

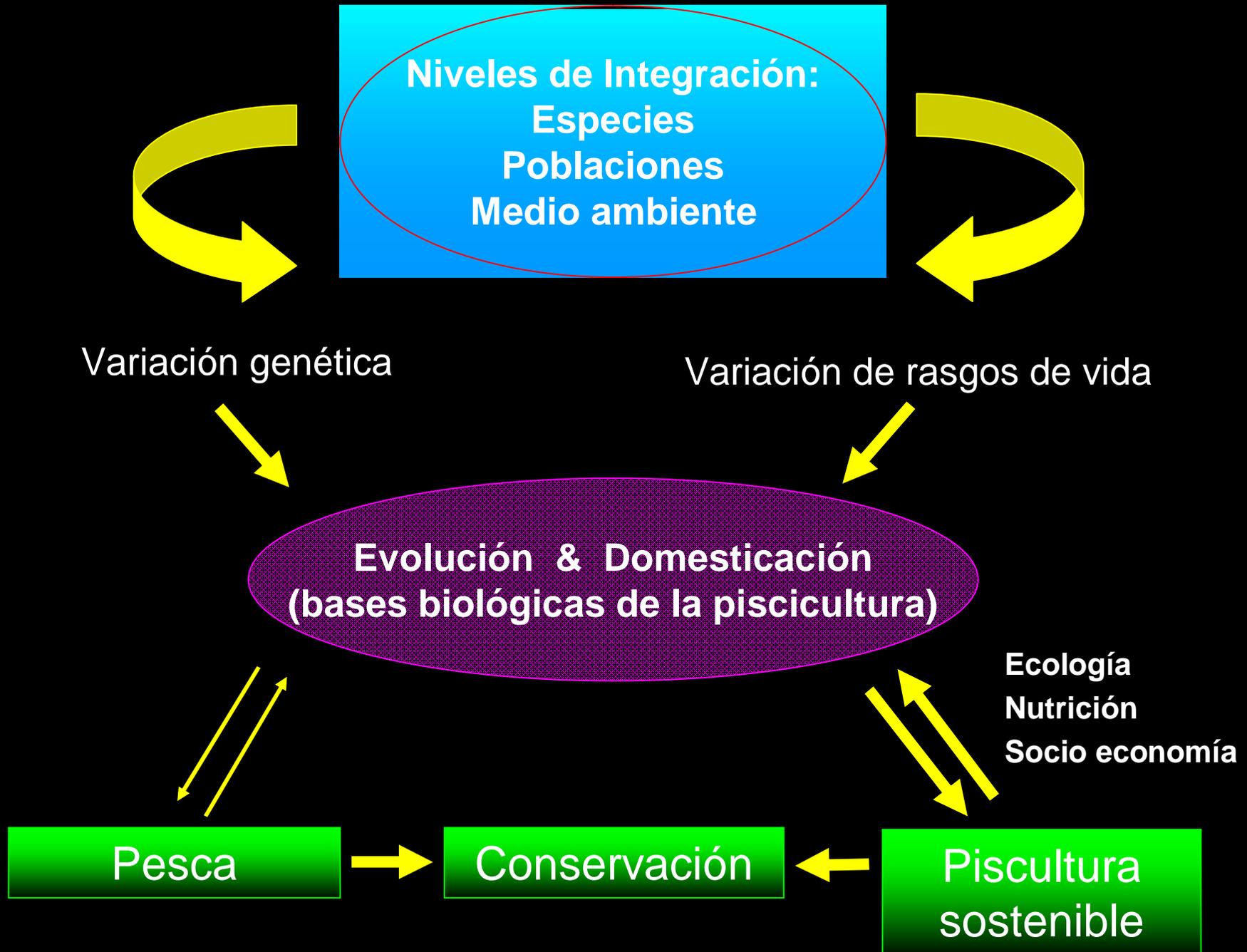
Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

# Evolución y domesticación de la ictiofauna amazónica

## EDIA

Equipo I I AP- IRD - UNFV

Presentación: Carmen García & Fred Chu-Koo



# Líneas temáticas

## Eje I - Evolución de la ictiofauna amazónica

- 1) - Genética Evolutiva
- 2) - Estrategias de historia de vida
- 3) - Investigación innovadora sobre los mecanismos de especiación rápida

## Eje II - Domesticación para acuicultura sostenible

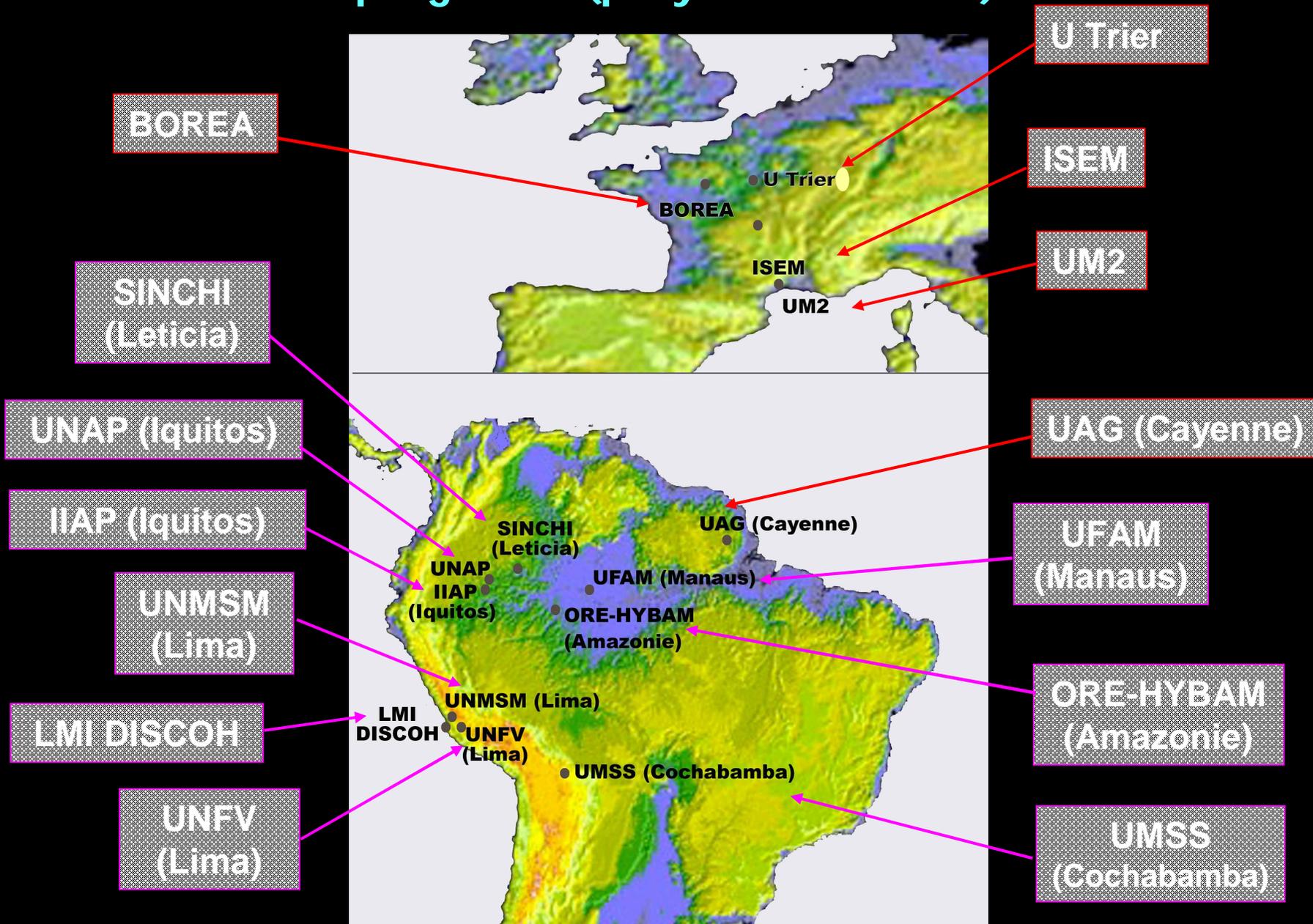
- 1) - Reproducción y cría de larvas
- 2) - Bases ecológicas para la acuicultura sostenible
- 4) - Nutrición en los sistemas de cría de larvas,
- 5) - Diversificación de las fuentes de proteínas para la fabricación de alimentos para peces
- 6) - Socio-economía: análisis de la cadena piscícola en la región Loreto (Iquitos)

## Eje III - Impacto del programa sobre la gestión de la pesca y la conservación

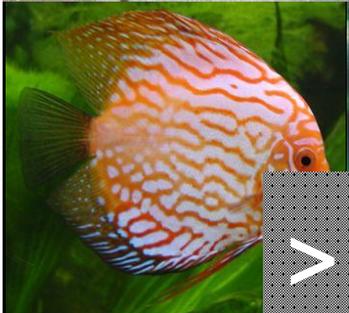
- 1) - Impacto sobre la pesca y la gestión de los recursos
- 2) - Efectos de las fragmentaciones naturales y antrópicas
- 3) - Conservación de los recursos pesqueros



# Contrapartes principales para el desarrollo del programa (proyecto de LMI)



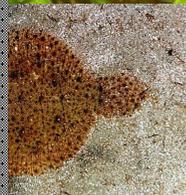
# Origen de la hiper-diversidad ictiológica en Amazonía ?



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

> 400 son comercializadas (consumo y ornamentales)

~ 10 son cultivadas

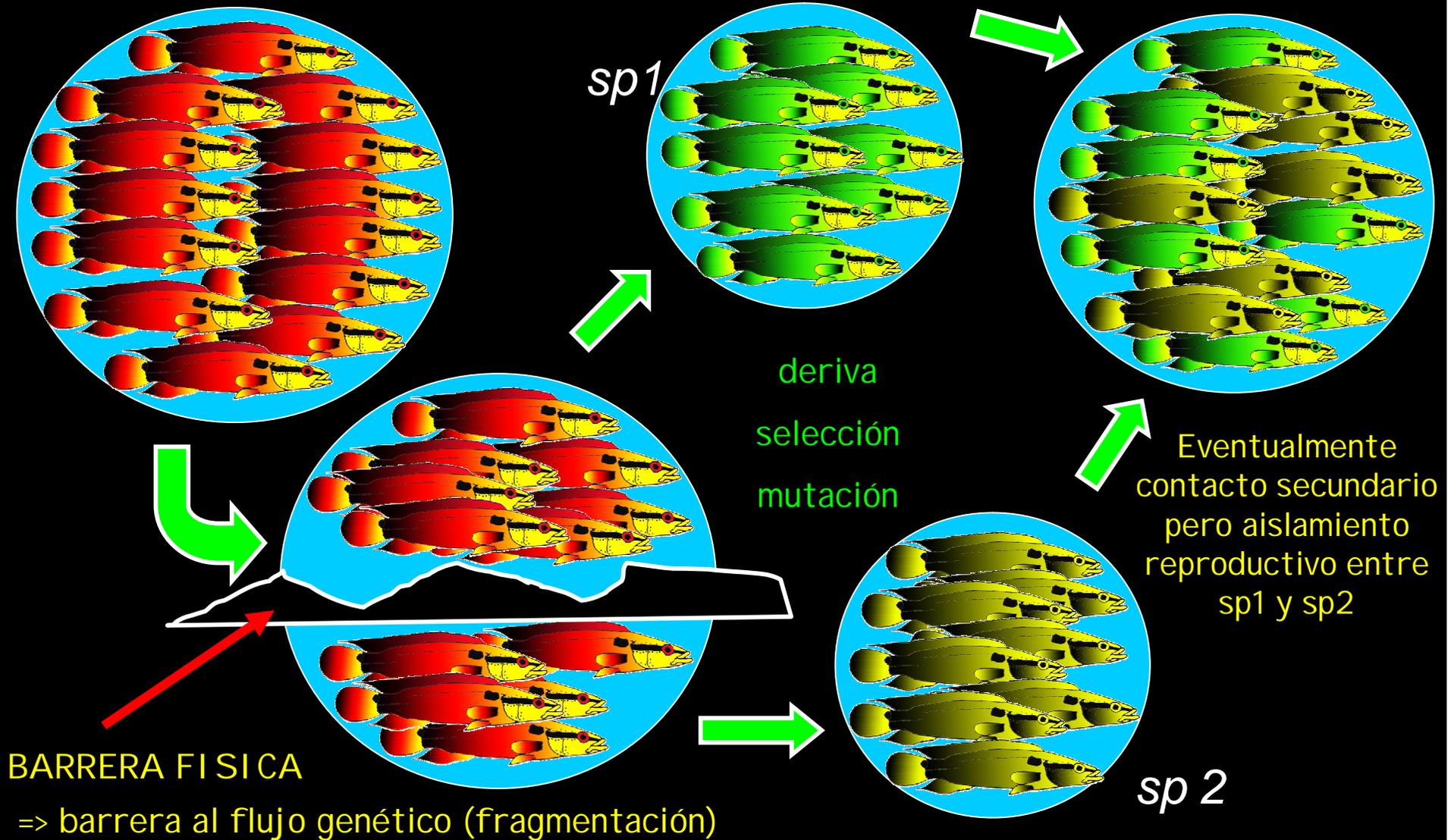


# Disciplinas para explicar la hiper-diversidad en la Amazonía

- Biogeografía histórica, filogeografía y biología de poblaciones (genética, ecología, estrategia de historia de vida), paleontología, etología, zoología, botánica.
- Diferentes escalas: de las grandes cuencas a los arroyos forestales.

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

especie madre



# Barrera : ríos

(Wallace, 1852)

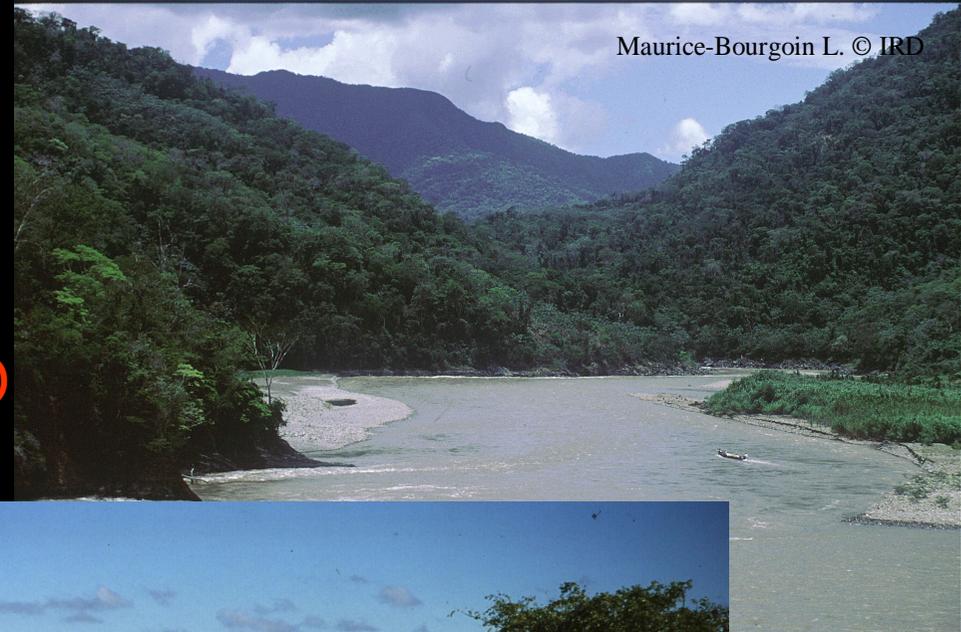


# Barrera : efecto de los Cambios climáticos

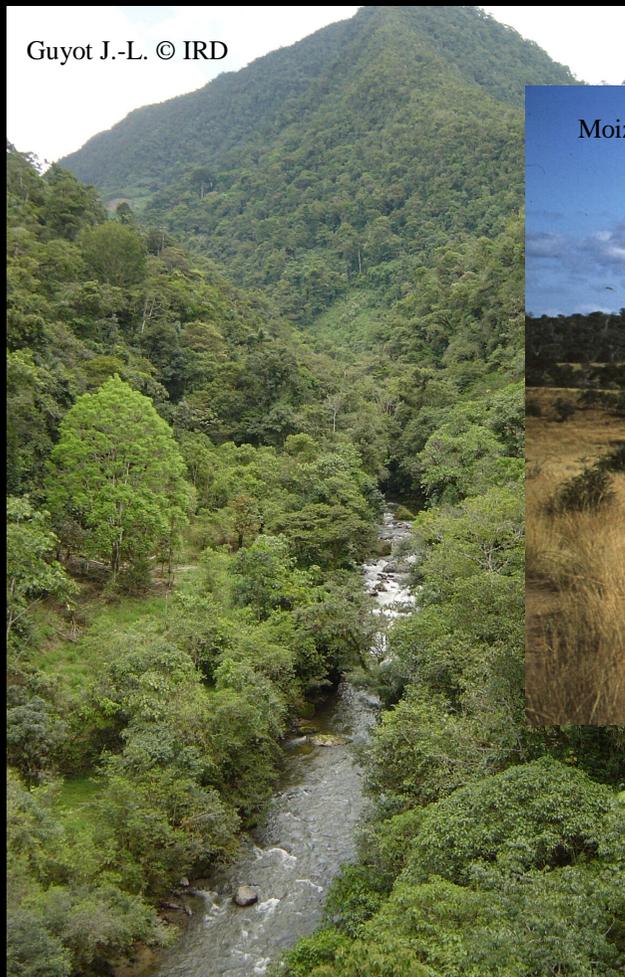
Épocas glaciares: la capa de los glaciares se desarrolla en las regiones actualmente templadas...

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

(Haffer, 1969)



Maurice-Bourgoin L. © IRD



Guyot J.-L. © IRD



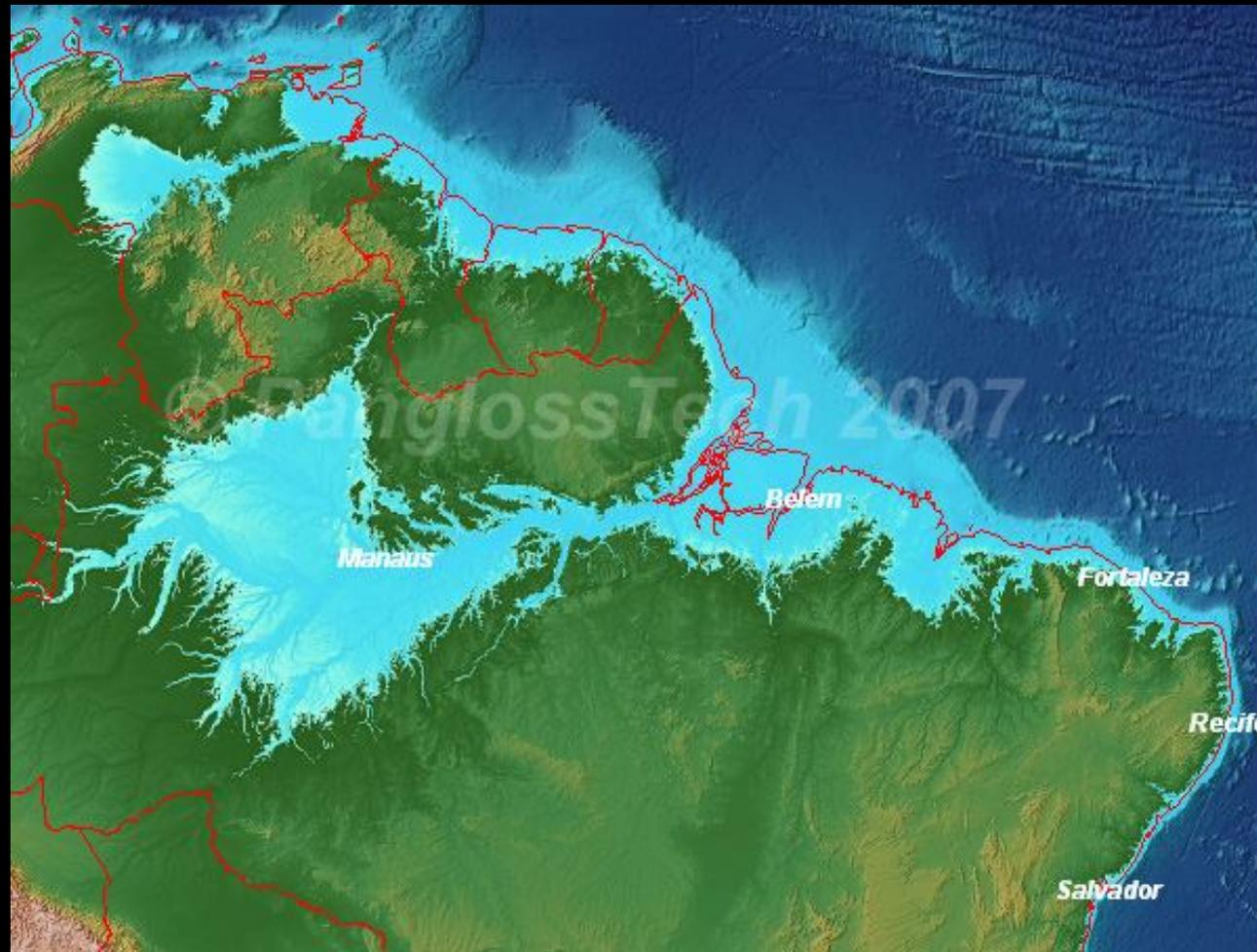
Moize B. © IRD

- Durante las épocas glaciales mas secas, parte de la biota amazónica se refugió en los relieves : escudo de Guayana, escudo del Brasil, pendiente oriental de los Andes.

# Barrera : incursiones marinas

(Fjeldsä 1994)

Barreras originadas por la entrada de agua marina (fragmentación de las especies)



Consecuencias de las incursiones marinas : familias de peces de origen marino en la Amazonía (+ otros grupos)



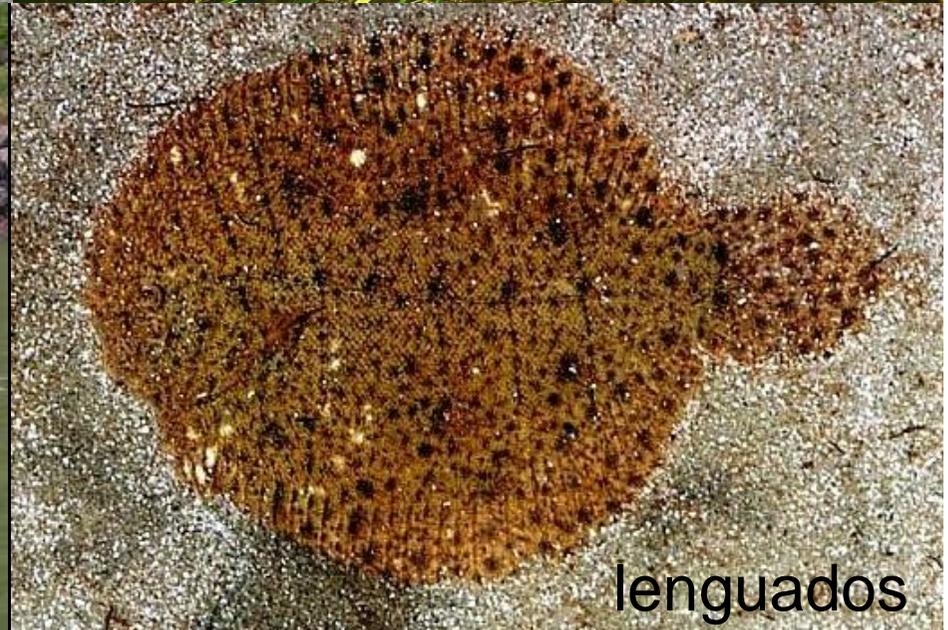
rayas



Peces aguja



corvina



lenguados

**La cuenca amazónica se  
inicia en los Andes !**

**Influencia tectónica y  
fisicoquímica**



# Barreras : levantamiento de los Andes, y de los paléoarcos como barreras a la dispersión de la flora y fauna

(Räsänen et al., 1990)



Istmo de Fitzcarraldo



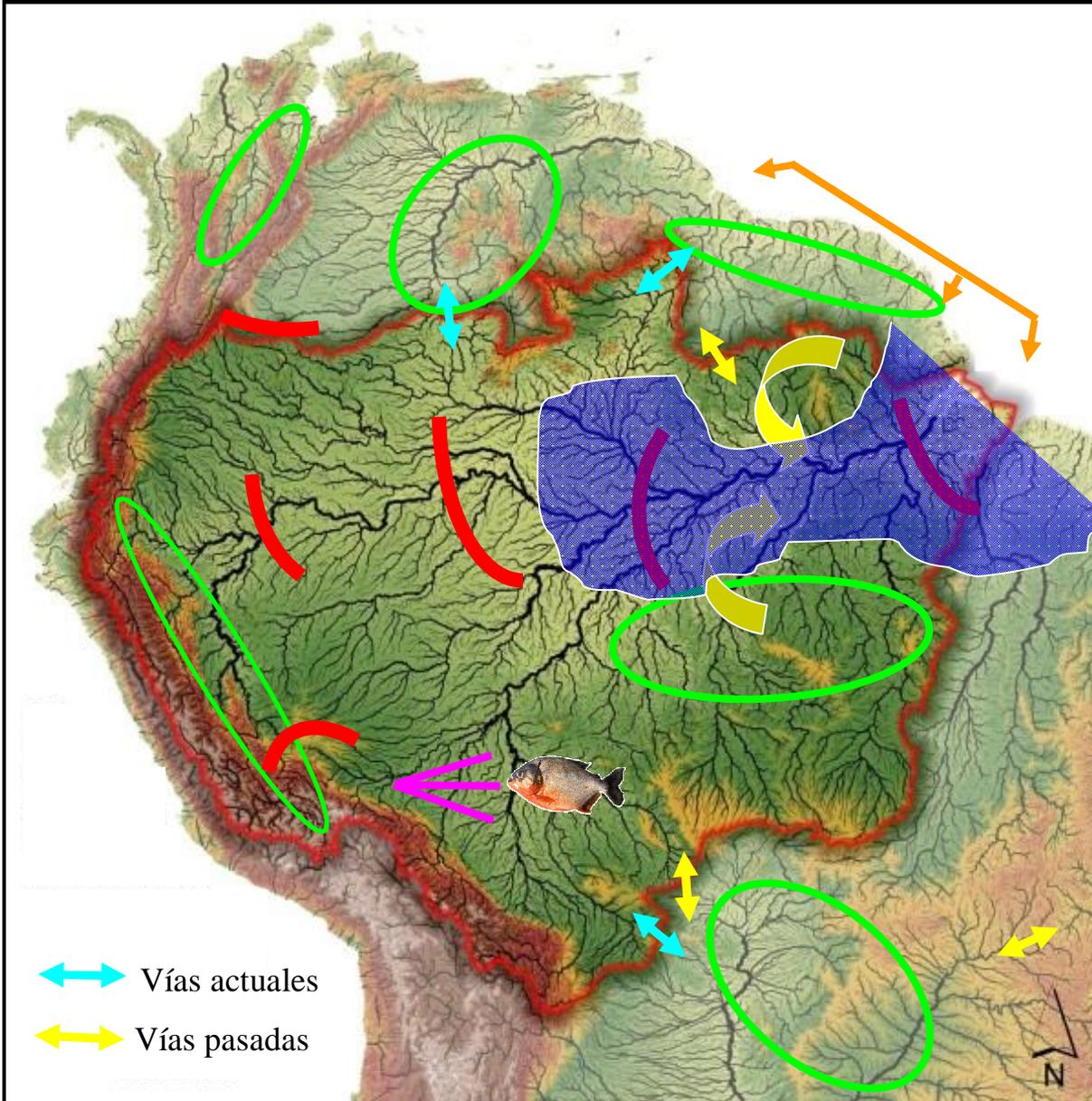
# Barrera: separaciones y anastomosis de las cuencas hidrológicas



Evolución de los peces relacionada a la "vida" de los ríos : movimiento y características químicas (influencia de los Andes !)

(Renno *et al.* 1989, Montoya-Burgos, 2003)

# Cronología de los eventos de vicarianza y de dispersión (combinación de datos geológicos y de los relojes moleculares)



## vías de dispersión

Región de fuerte endemismo,  
Refugios acuáticos

8 MA (geología) arco del Vaupes

7 MA dispersión costera,  
regresiones marinas

5.5 MA arco Gurupa

5-4 MA (geología) incursión  
marina/geología y arco del  
Purús

3MA (geología) regresión marina

Colonización Amazonía central

3MA arco de Caravari,  
separación del Río Negro

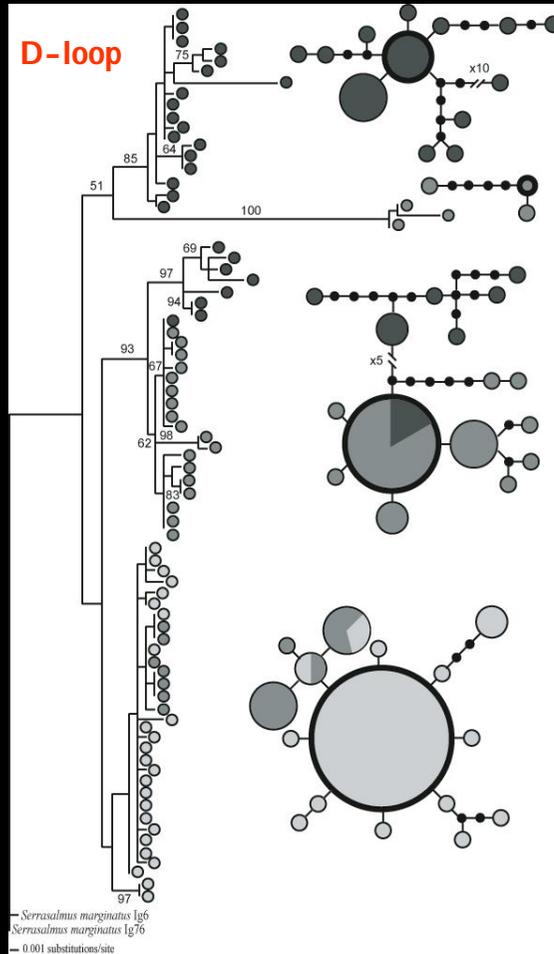
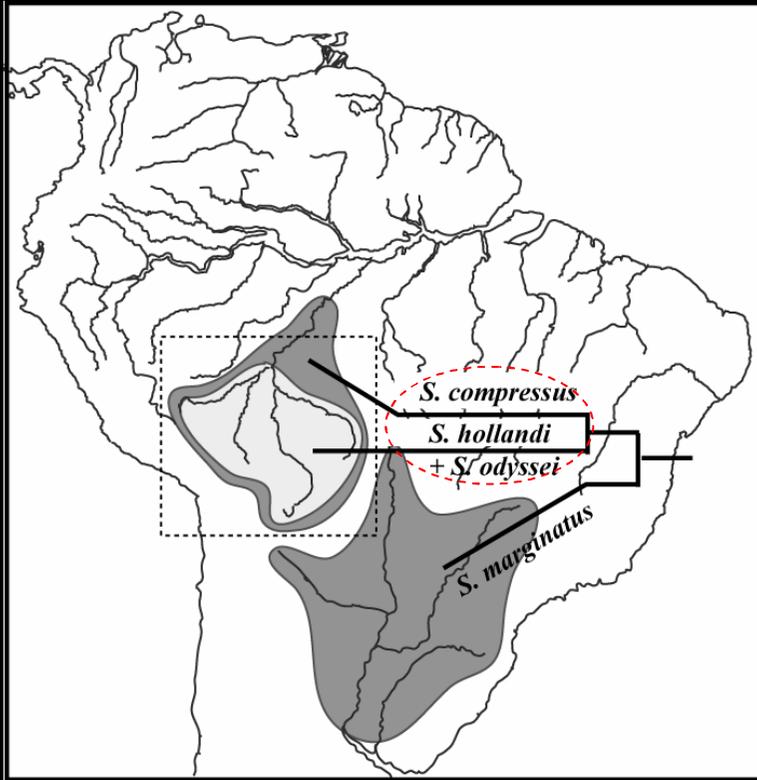
2 MA especiación ecológica alto  
Madera

1MA arco de Iquitos y de  
Fitzcarraldo reforzamiento y  
aislamiento del alto maderas

# Nuevos mecanismos a elucidar para la Amazonía: especiación ecológica y simpátrica ?



# Especiación ecológica en los pirañas diferenciadas entre aguas claras y negras en el alto Madera



- Especies biológicas (ADNn)
- Especiación rápida (ADNmt)
- Adaptación ecológica (sin barreras físicas)

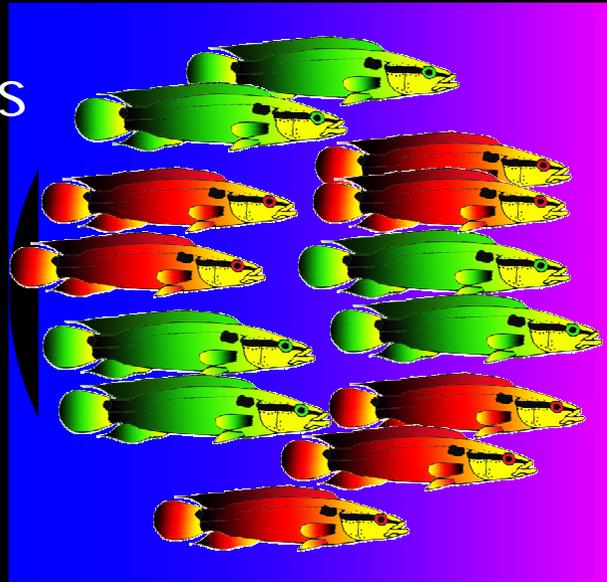
## Nuevos mecanismos a elucidar para la Amazonía: especiación simpátrica

Especiación a escala de una  
quebrada ?



# Especiación simpátrica

Especies madre



alto polimorfismo

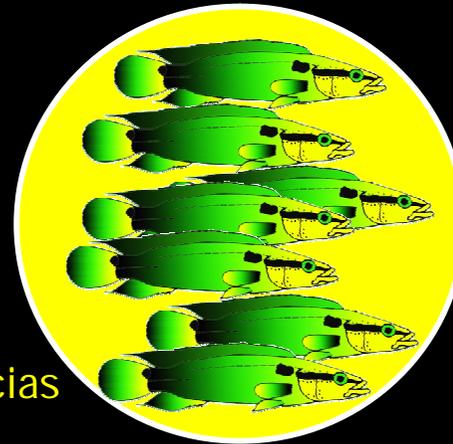


preferencias sexuales

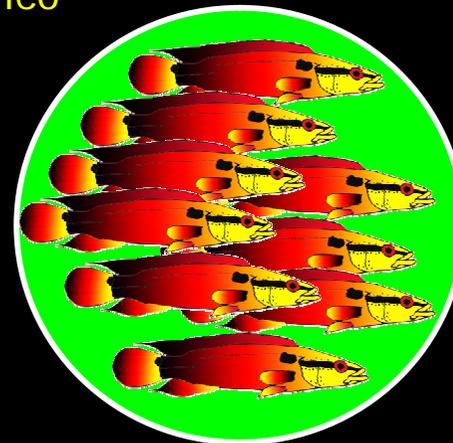
preferencias nicho trófico



sp 1



sp 2



# Selección sexual y especiación en los *Apistogramma*

- \* Excepcional polimorfismo de color en las especies de *Apistogramma* :

## *A. bitaeniata* de diversas localidades geográficas



- \* En los *Apistogramma*, las hembras son capaces de reconocer su pareja de la misma especie (Romer & Beseinherz 2005)
- \* En alopatria dentro de una misma especie morfológica se encuentra varias especies genéticas en relación con la elección sexual (Ready *et al.* 2006)

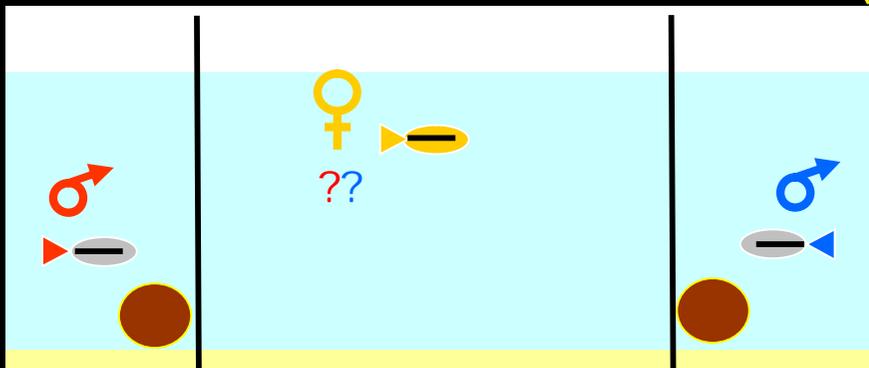
Será que en simpatria también hay una elección sexual ?

# Selección sexual y especiación en los *Apistogramma*

- \* En condiciones de simpatria, en una misma quebrada :



Polimorfismo intraespecifico ?  
Especies diferentes ?  
Especies en formación ?



Mecanismos de especiación:  
selección sexual ?

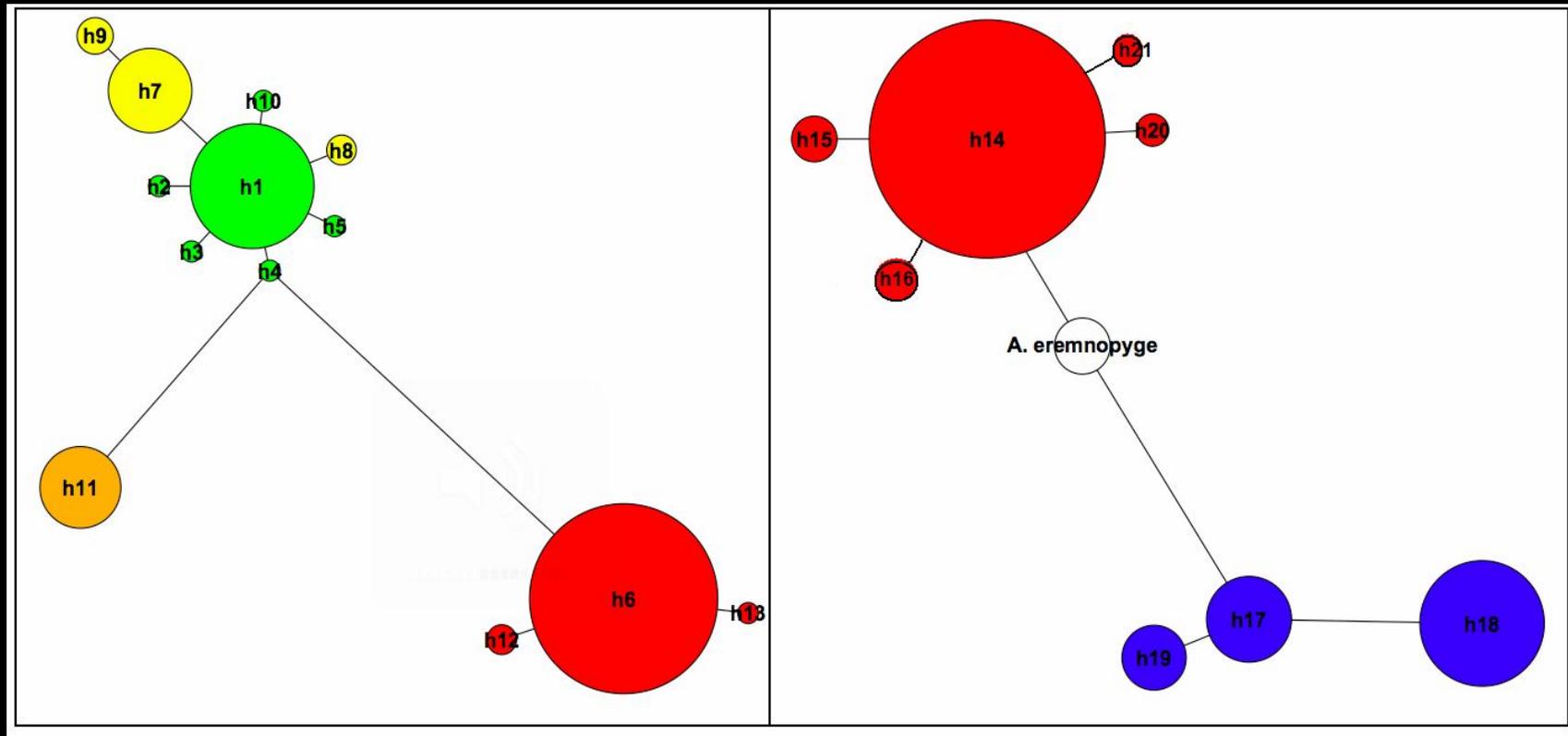
→ Una hembra va a elegir de manera repetitiva un tipo de macho de color determinado.



**Aislamiento reproductivo por selección sexual (elección por la hembra) en simpatria !**

- \* Observación : - no se diferencian las dos variedades al nivel del ADN mt (Cyt-b, D-loop)  
- definición de microsatélites (ADN nuclear) en proceso en Francia (I SEM)

# Hiper-estructuración genética (haplogrupos mtDNA) en los *Apistogramma* entre sub-cuencas



*A. agassizii*

*A. bitaeniata*

Cada color de disco corresponde a una sub-cuenca

# De la comprensión de la Evolución a la Domesticación



# Acuicultura Amazónica : peces ornamentales y de consumo

## Marco actual:

- La mayoría de peces ornamentales son extraídos del medio natural (Cíclidos, Bagres, Arahua, Rayas).
- La mayoría de los peces de consumo vienen de la pesca.

## Potencialidad:

- Algunas especies pueden ser cultivadas tanto para ornamentales como para consumo (Doncella, Paiche, Arahua...).

### > Existe Necesidad:

- Disminuir la presión de pesca.
- Desarrollar el cultivo sostenible

## Peces ornamentales



*Microglanis* sp. «bambi torre» 7 cm LT.



*Batrochoglanis raninus* «bambi» 10 cm LT.

## PIMELODIDAE



*Merodontotus tigrinus* «tigrinus» 15 cm LT.



*Pimelodus ornatus* «ornatus» 10 cm LT.



*Aguarunichthys torosus* «bolt cat» 15 cm LT.



*Aguarunichthys torosus* var. «bolt cat» 15 cm LT.



*Heptapterus* sp. «bagre rojo» 7 cm LT.



*Aguarunichthys* sp. «bolt cat» 10 cm LT.

# Especies de consumo



*Pseudoplatystoma fasciatum*



*Colossoma macropomum*



*Prochilodus* sp.



*Brycon* sp.



*Arapaima gigas*



*Piaractus brachipomus*

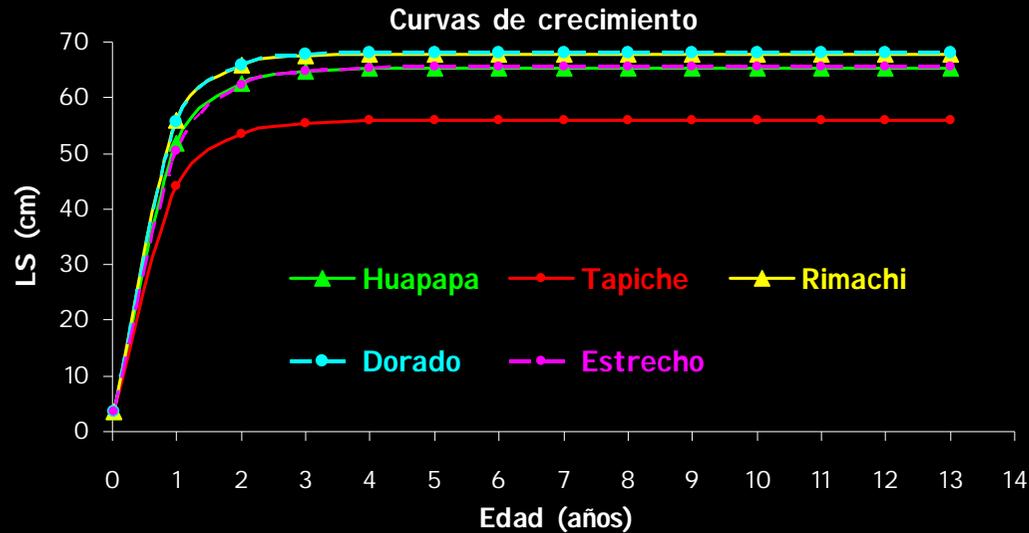
# Domesticación de peces (Piscicultura)

- **Proceso evolutivo orientado por el hombre:**
    - Elección de la especie.
    - Selección de los progenitores (de las poblaciones).
    - Control de la reproducción.
    - Selección de los caracteres a desarrollar (crecimiento, talla, color, comportamiento).
- ⇒ Modificación del fenotipo y del genotipo.
- ⇒ Necesidad de una piscicultura sostenible.

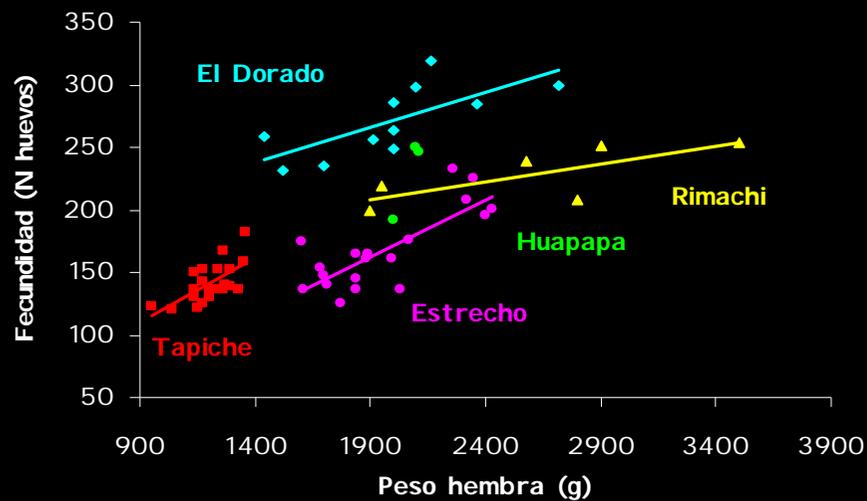


# Selección de los progenitores: depende de las interacciones genoma y rasgos de vida

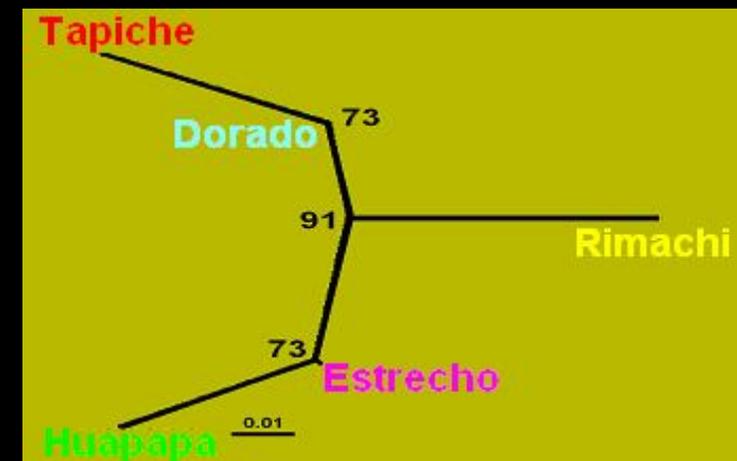
## Rasgos de vida



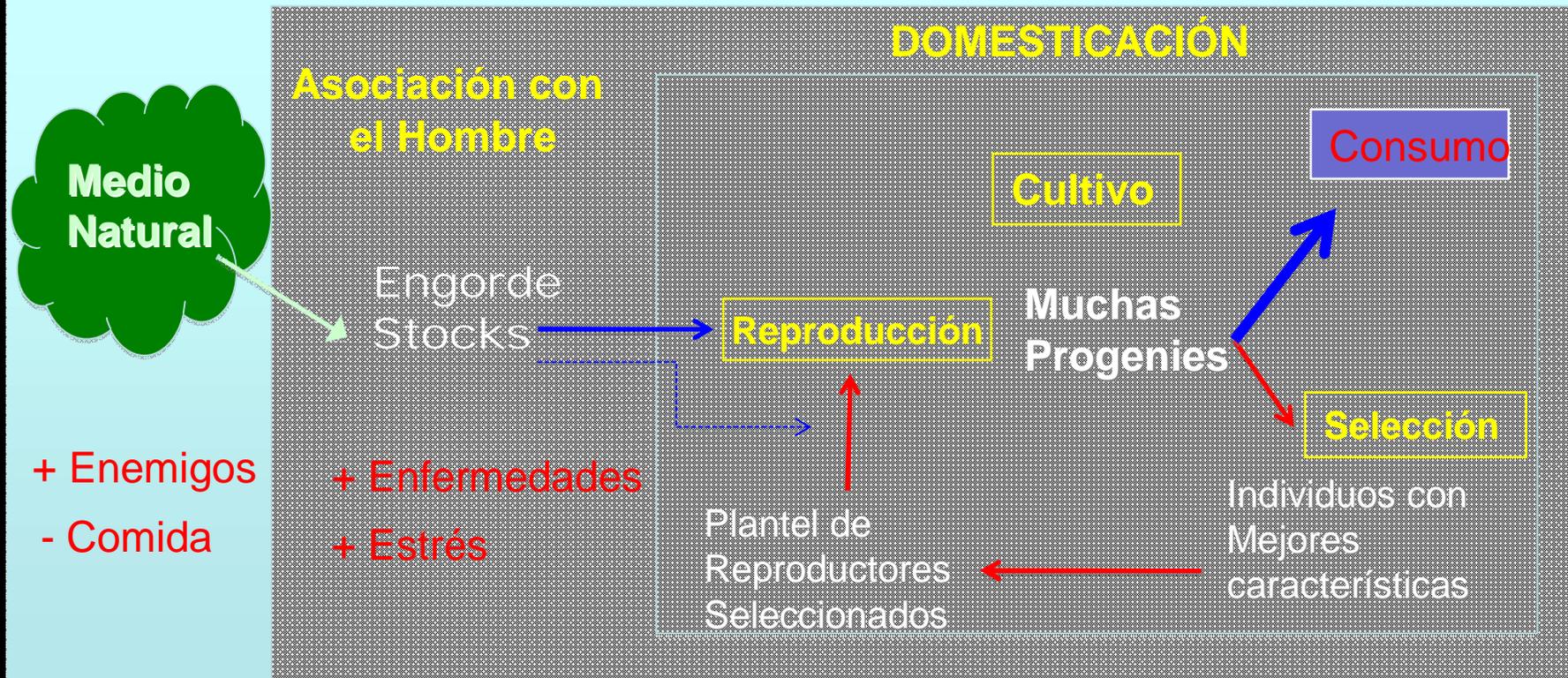
Ej. Arahua (consumo u ornamental)



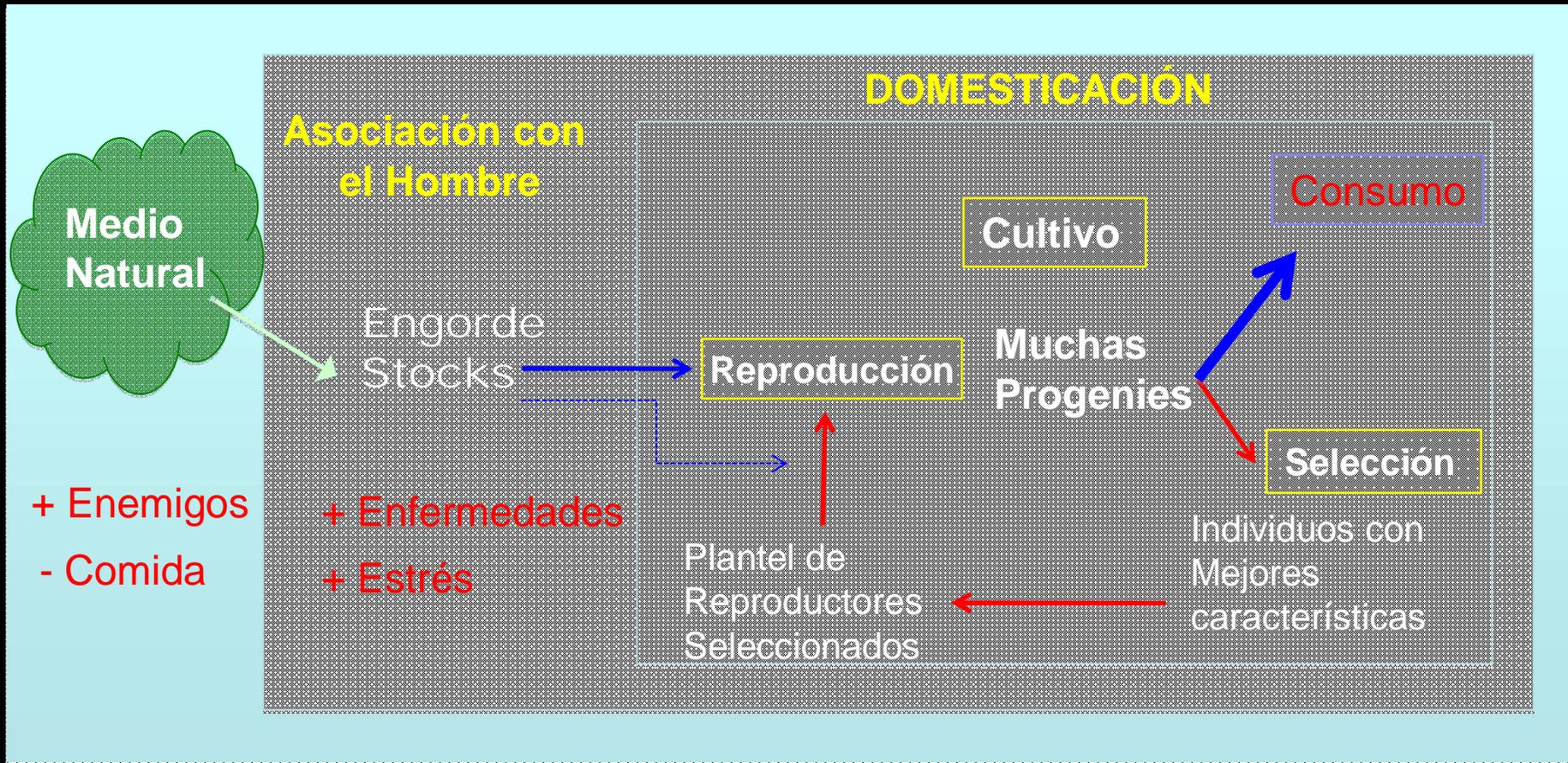
## Distancia genética entre las poblaciones



# Selección y producción



# Selección y producción



# Especies amazónicas “comerciales”

## Niveles de domesticación

### Paquetes tecnológicos:

- Avanzado (reproducción, alevinaje, engorde)  
gamitana y paco
- Intermedio (reproducción, alevinaje, engorde)  
doncella
- Incipiente (reproducción, alevinaje, engorde)  
paiche



Ejemplo de la doncella

Reproducción inducida



# Variación y selección de caracteres en doncella

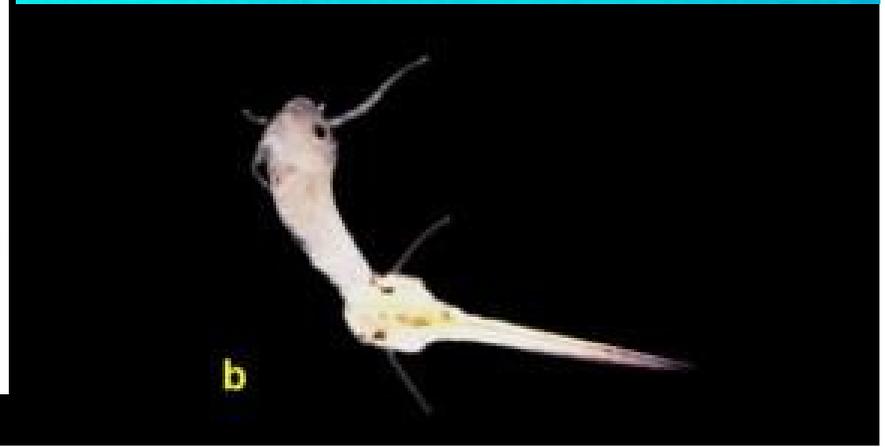
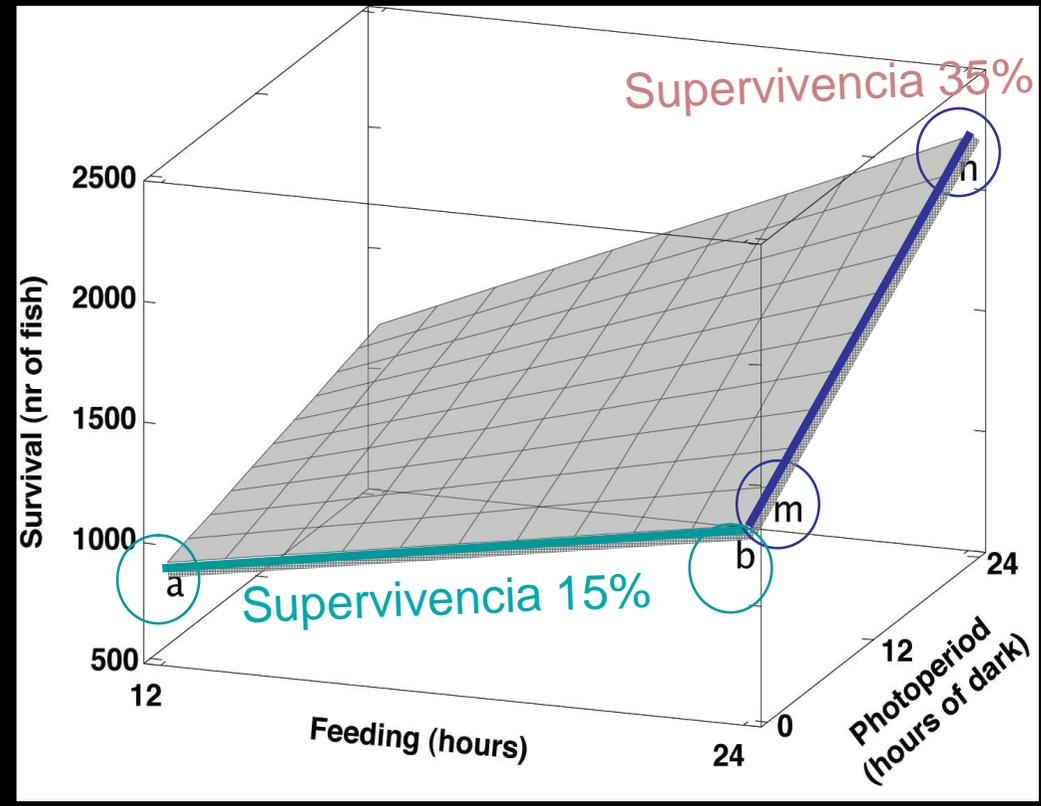


Etapa 1: determinar variabilidad del carácter (interés de los estudios en poblaciones naturales).

Etapa 2: selección orientada de los caracteres deseables (supervivencia, crecimiento, talla, color, comportamiento).

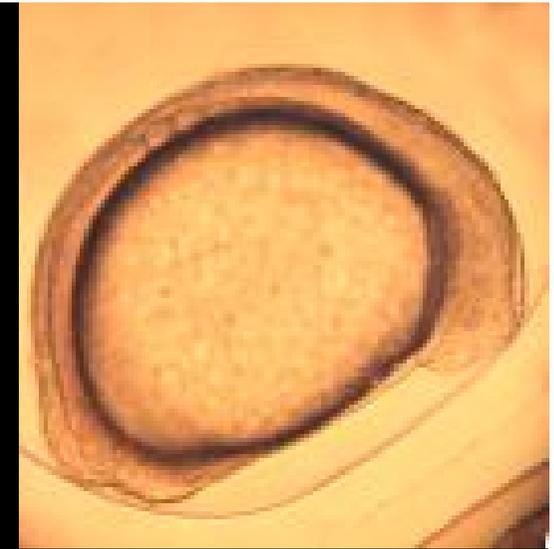
- ⇒ **Modificación del fenotipo y del genotipo.**
- ⇒ **Necesidad de una piscicultura sostenible.**

# Heterogeneidad de tamaño y canibalismo en doncella

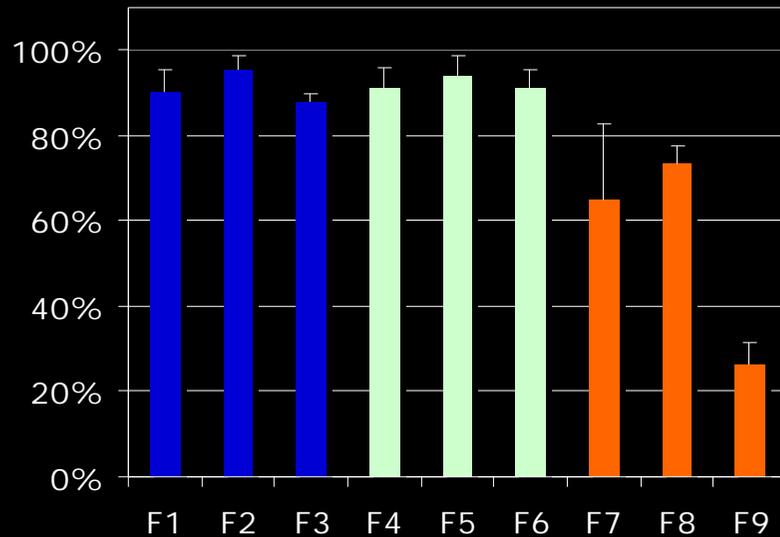


# Variación de tasa de eclosión y de crecimiento en doncella

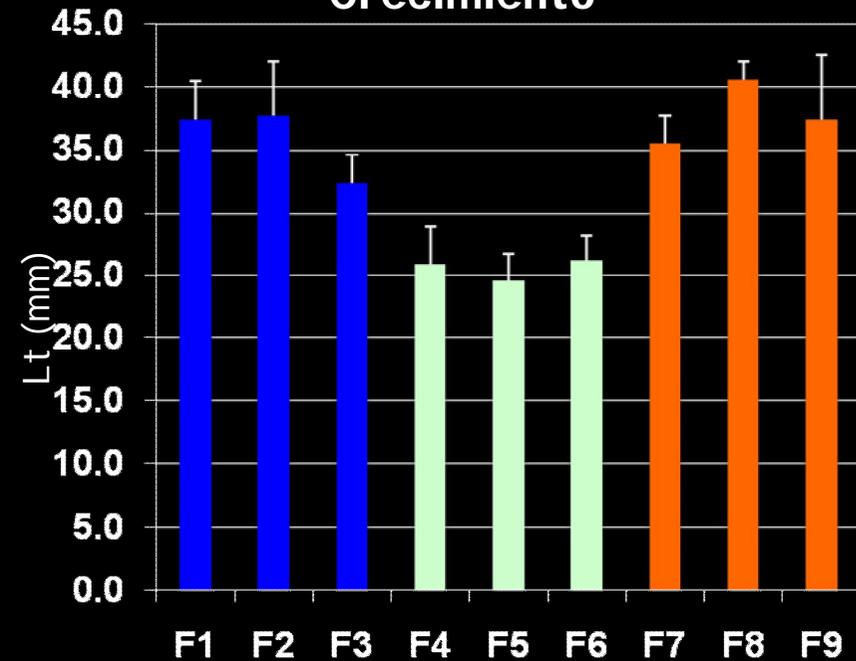
(comparación de 9 familias)



### Tasa de eclosión

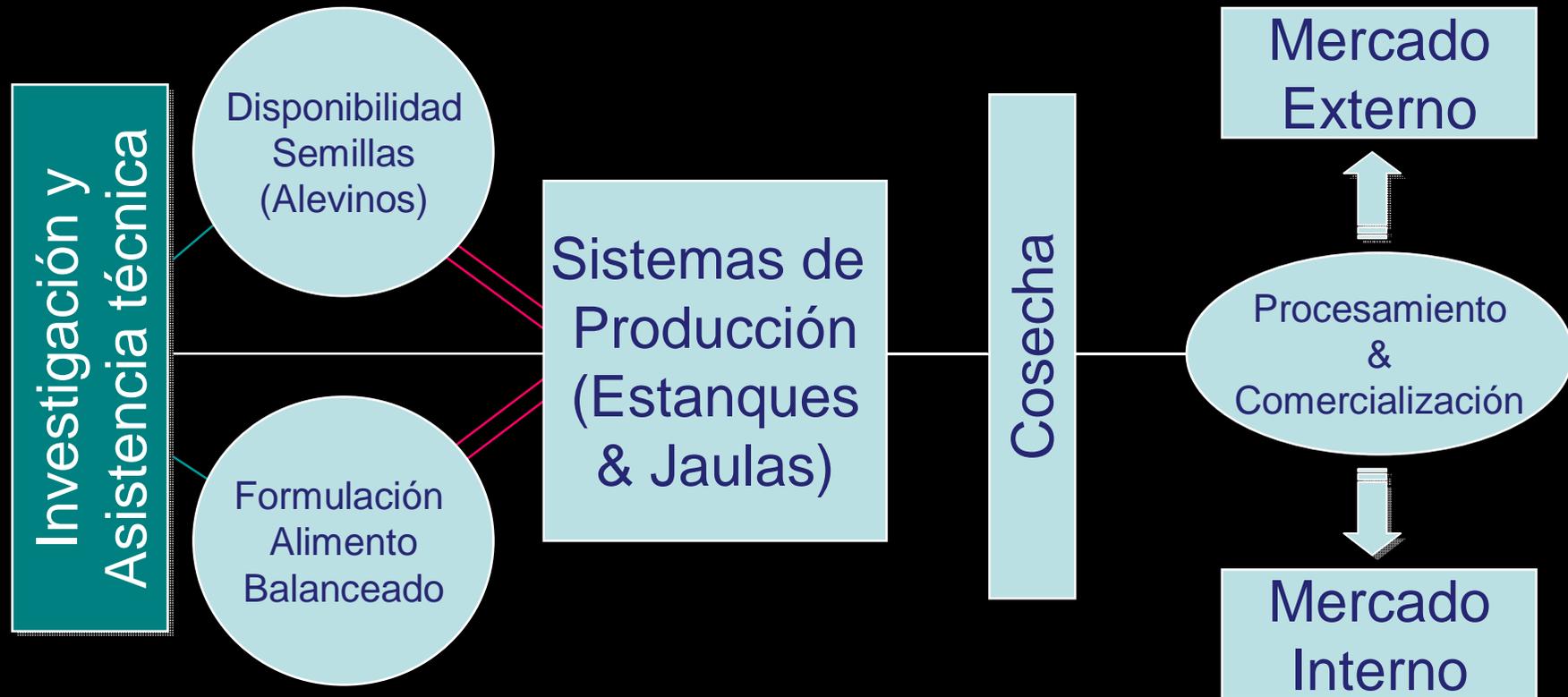


### Crecimiento

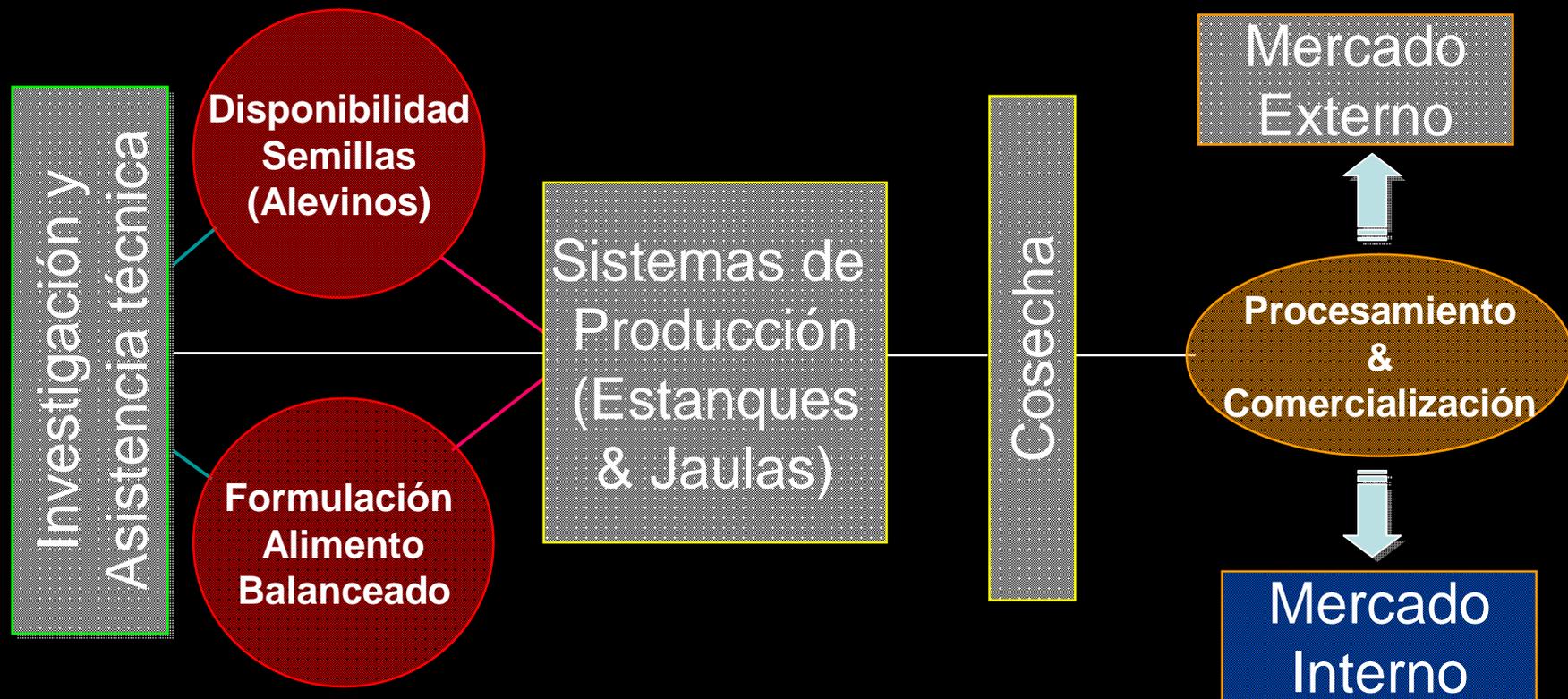


**Efecto "hembra"**

# Cadena productiva en piscicultura y socioeconomía



# Cadena productiva en piscicultura y socioeconomía



# Incidencia del programa sobre el manejo de la pesca y la conservación



# Identificación molecular de larvas de Bagres

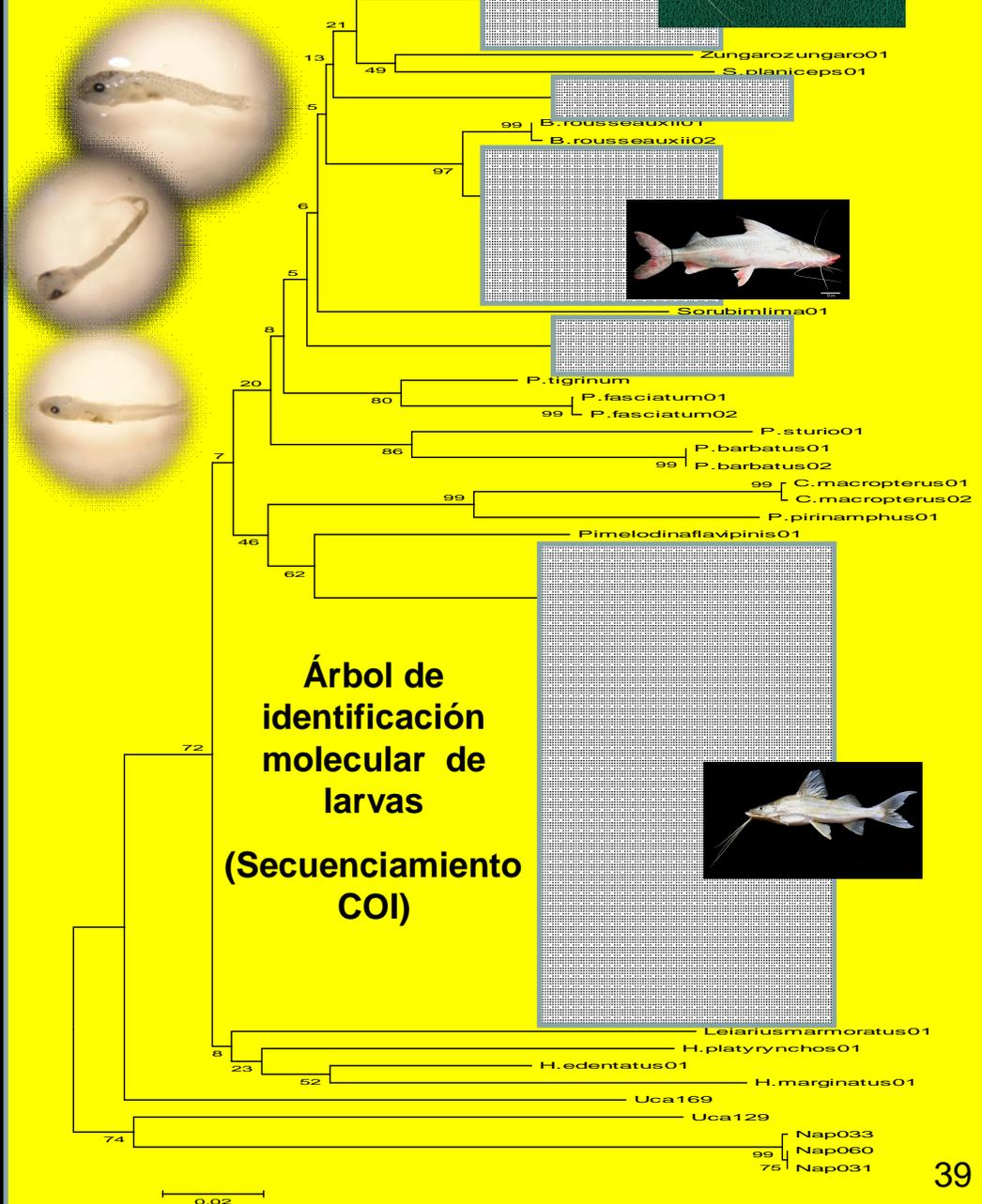
## "BARCODING"

Areas de reproducción de bagres ?

Problema de la semejanza morfológica entre las larvas.

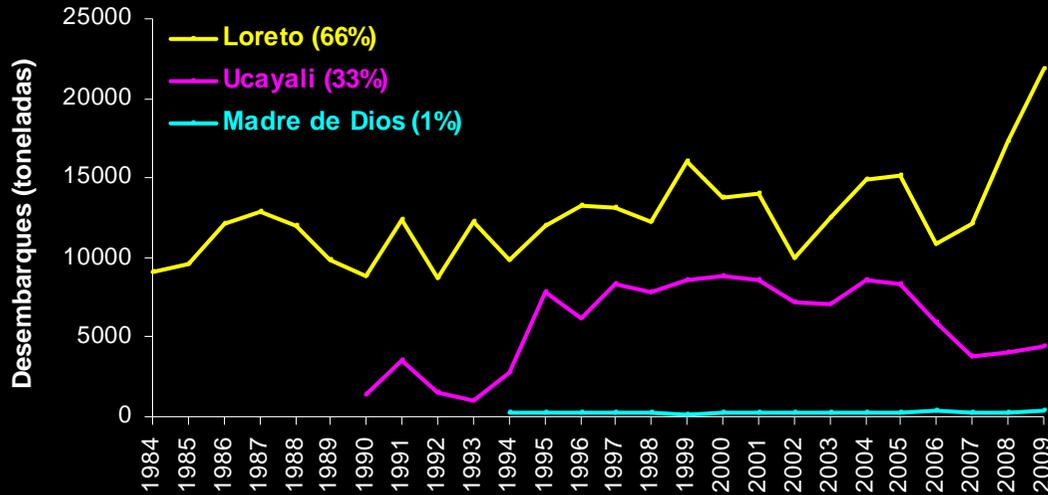
- Identificación molecular de las larvas en los ríos.
- Padrones de distribución de las larvas, dentro y entre los ríos.

Ej. *Brachyplatystoma*  
& *Pimelodus*

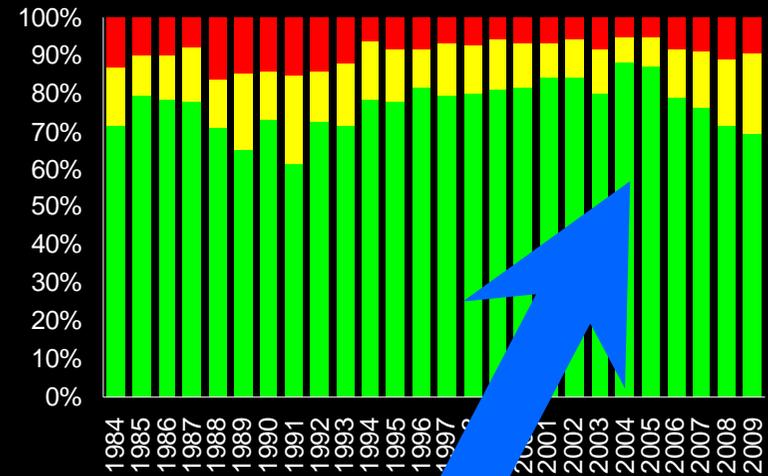


# Valorización de las estadísticas pesqueras

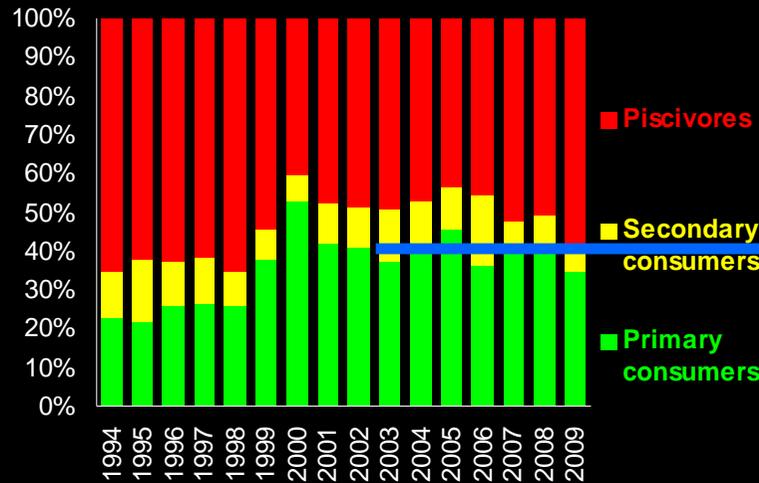
Desembarques totales por region



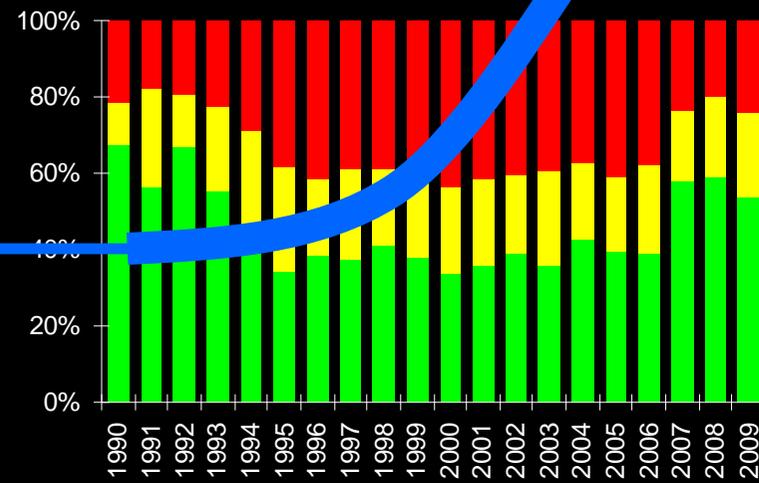
Loreto



Madre de Dios



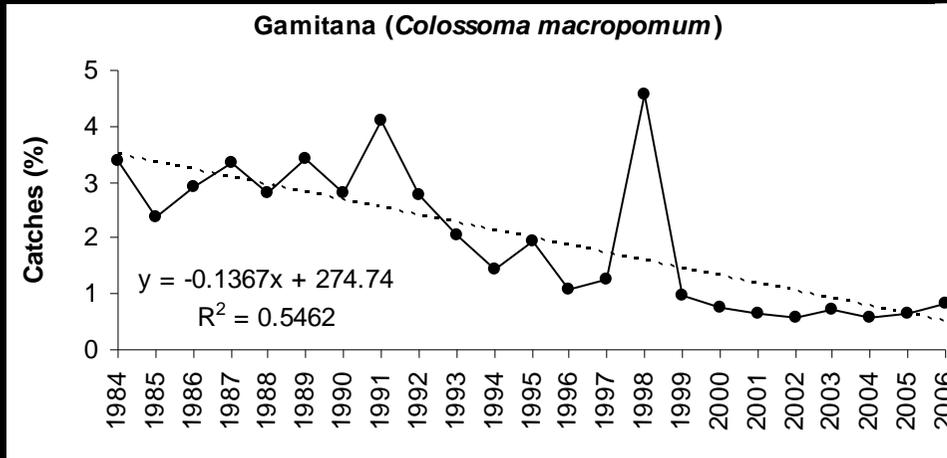
Ucayali



Intensidad de la pesca

# Valorización de las estadísticas pesqueras

De hecho, los desembarques de las grandes especies ↘ en el Loreto :



↘ nivel trófico en las capturas + ↘ grandes especies



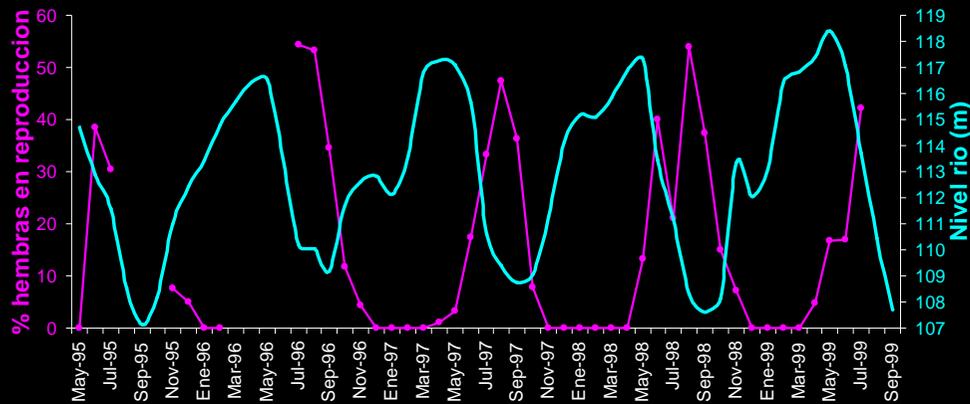
**"Fishing down the foodweb" = pescar bajando en la cadena trófica**

**Planes de manejo adecuados**

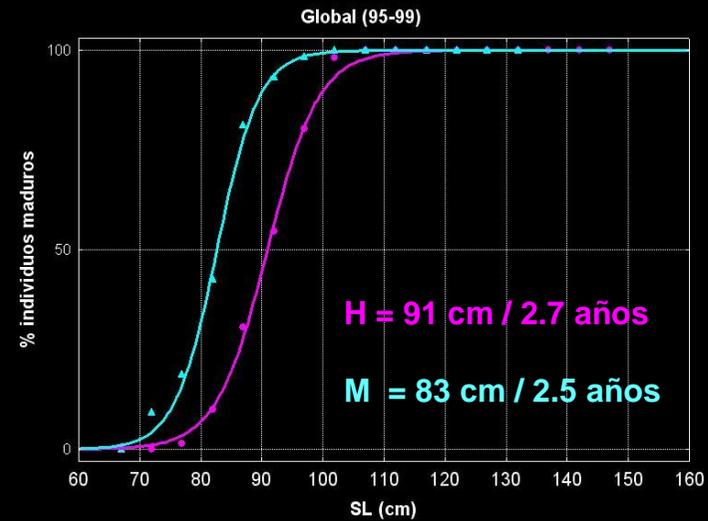
# Las estrategias de vida y la variabilidad genética como herramientas de manejo y conservación

- \* Determinación precisa de los rasgos de vida

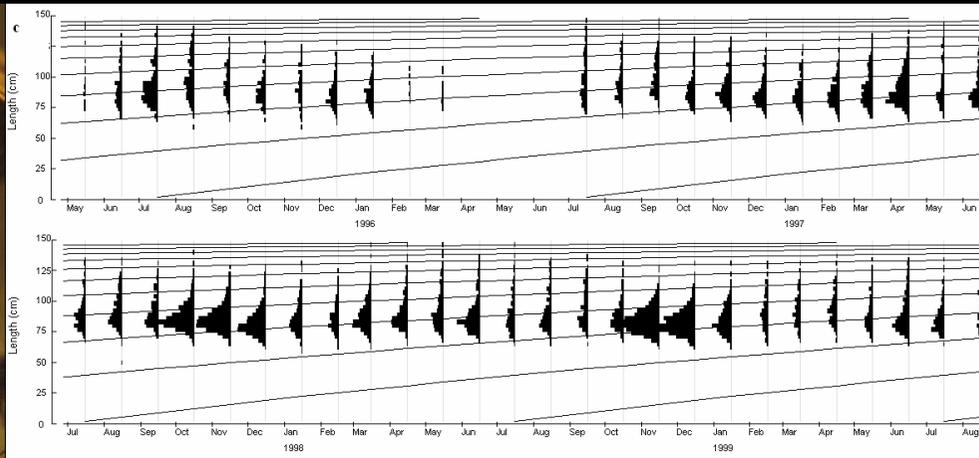
Época de reproducción



Primera madurez sexual



Edad, crecimiento y mortalidad

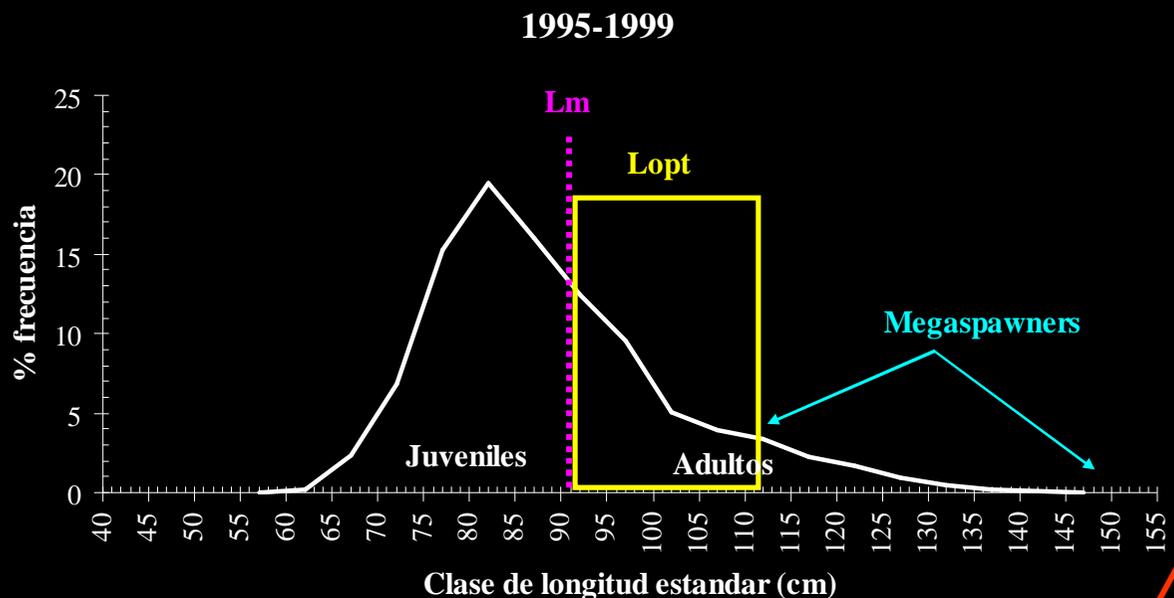


# Las estrategias de vida y variabilidad genética como herramientas de manejo y conservación

## \* Índices de explotación (Froese 2004) :

- % individuos maduros en las capturas:  $L_m$ 
  - ~ cada individuo debería tener la posibilidad de reproducirse por lo menos una vez en su vida para asegurar una población sana → talla mínima captura > talla de madurez → ideal: 100%
- % individuos capturados a la talla optima:  $L_{opt}$ 
  - ~ talla donde el numero de peces multiplicado por su peso promedio individual es máximo y entonces produce el rendimiento máximo (se calcula utilizando los parámetros de crecimiento - mortalidad o de madurez sexual)
    - ideal:  $L_{opt}-10\% < 100\% \text{ capturas} < L_{opt}+10\%$
- % mega-spawners en las capturas: % individuos >  $L_{opt}+10\%$ 
  - ~ individuos mas viejos y grandes de la población tienen un papel dominante para la salud de la población = seguro de resiliencia contra las incertidumbres del reclutamiento:
    - ↪ mayor fecundidad, épocas de reproducción mas largas, mayor supervivencia y crecimiento de larvas, "reservorios de buenos genes", vidas reproductivas mas largas
    - ideal: 0% en una población manejada por esto
    - 30-40% en una población no manejada refleja una población sana
    - valores < 20% → población en peligro

# Las estrategias de vida y variabilidad genética como herramientas de manejo y conservación : Ej. del dorado



**Sobre explotación !!!**

Sobre pesca de crecimiento  
(extracción de inmaduros)

Sobre pesca de reclutamiento  
(extracción de reproductores)



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

El dorado *Brachiplatistoma rousseauxii*

# Las estrategias de vida y variabilidad genética como herramientas de manejo y conservación



*Brachyplatystoma tigrinum*

Especie escasa, muy buscada por la pesca ornamental

Cuotas de explotación no respetadas



Variabilidad genética excepcionalmente baja !  
Especie amenazada ?



Necesidad de desarrollar su  
piscicultura



# Necesidad de trabajar en red de investigación y capacitación



South Pacific Ocean

South Atlantic Ocean

## Muchas gracias