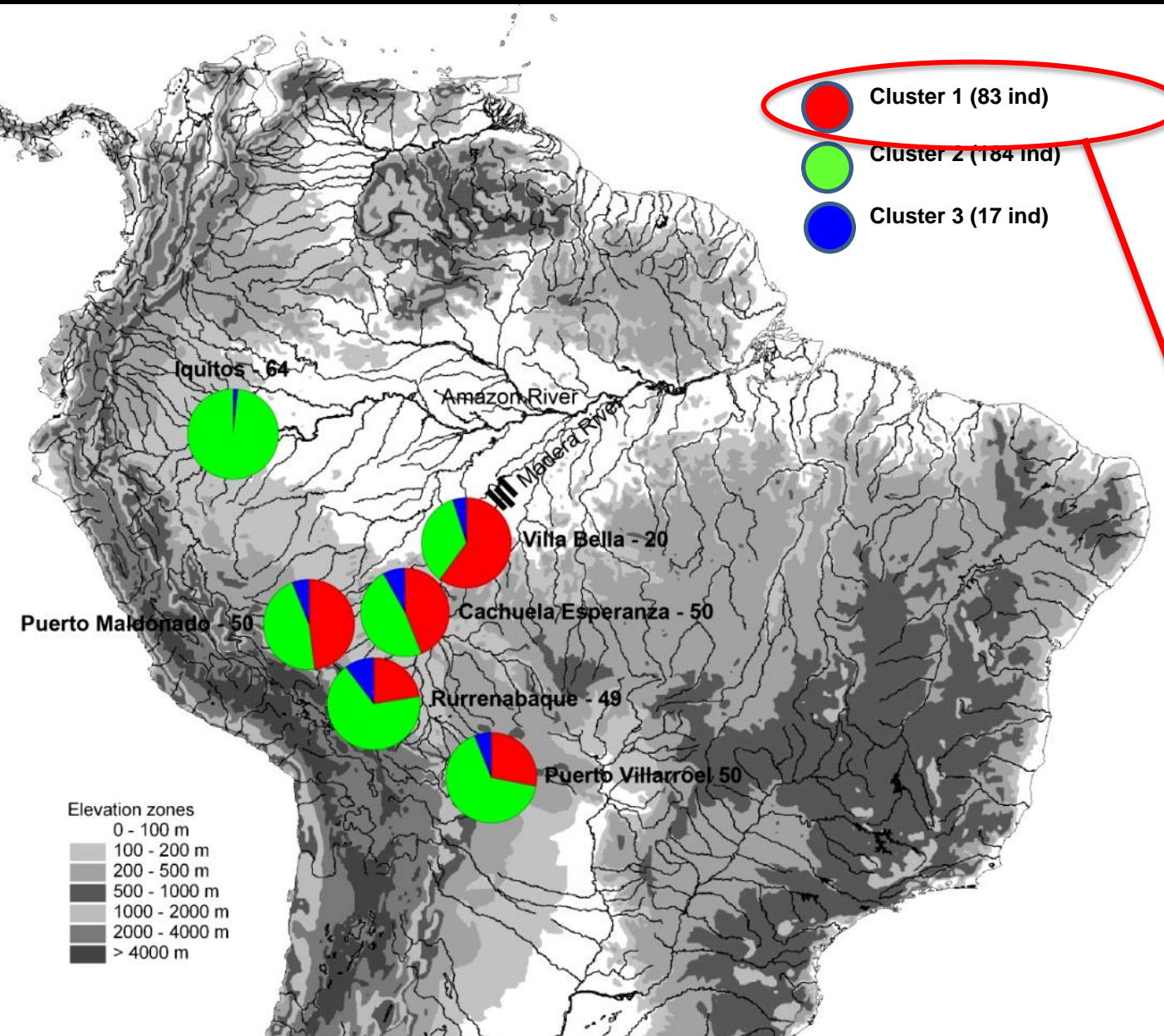


# Variabilidad genética en el eje Madre de Dios -Madeira



Tesis doctoral de Fernando Carvajal

# Análisis de genética de poblaciones (9 microsatélites, 284 ind.)



Fuerte estructura  
entre alto Amazonas  
y alto Madera

Homing  
o  
población residente ?

Carvajal et al., 2014

## Genetic structure in the Amazonian catfish *Brachyplatystoma rousseauxii*: influence of life history strategies

F. M. Carvajal-Vallejos · F. Duponchelle ·  
E. Desmarais · F. Cerqueira · S. Querouil ·  
J. Nuñez · C. García · J.-F. Renno

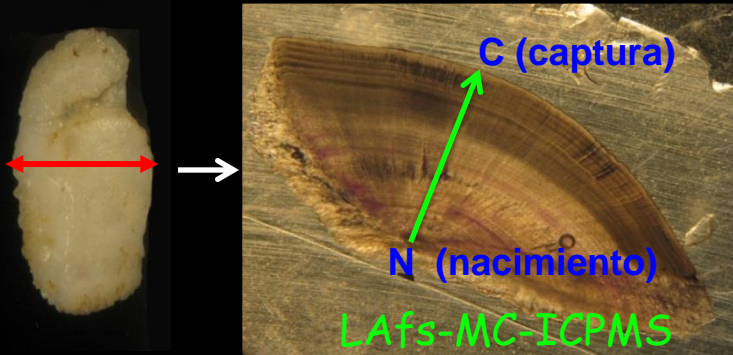
Received: 21 December 2013 / Accepted: 7 July 2014 / Published online: 20 July 2014  
© Springer International Publishing Switzerland 2014

**Abstract** The Dorado or Plateado (Gilded catfish) *Brachyplatystoma rousseauxii* (Pimelodidae, Siluriformes) is a commercially valuable migratory catfish performing the largest migration in freshwaters: from the Amazonian headwaters in the Andean foothills (breeding area) to the Amazon estuary (nursery area). In spite of its importance to

Bayesian analyses revealed at least three clusters in admixture in the five locations sampled in the Bolivian Amazon, whereas only two of these clusters were observed in the Western Amazon. Considering the migratory behaviour of *B. rousseauxii*, different life history strategies, including homing, are proposed to explain the cluster dis-



# Micro-química ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) de los otolitos como marcador de migraciones

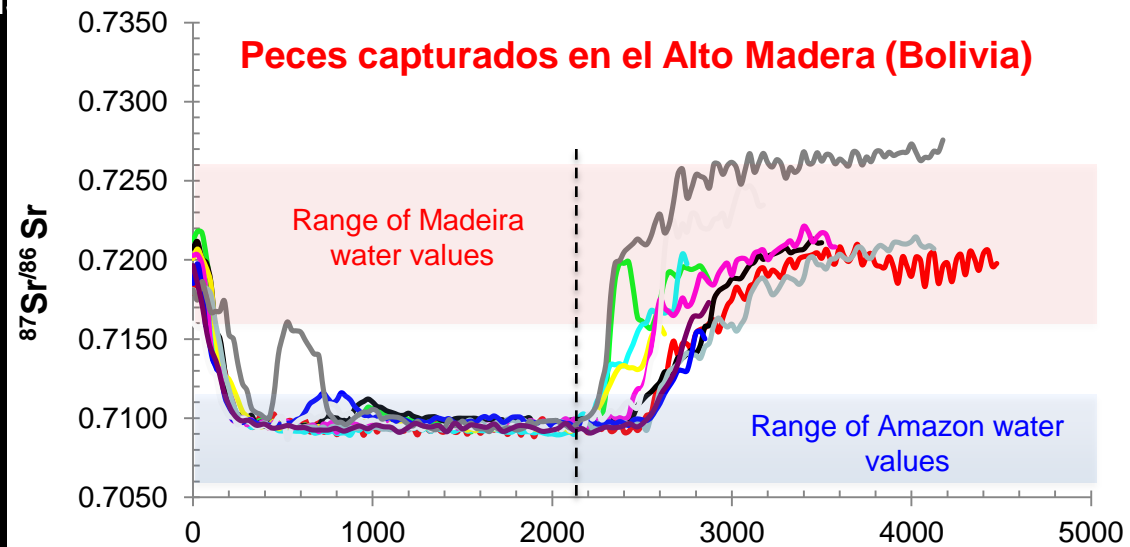
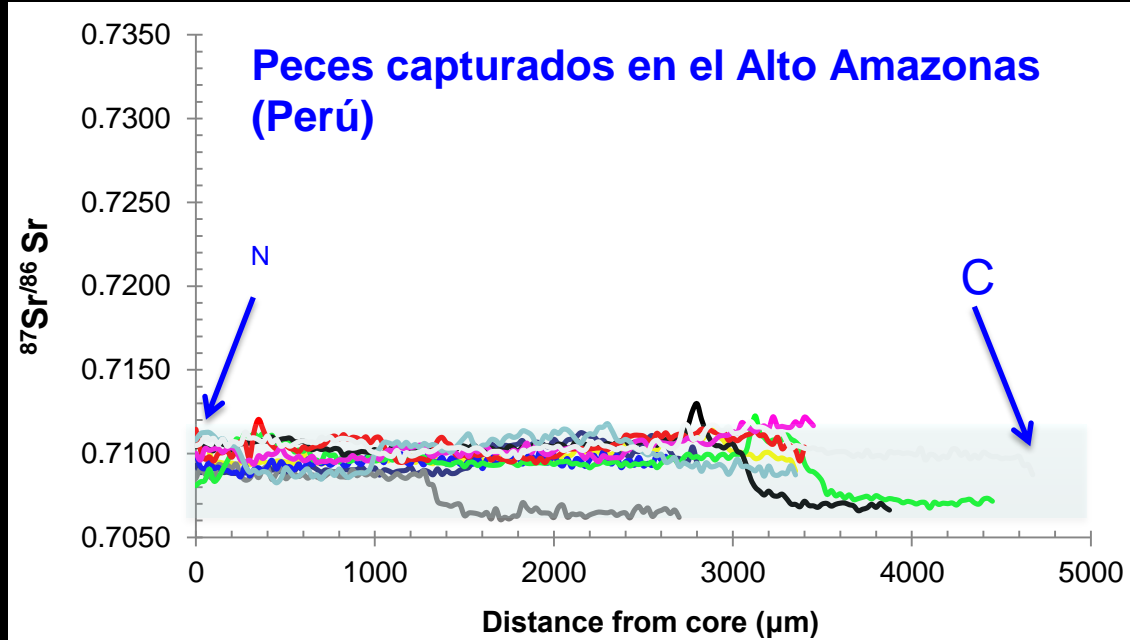


Laser-ablation –Multicollector-ICPMS

- Evidencia directa del ciclo de vida (hipótesis Barthem y Goulding (1997))
- Demostración de un fenómeno de "homing" en el dorado



Manejo y conservación en el marco de la proliferación de hidroeléctricas en la bacía Amazónica

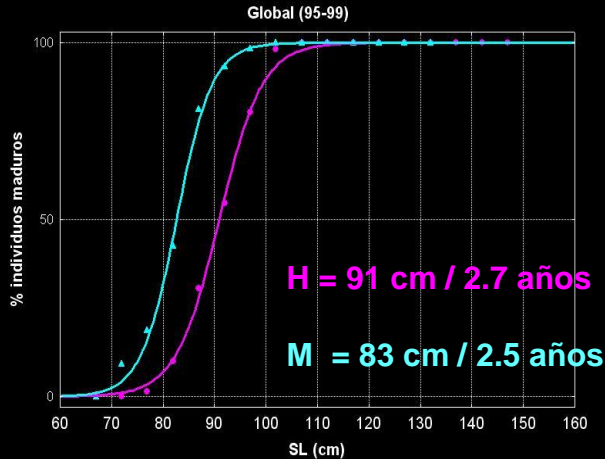


Duponchelle et al. (sometido)

# Rasgos de vida y manejo pesquero

Garcia-Vasquez et al., 2009  
Agudelo et al., 2013

## Primera madurez sexual ( $L_m$ )

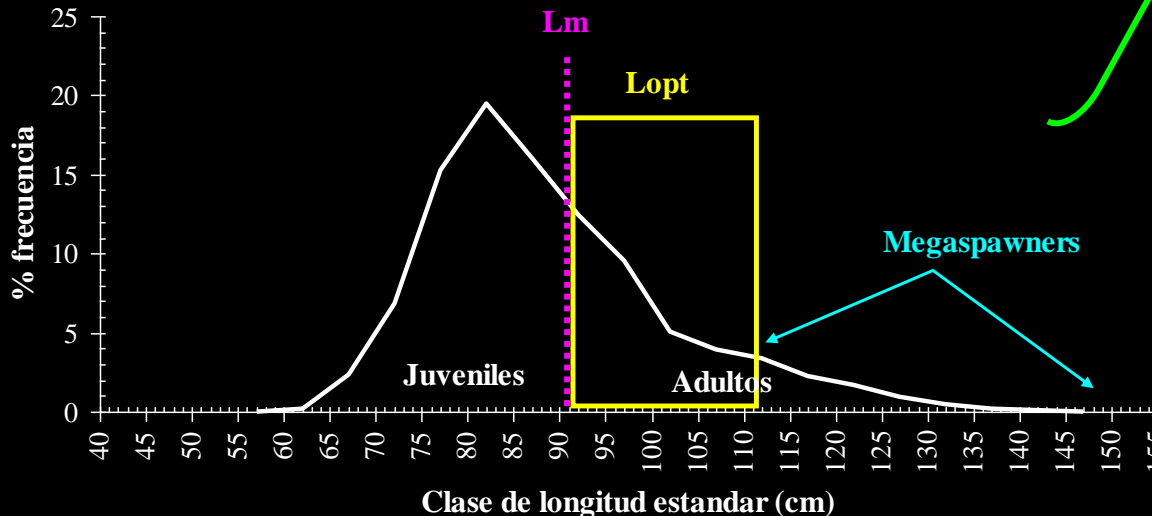


## Crecimiento y mortalidad



Sobre explotación !!!

## Índices de explotación



Sobre pesca de crecimiento  
(extracción de inmaduros)

Sobre pesca de reclutamiento  
(extracción de reproductores)

Potenciales perturbaciones para el  
ecosistema, vía cascadas tróficas  
(ya que son top-depredadores)

# Evaluación de la dinámica reproductiva de los siluriformes mediante la identificación molecular de sus larvas aplicando el barcoding

- Identificación morfológica a nivel de grandes grupos.
- Identificación molecular a nivel de especie.

## Resultados:

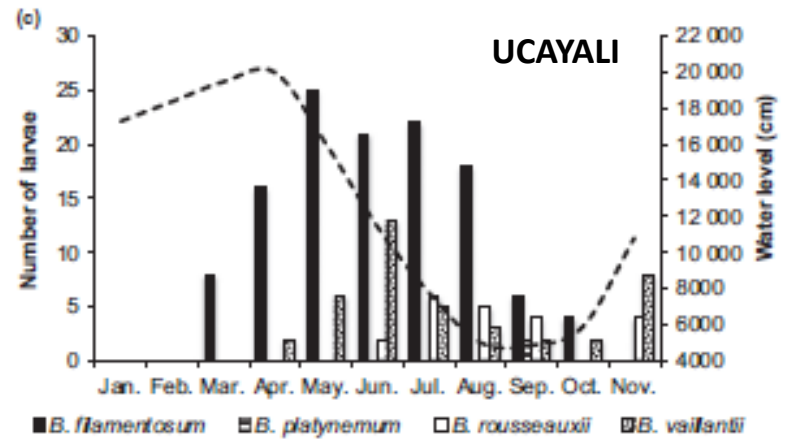
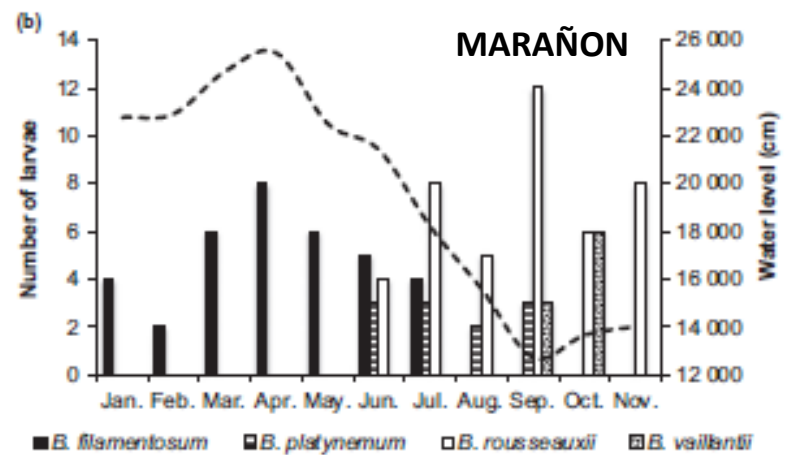
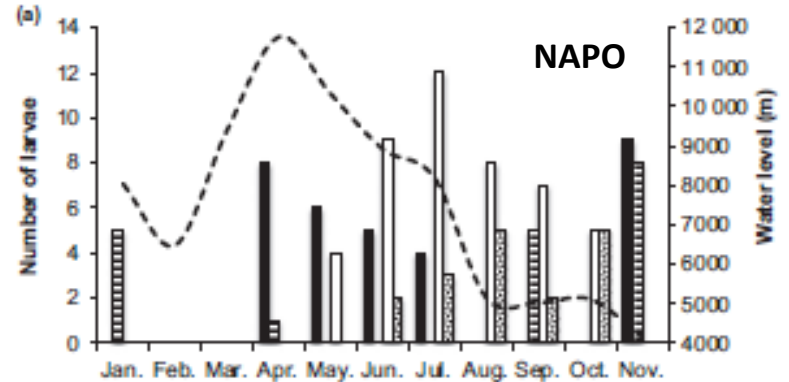
- Los grandes bagres presentaron diferentes padrones de reproducción,
- El dorado se reproduce en el periodo de aguas bajas,
- El saltón parece preferir el periodo de aguas altas.



*B. filamentosum*



*B. rousseauxii*





## DIVERSIDAD DE ICTIOPLANCTON EN LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO (AMAZONIA PERUANA)

Carmen Rosa GARCÍA-DÁVILA<sup>1,4</sup>, Diana CASTRO RUIZ<sup>1,4</sup>, Homero SÁNCHEZ RIBEIRO<sup>2,4</sup>, Rosa ISMIÑO ORBE<sup>2,4</sup>, Dixner RENGIFO TRIGOSO<sup>1,4</sup>, Aurea GARCÍA VASQUEZ<sup>2,4</sup>, Salvador TELLO MARTIN<sup>2,4</sup>, Werner CHOTA-MACUYAMA<sup>2,4</sup>, Fabrice DUPONCHELLI<sup>3,4</sup>, Jean François RENNO<sup>3,4</sup>

Journal of  
Applied Ichthyology



DWK



J. Appl. Ichthyol. 31 (Suppl. 4) (2015), 40–51  
© 2016 Blackwell Verlag GmbH  
ISSN 0175–8659

Received: August 15, 2015  
Accepted: December 12, 2015  
doi: 10.1111/jai.12987

## Using barcoding of larvae for investigating the breeding seasons of pimelodid catfishes from the Marañon, Napo and Ucayali rivers in the Peruvian Amazon

By C. García-Dávila<sup>1,2</sup>, D. Castro-Ruiz<sup>1,2</sup>, J.-F. Renno<sup>2,3</sup>, W. Chota-Macuyama<sup>2,4</sup>, F. M. Carvajal-Vallejos<sup>2,5,6,7</sup>, H. Sanchez<sup>2,4</sup>, C. Angulo<sup>1,2</sup>, C. Nolorbe<sup>1,2</sup>, J. Alvarado<sup>1,2</sup>, G. Estivals<sup>2,3</sup>, J. Núñez-Rodríguez<sup>2,3</sup> and F. Duponchelle<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM), Iquitos, Peru; <sup>2</sup>Laboratoire Mixte International - Evolution et Domestication de l'Ichtyofaune Amazonienne (LMI - EDIA), Iquitos, Peru; <sup>3</sup>Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Unité Mixte de Recherche Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (UMR BOREA - MNHN, CNRS-7208, UPMC, UCBN, IRD-207), Montpellier, France; <sup>4</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), AQUAREC, Iquitos, Peru; <sup>5</sup>Universidad Mayor de San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia; <sup>6</sup>FAUNAGUA NGO, Cochabamba, Bolivia; <sup>7</sup>ECOSINTEGRALES (Ecological Research and Integral Services for Sustainable Development and Nature Conservation), Cochabamba, Bolivia

## Estudios de caso: Especies no migradoras

Variabilidad genética de *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) “arahuana” en la región Loreto mediante marcadores microsatélites.



# Localidades de colecta

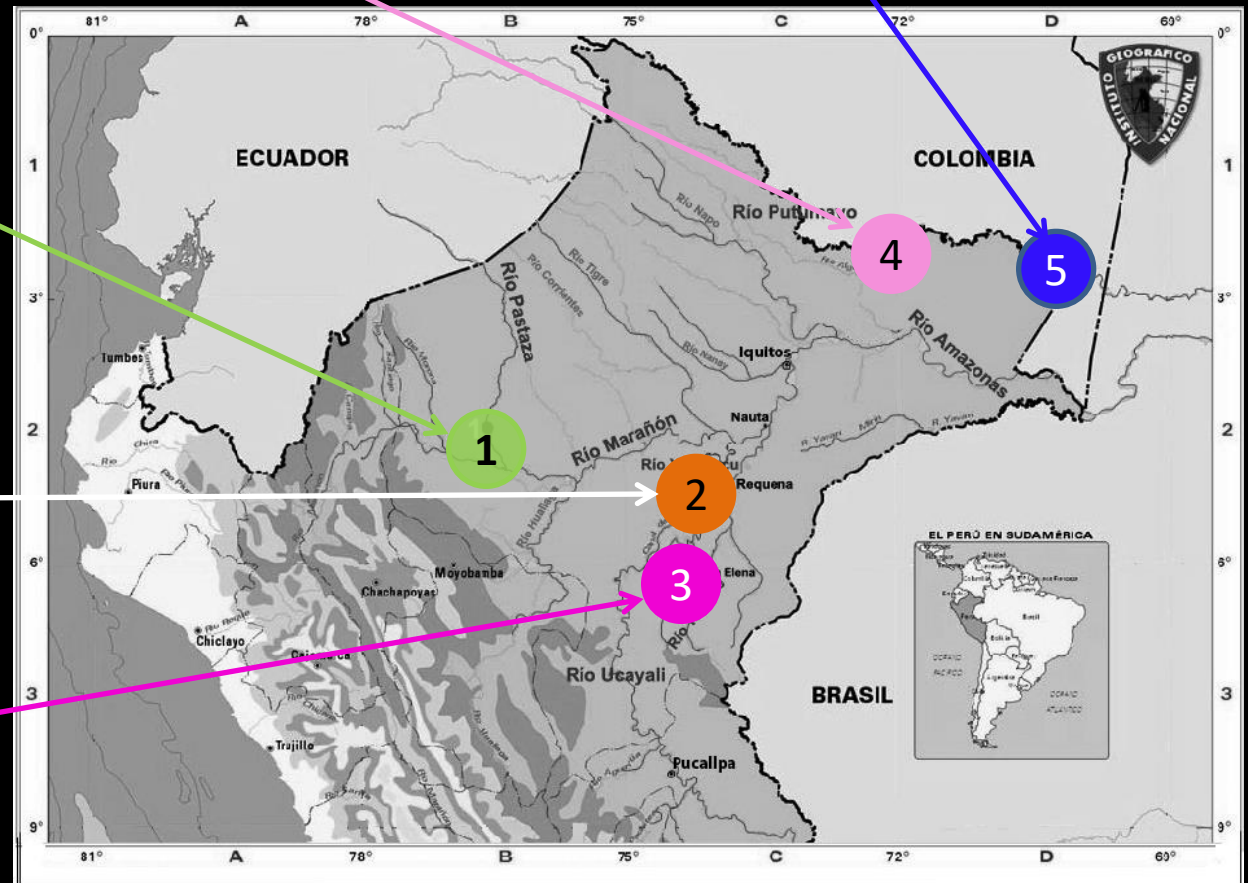
El Estrecho  
67

Huapapa  
68

Rimachi  
58

El Dorado  
53

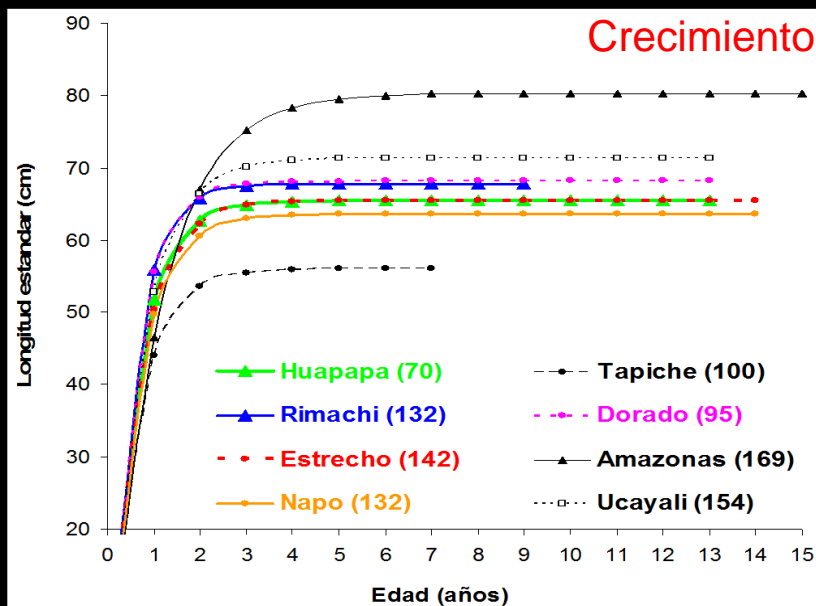
Huicungo  
53



- 10 marcadores microsatelites analizados:

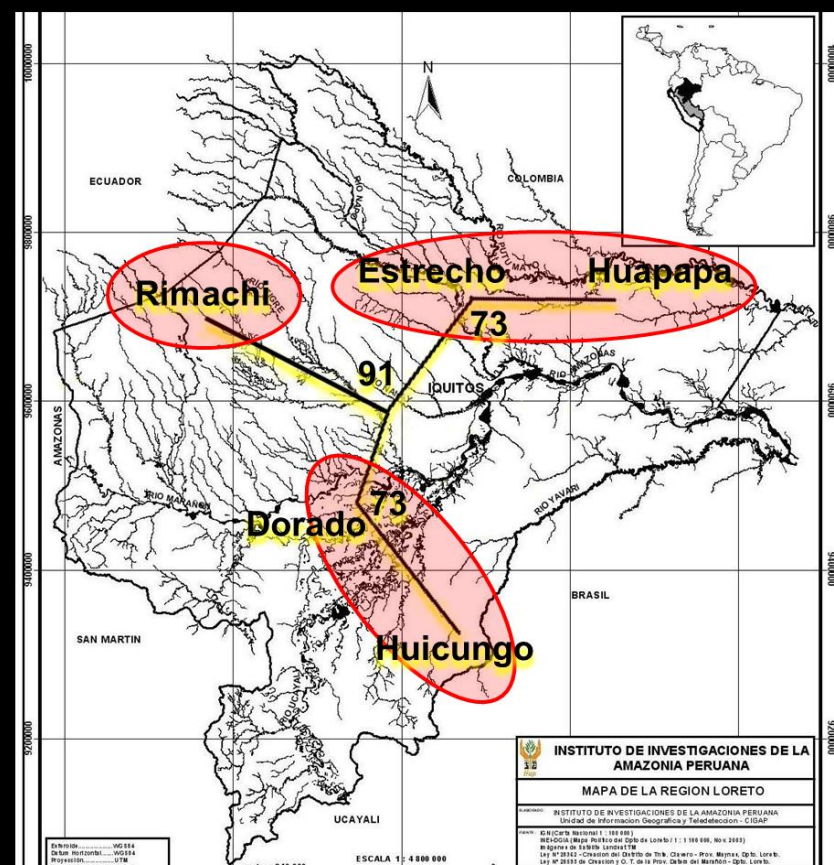
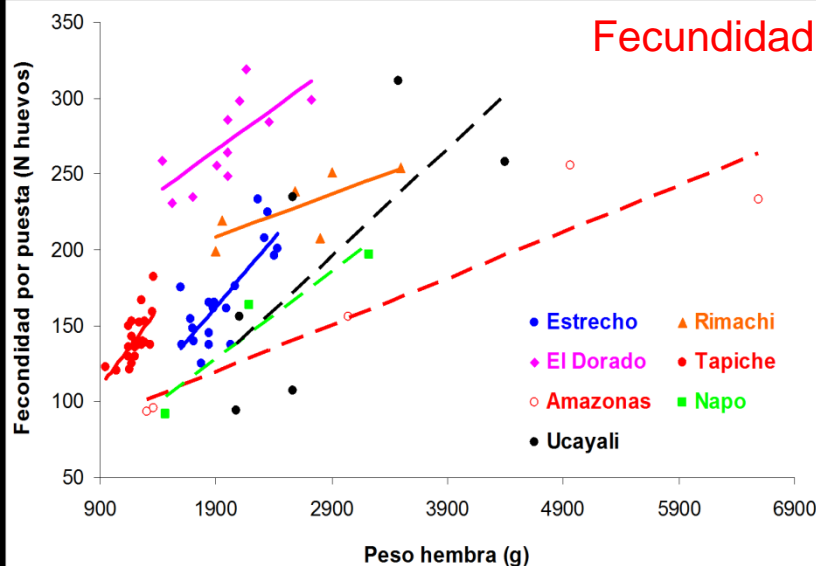


# Evaluación de los rasgos de vida y la variabilidad genética en la arahuana



rasgos de vida

genética



Duponchelle et al. 2012, Duponchelle et al. in press

# Publicación

FOIA  
Amazónica

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA  
AMAZONÍA PERUANA

## **PRIMER ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA ARAHUANA *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) EN LA REGIÓN LORETO (AMAZONÍA PERUANA)**

Werner Chota-Macuyama<sup>2,4</sup>, Carmen García-Dávila<sup>1,4</sup>, Adela Ruiz<sup>2,4</sup>, Fabrice Duponchelle<sup>3,4</sup>, Diana Castro-Ruiz<sup>1,4</sup>, Fred Chu-Koo<sup>2,4</sup>, Jean-François Renno<sup>3,4</sup>

- 1 Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú. E-mail: wemerchotam@yahoo.com
- 2 Programa de Investigación Para el Uso del Agua y sus Recursos (AQUAREC), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú.
- 3 Institute de Recherche pour le Développement (IRD)-GAMET, UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France.
- 4 Laboratoire Mixte International - Evolution et Domestication de l'Ichtyofaune Amazonienne (LMI - EDIA).

### **RESUMEN**

La arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* es un importante pez ornamental cuyas larvas y alevinos se exportan al mercado asiático. Esta alta demanda genera grandes presiones de pesca sobre sus poblaciones naturales, siendo necesario generar información genética de sus poblaciones que permitan elaborar planes de

## **Recomendaciones**

Las estrategias de conservación deben considerar la estructuración genética en los planes de manejo de la arahuana.



**Muchas Gracias!!!**

