

Estudio de la morfología y posible radiación adaptativa del genero *Orestias* (Teleostei, Cyprinodontidae) en los Lagos Titicaca, Poopo y Uru Uru

C. Ibáñez, Y. Esquer, C. Zepita, P. Gaubert & B. Hugueny

- **Institut de Recherche pour le Développement IRD - Muséum National d'Histoire Naturelle**
- **Universidad Mayor de San Andrés – Instituto de Ecología, Unidad de Limnología**
- **Laboratorio Mixto Internacional – EDIA (Evolución y Domesticación de la Ictiofauna Amazónica)**



Conociendo mas de cerca a los *Orestias*

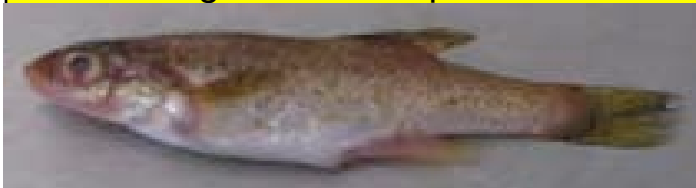
“*agassii*” 24 especies, *O.luteus*



“*mulleri*” 5 especies




“*gilsoni*” 10 especies



“*cuvieri*” 4 especies



 Endémicos del lago Titicaca

 Amplia distribución en la cuenca interandina

- Endémico de la cuenca central de los Andes
- Delimitación de especies y complejos “caotica”, amplia diversidad morfológica (principalmente en el complejo “*agassii*”), ecológica y trófica.
- Considerado como un “flock ” de especies (Tchernavin, 1944).
- Estudios (morfo-ecología y filogenética) han sugerido que *Orestias* especio y diversifico a través de un proceso de radiación adaptativa.

Objetivos

1. Comparación de dos modelos evolutivos
Radiación adaptativa en le lago Titicaca.
Especiación alopátrica en la cuenca inter-andina en función de la variabilidad morfológica y ecológica
2. Corroborar la monofilia del genero *Orestias* y la delimitación entre complejos (Parenti)
3. Analizar la estructura genética
4. Caracterizar los procesos que estructuran las poblaciones del genero *Orestias*
5. Estudiar la variabilidad morfológica inter específica con relación a la variabilidad ecológica (régimen alimenticio, hábitat)
6. Estudiar la modificación de la estructura de la comunidad en el pequeño lago desde el estudio de Lauzanne y Loubens (cerca 1980)

Aproximación a escala múltiple que combina el uso de secuencias, microsatélites, morfología, datos ecológicos y ambientales.

Filogenia

Filogeografía comparada

Genética de poblaciones

Ecología

Ubicación de los sitios de colecta y composición de las especies

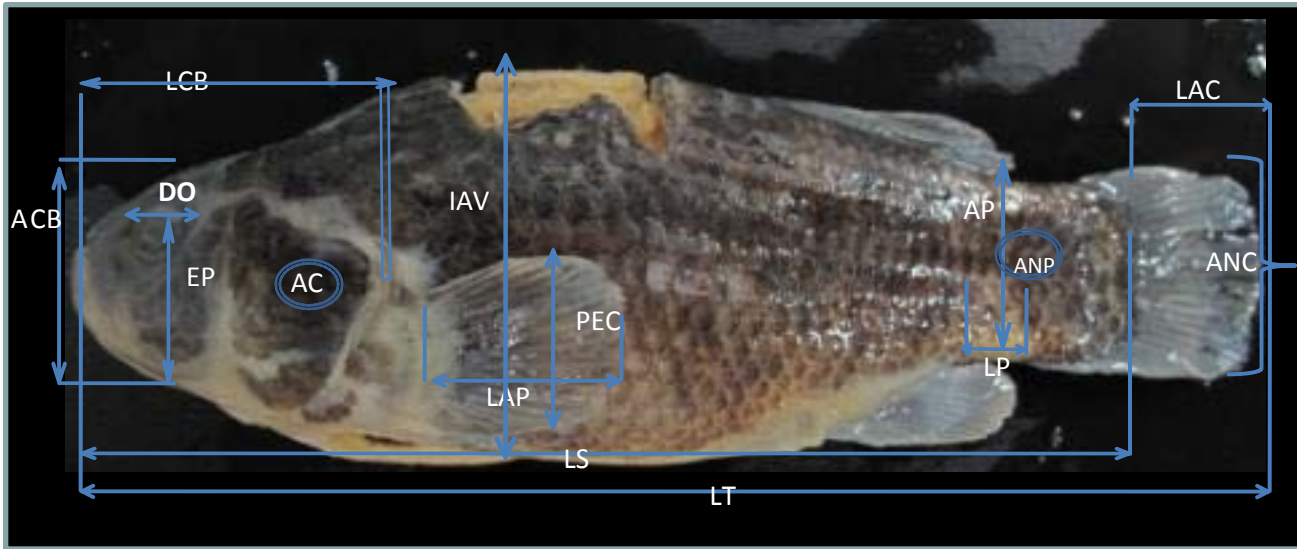
Un total de 88
estaciones de muestreo

Especímenes
colectados por el
IRD y la Unidad de
Limnología - UMSA



Mapa elaborado: Y. Esquer

Como se desarrollo el trabajo?

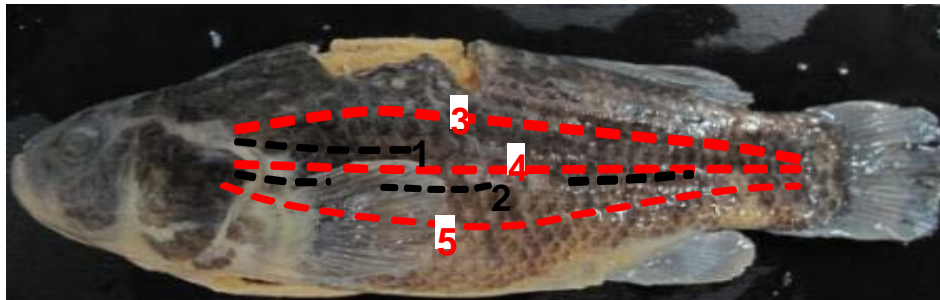
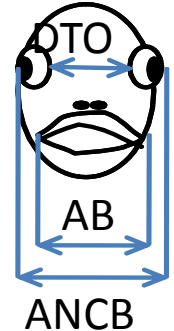
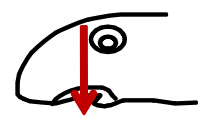


Dorsal (1) Terminal (2)



Oblicua (3)

Ventral (4)

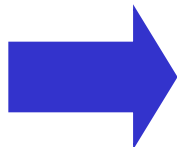
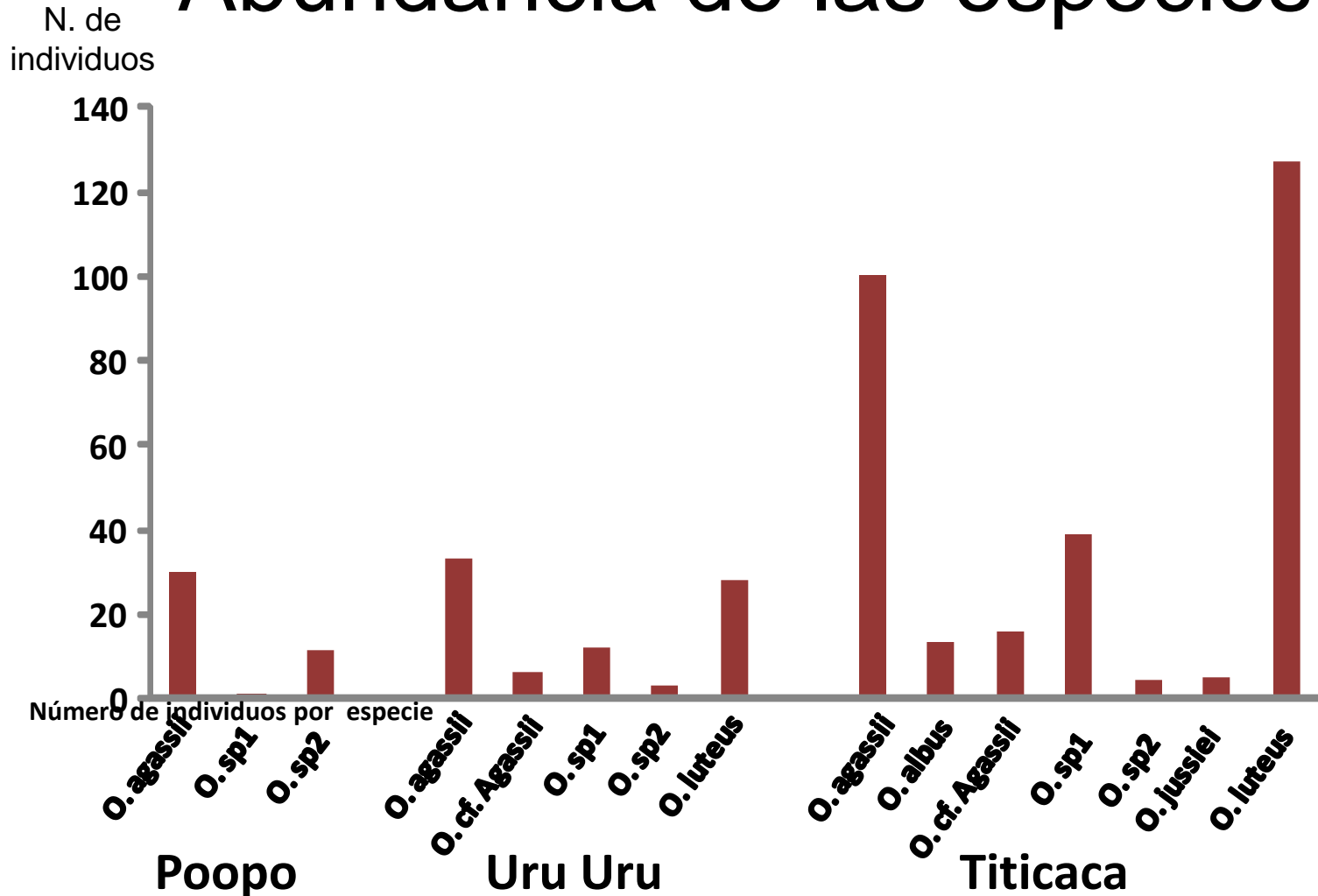


LL1: ausente (0), discontinua (A), completa (B) e incompleta (C)
 LL2: curvada dorsalmente (1), horizontal (2) y curvada ventralmente (3)

38 medidas morfológicas

Total de 2042 individuos

Abundancia de las especies



Baja abundancia de las diferentes especies en los tres lagos

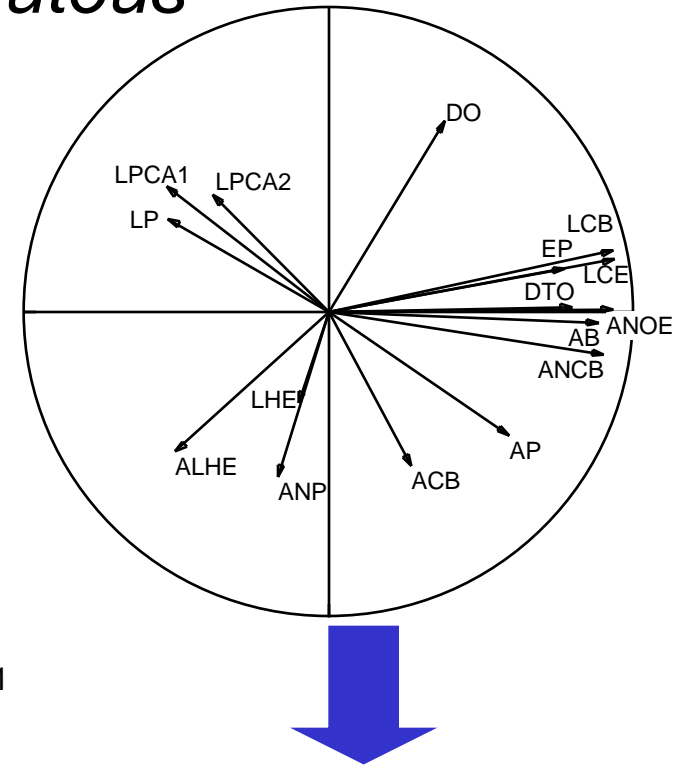
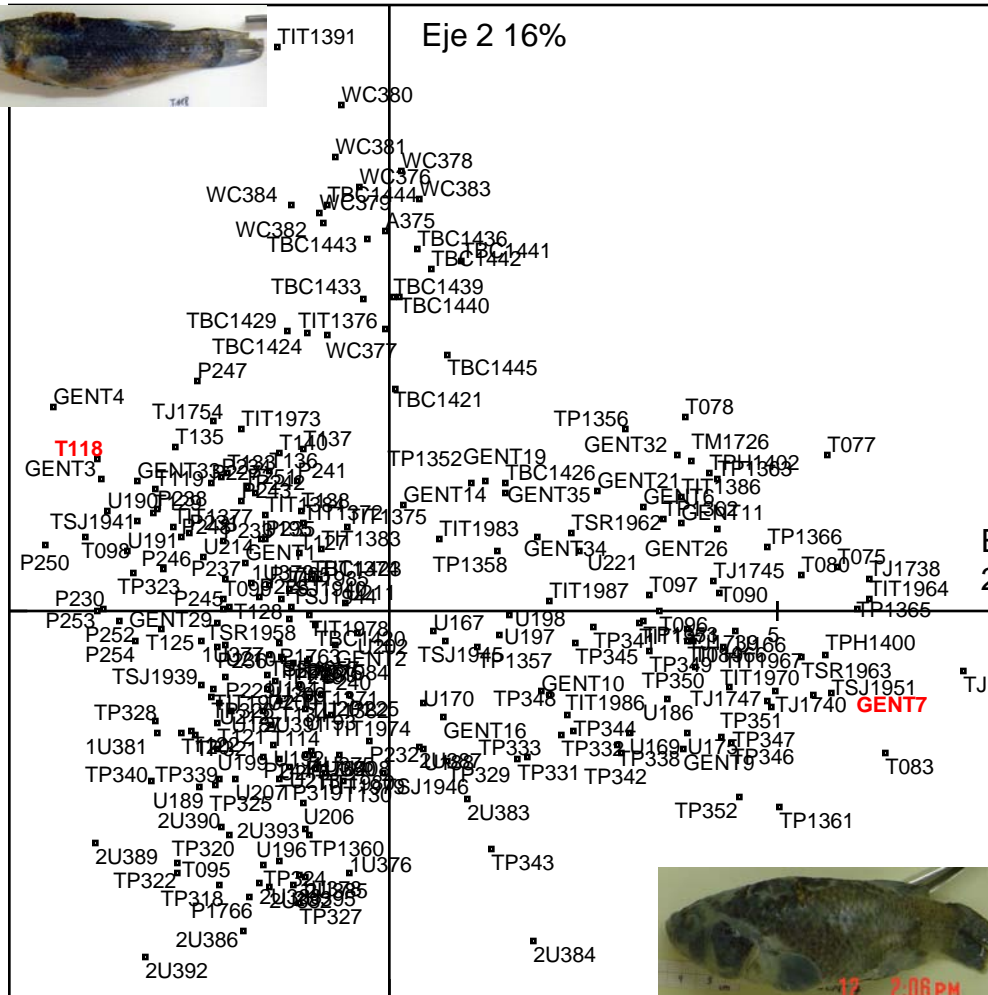
Composición y abundancia en cada estación del Lago Titicaca

	Bahia Coata	Comunidad Angel	Puno	Moho	Capachica	Huatajata	Isla Taquiri	Japiaci	Santa Rosa	Punta Hermosa	San Jose
<i>Orestias agassii</i>	3					35	34		3		8
<i>Orestias albus</i>			1	1	1						
<i>Orestias cf. agassii</i>	23	1	19		10	23	2	1			
<i>Orestias cf. albus</i>				3				7			
<i>Orestias cf. luteus</i>			33	3			2	14		9	
<i>Orestias cf. olivaceus</i>								1			
<i>Orestias cf. Tschudii</i>				1							
<i>Orestias luteus</i>						42	8		4	2	10
<i>Orestias ispii</i>						32					
<i>Orestias cf. gilsoni</i>						25					
<i>Orestias cf. imarpe</i>						3					
<i>Orestias cf. minutus</i>						28					
<i>Orestias cf. taquiri</i>						39					
<i>Orestias cf. tomcooni</i>						2		1			
<i>Orestias gilsoni</i>						2	2				
<i>Orestias sp.1</i>						69	41				
<i>Orestias sp.2</i>							1	18			
<i>Orestias cf. crawfordi</i>								2			
<i>Orestias cf. incae</i>				50				7			
<i>Orestiascrawfordi</i>					15	1		2			
<i>Orestias incae</i>								3			
Numero de individuos	26	1	53	58	26	301	90	56	7	11	18



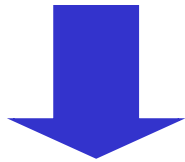
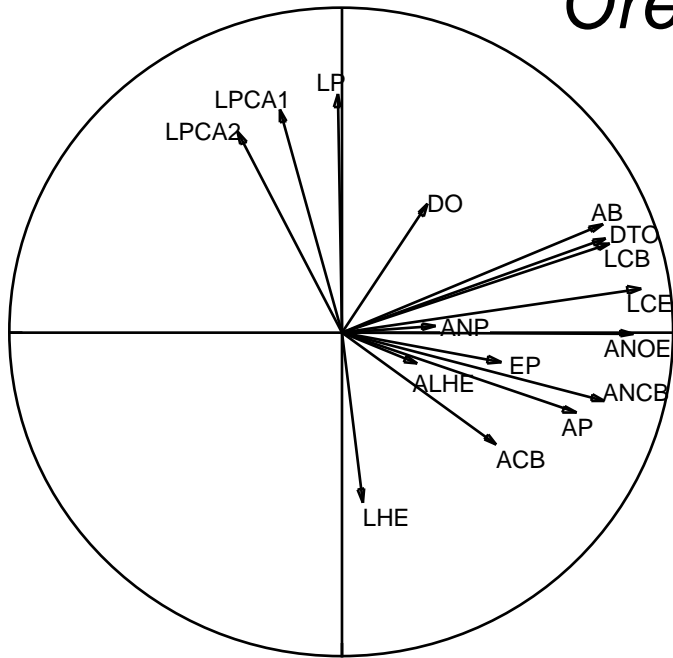
15 horas de pesca

Análisis de la morfología para hembras de *O. agassii* y *O. luteus*

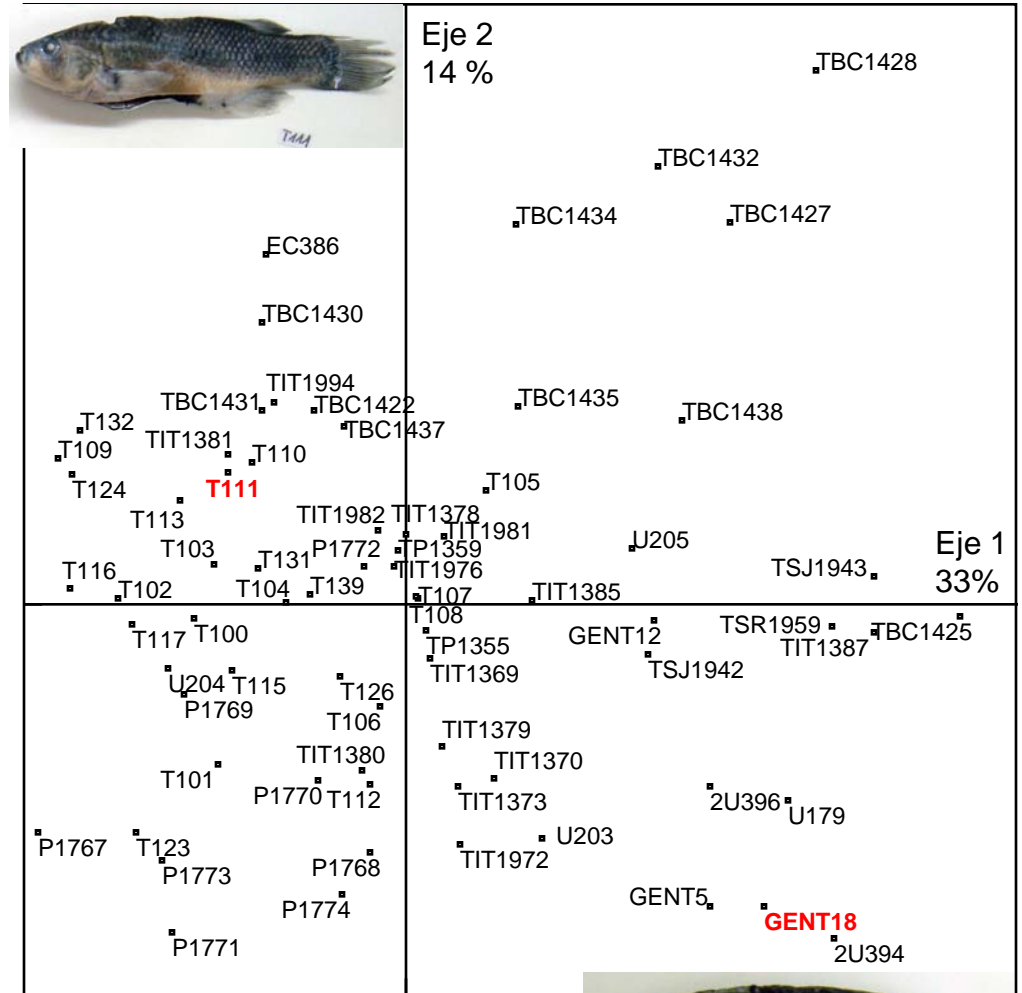


Es difícil discriminar la morfología entre *O. luteus* y *O. agassii*, tampoco hábitat. Hay dos “formas” cuerpo cabeza ancha y pedúnculo corto y alto y cabeza delgada, pedúnculo largo y bajo.

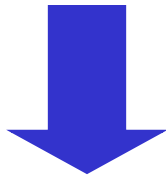
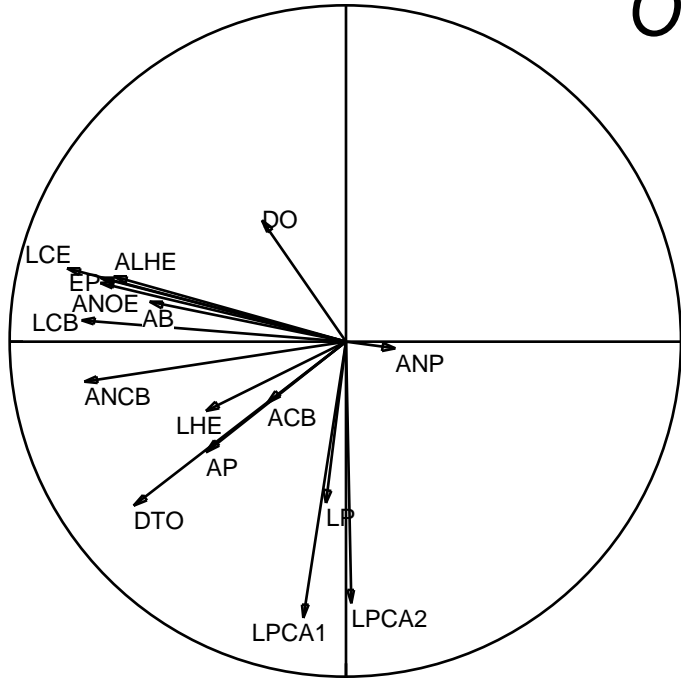
Análisis de la morfología para machos de *Orestias agassii*



Diversidad morfológica dentro de la población *O. agassii*

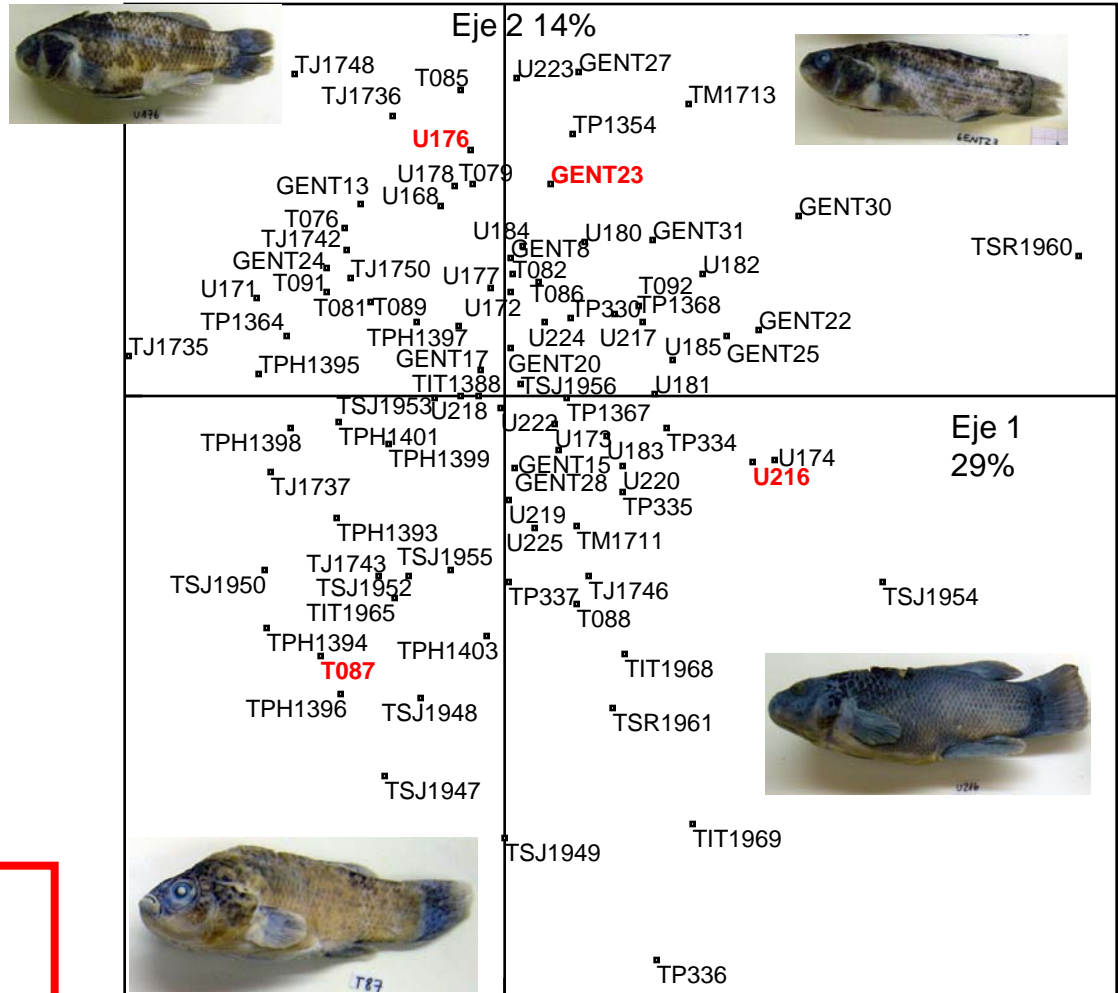


Análisis de la morfología para machos de *Orestias luteos*



Diversidad morfológica dentro de la población *O. luteos*

Orestias luteos



Conclusiones

- *Orestias agassii* ??? ✓ Amplia diversidad morfológica.



- *Orestias cf. luteus*



- *Orestias sp.*



✓ Incertidumbre taxonómica a partir de la morfología.

✓ Las claves de identificación no permiten identificar claramente las especies, además son restringidas al Lago Titicaca.

✓ Las variables morfológicas que explican las formas son el pedúnculo y la cabeza.

✓ Estas diferencias pueden estar explicadas por el tipo de hábitat y el régimen alimentario???

Radiación Adaptativa

Proceso de rápida diversificación fenotípica y ecológica a partir de un ancestro. Ocurre cuando un ancestro invade un nuevo ambiente y diverge en múltiples especies que presentan rasgos (innovaciones evolutivas) propios de los distintos nichos que ocupan.

- Este proceso incluye tanto **especiación** como **diversificación fenotípica**.
- Criterios, según Schluter (2000):
 - a) Una rápida tasa de especiación, especialmente en las etapas tempranas de la diversificación.
 - b) Una naturaleza adaptativa de la diversificación, que refleje diferencias morfológicas, fisiológicas y/o de comportamiento entre especies.
 - c) Ecofenotipos fuertemente correlacionados con las características bióticas y abióticas de los nichos.

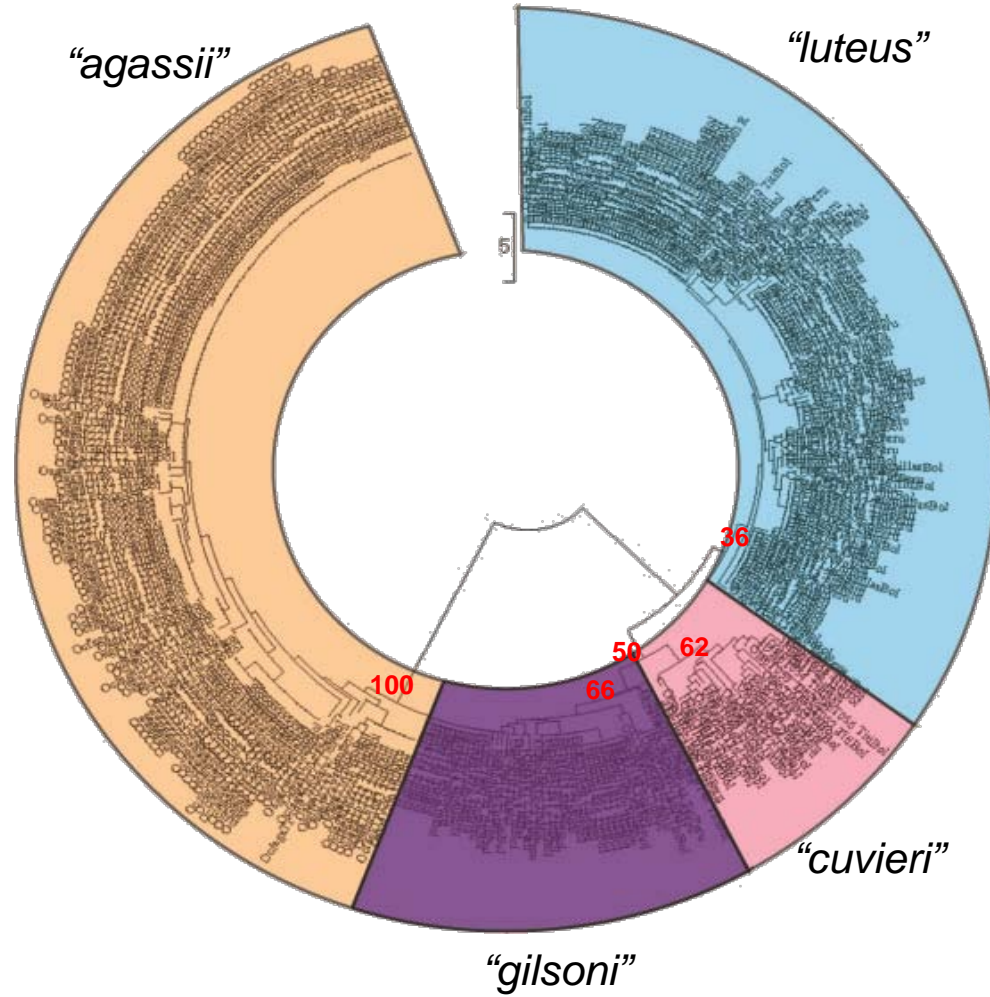
Reconstrucción filogenética del género *Orestias*



- ✓ Cuatro clados, el complejo "*mulleri*" no fue recuperado como monofilético.
- ✓ Monofila del complejo "*agassii*" *sensu stricto* validada y bien sustentada.

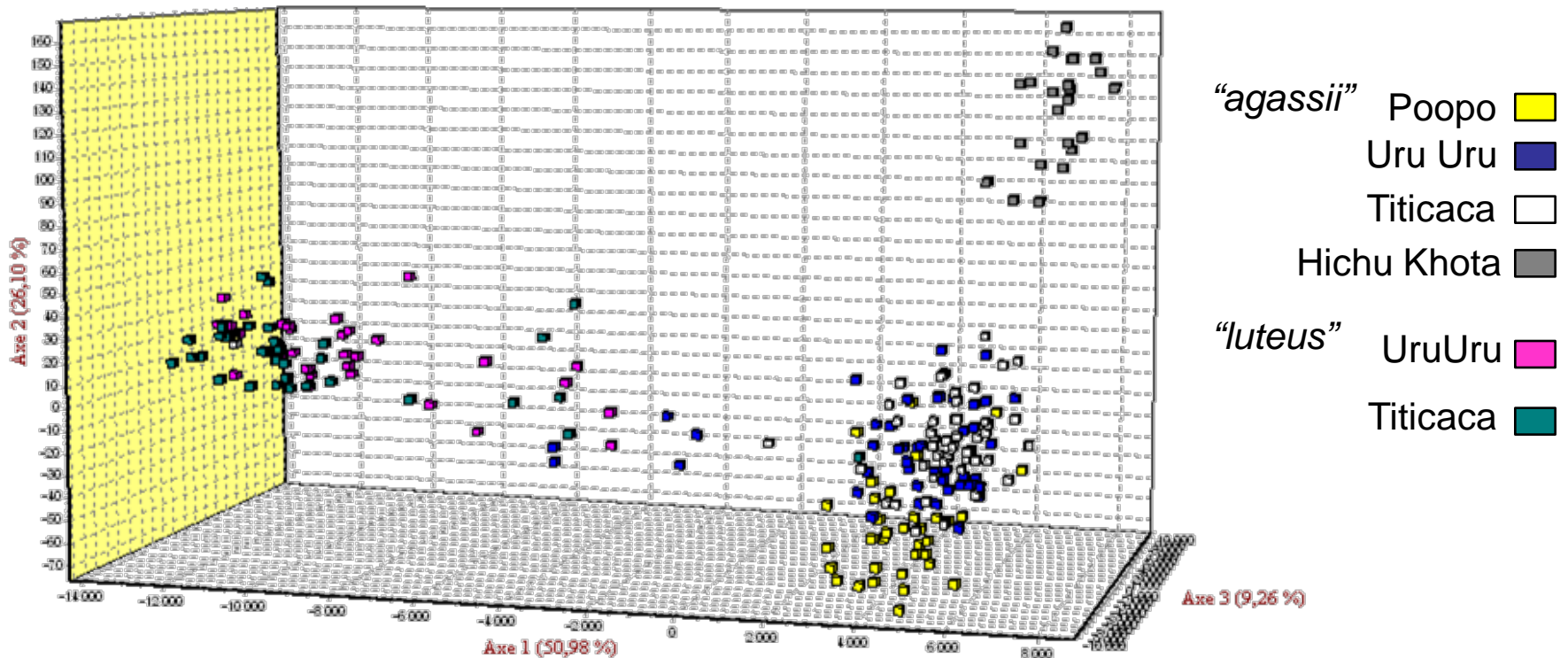
En varios casos, complejos y especies podrían compartir el mismo nivel taxonómico

→ 361 especímenes secuenciados para la región control (dloop), citocromo b (cytb) y el gen de la rodopsina (Rh)







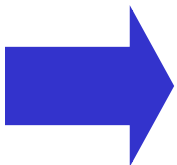
Árbol de distancias del género *Orestias* en base al uso de secuencias de la región control ADNmt

Flujo de genes e hibridación reciente entre “*O. agassizii*” y “*O. luteus*”



AFC entre poblaciones de “*agassizii*” y “*luteus*” empleando 10 microsatélites.

-  *O. luteus* y *O. agassizii* genéticamente bien diferenciados.
-  Sin diferencias entre poblaciones (Lago Titicaca, UruUru y Poopo) - alta conectividad entre lagos a través del río Desaguadero.
-  La población de *O. agassizii* -HichuKhota se encuentra bien diferenciada del resto de las poblaciones.
-  Híbridos entre *O. agassizii* y *O. luteus*.



Morfología - hibridación entre “*agassii*” y “*luteus*”

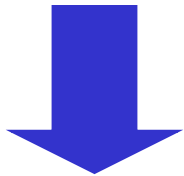
En los lagos: Titicaca, Uru Uru y Poopo



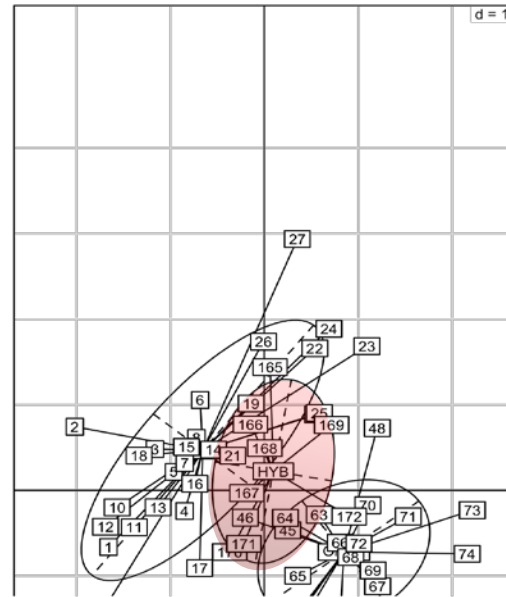
Los dos primeros ejes explican el 92% de la varianza total:

Eje1 Longitud estándar (80%)

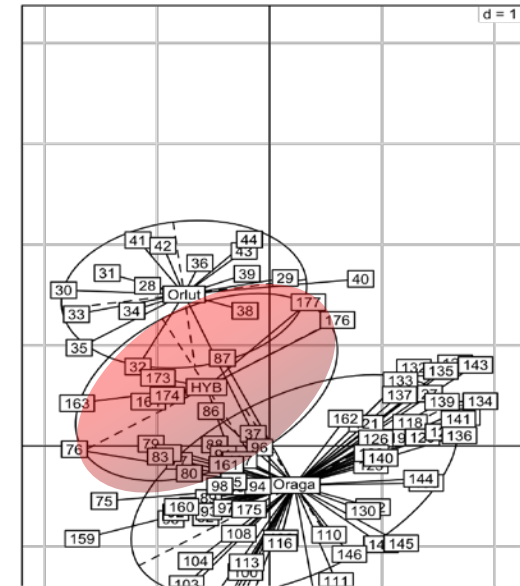
Eje 2 Ancho cabeza (12 %)



Individuos intermedios entre “*agassii*” y “*luteus*” para ambos sexos.



ACP- MACHOS



ACP- HEMBRAS

- 17 variables morfométricas estándar

GRACIAS

