



# Migraciones en peces

Ictiología Neotropical 2022



# Contenido de la presentación

Definiciones de migración

Marco conceptual de las migraciones

Clasificación de las migraciones

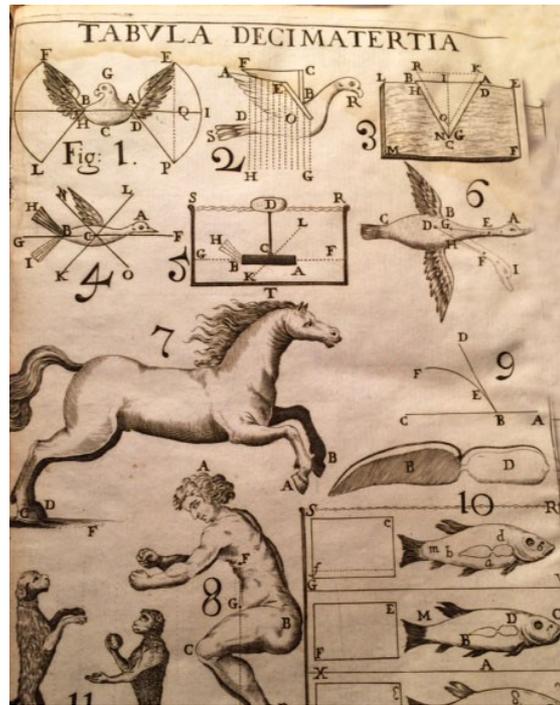
Migraciones verticales

Migraciones horizontales

Abordajes

Principales amenazas

# Migración

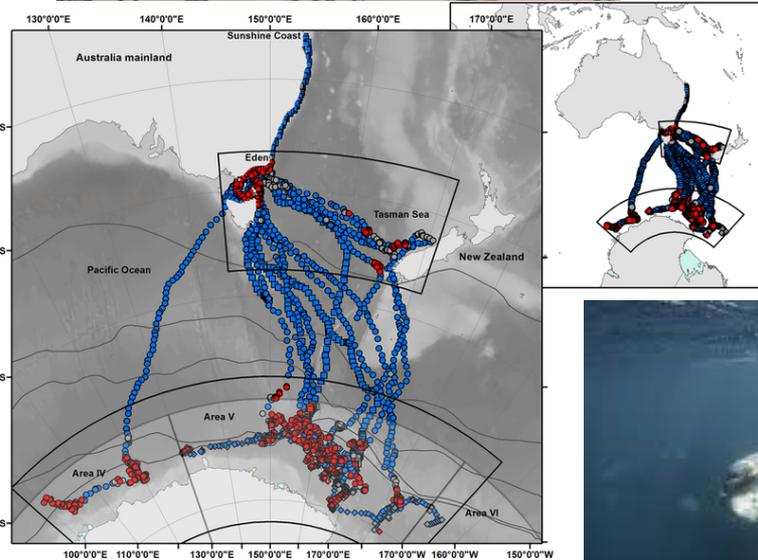
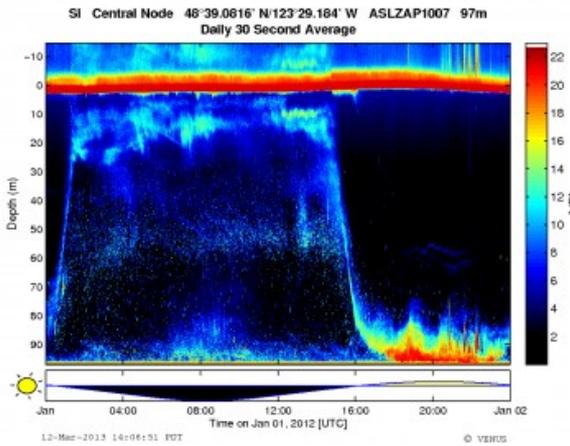


Aristoteles c. 350 BC



*De Motu Animalium*

El movimiento de los animales



# What Is Migration?

HUGH DINGLE AND V. ALISTAIR DRAKE

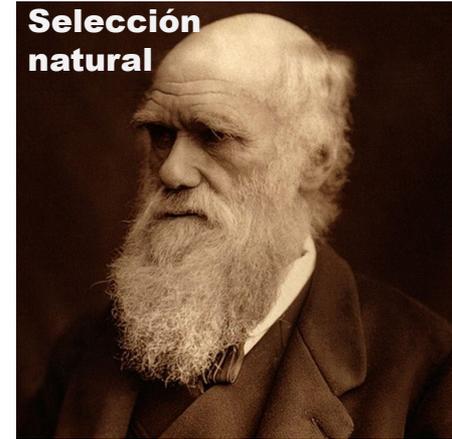
(1) *«un tipo de actividad locomotora que es notablemente persistente, sin distracciones y directo»*

(2) *«una reubicación del animal, en una escala mucho mayor, que implica un movimiento mucho más prolongado que los que surgen en sus actividades diarias normales»*

(3) *un movimiento estacional de ida y vuelta de poblaciones entre regiones con condiciones favorables o desfavorables (incluida una región en la que se produce la reproducción),*

(4) *movimientos que conducen a la redistribución dentro de una población espacialmente extendida.*

# Migración diferentes niveles de organización







for animal tracking data

[Data](#)

[Help](#)

[Tools](#)

[Archiving](#)

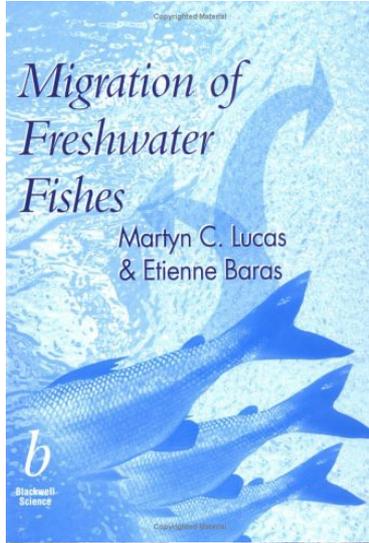
[News](#)

[About](#)



<https://www.movebank.org/>

# Migración de peces



**1000 especies de peces!**

# Migración de peces

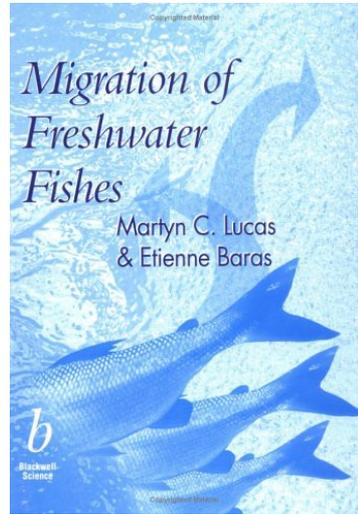
**DVM**

**Refugio**

**Alimentación**

**Migración**

**Reproductivas (desove)**



**Potamodromos**



**Diádromo**



**Oceanódromos**



**Anádromos**



**Amfídromos**

**Catádromos**

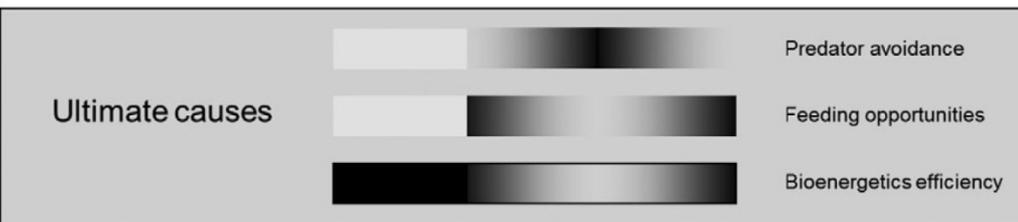
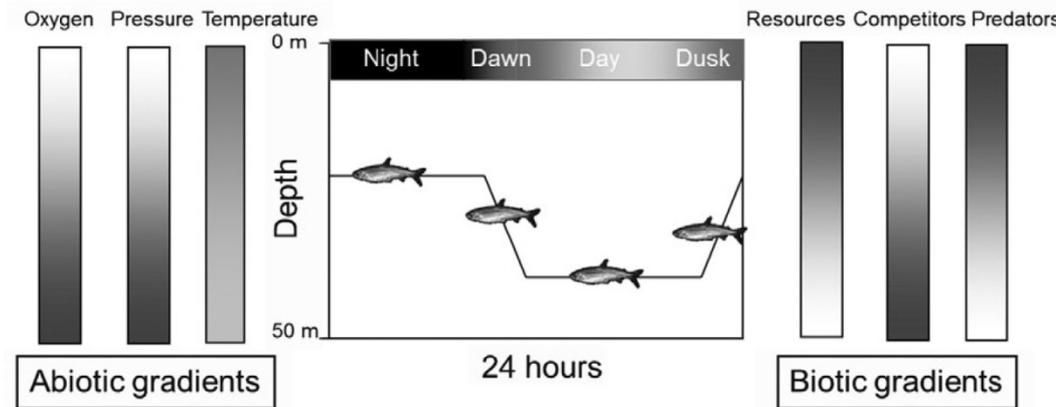
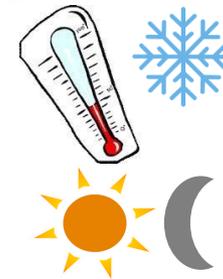
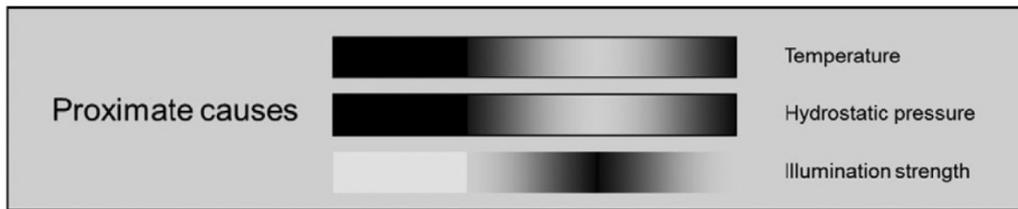


SPECIAL REVIEW

## Diel vertical migration of freshwater fishes – proximate triggers, ultimate causes and research perspectives

THOMAS MEHNER

Department of Biology and Ecology of Fishes, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Müggelseedamm, Berlin, Germany



Hipótesis de Eficiencia bioenergética

Hipótesis de oportunidades alimenticia

Hipótesis antidepredación

# Hunt warm, rest cool: bioenergetic strategy underlying diel vertical migration of a benthic shark

DAVID W. SIMS\*, VICTORIA J. WEARMOUTH\*, EMILY J. SOUTHALL\*, JACQUELINE M. HILL\*, PIPPA MOORE\*, KATE RAWLINSON†, NEIL HUTCHINSON\*, GEORGINA C. BUDD\*, DAVID RIGHTON‡, JULIAN D. METCALFE‡, JON P. NASH§ and DAVID MORRITT¶

## Hipótesis de eficiencia bioenergética



La evidencia no apoya la hipótesis

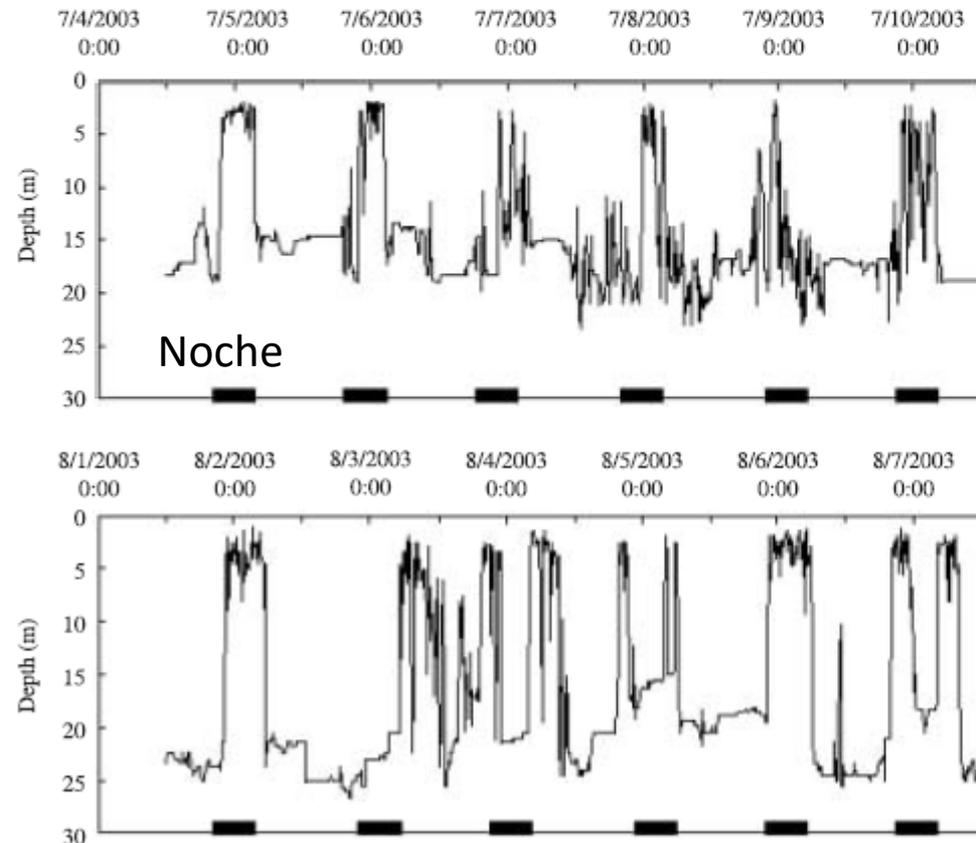
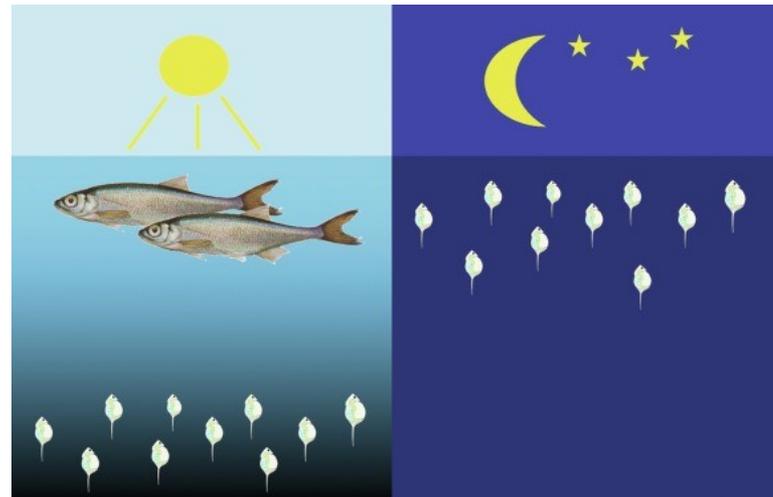
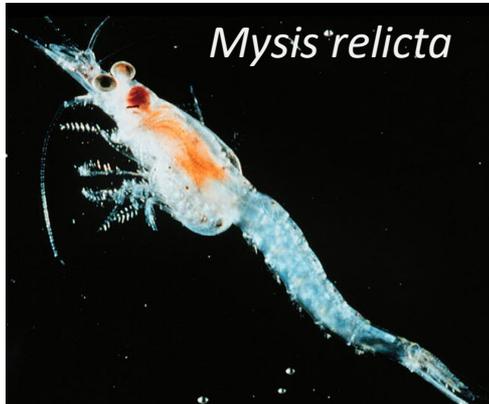


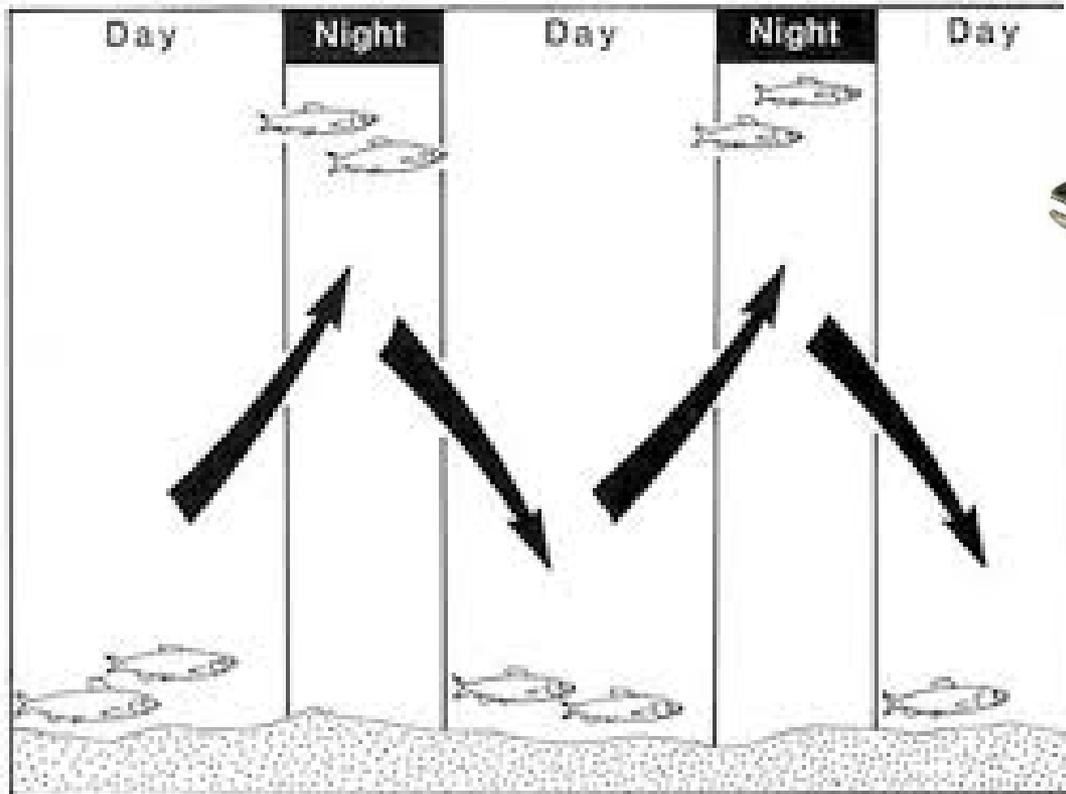
Fig. 6. Patterns of diel vertical migration in dogfish (a) 4 in August 2003, (b) represent periods from dusk to dawn obtained from direct light measurements.

# Hipótesis de oportunidad alimenticia



DVM en lagos donde el zoo no migra  
Janssen & Brandt, 1980

# Hipótesis antidepredación



Coregonus

Eggers, 1978

## Diel vertical migration in the Lake Superior pelagic community. I. Changes in vertical migration of coregonids in response to varying predation risk

Thomas R. Hrabik, Olaf P. Jensen, Steven J.D. Martell, Carl J. Walters, and James F. Kitchell



*Salvelinus namaycush*



## Diel vertical migration in the Lake Superior pelagic community. II. Modeling trade-offs at an intermediate trophic level

Olaf P. Jensen, Thomas R. Hrabik, Steven J.D. Martell, Carl J. Walters, and James F. Kitchell

**Mientras  
Tanto:**

*Thunnus albacares*



*Acanthocybium solandri*



Istiophoridae



*Carcharhinus longimanus*



Scombridae



*Isurus oxyrinchus*



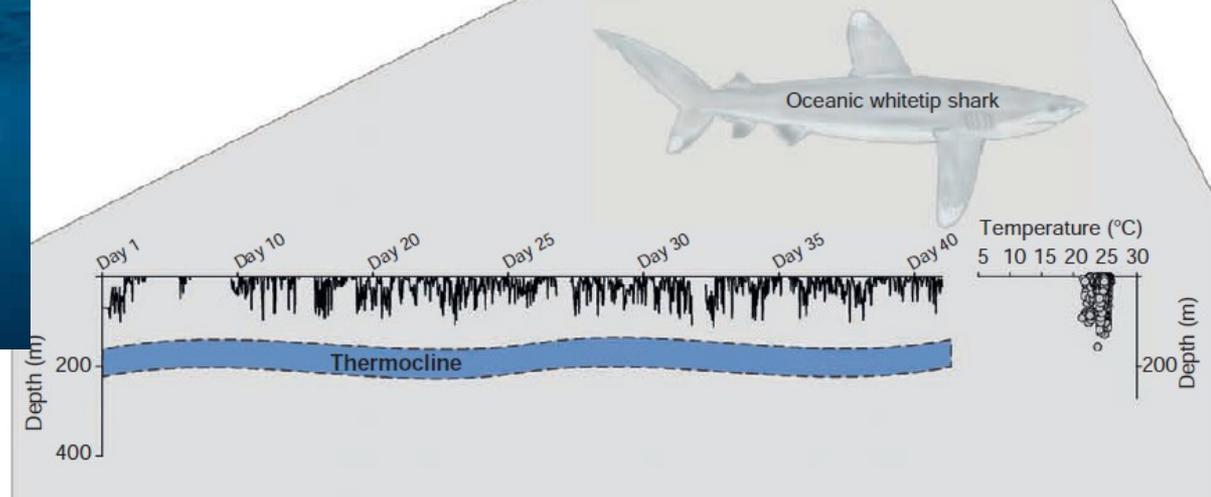
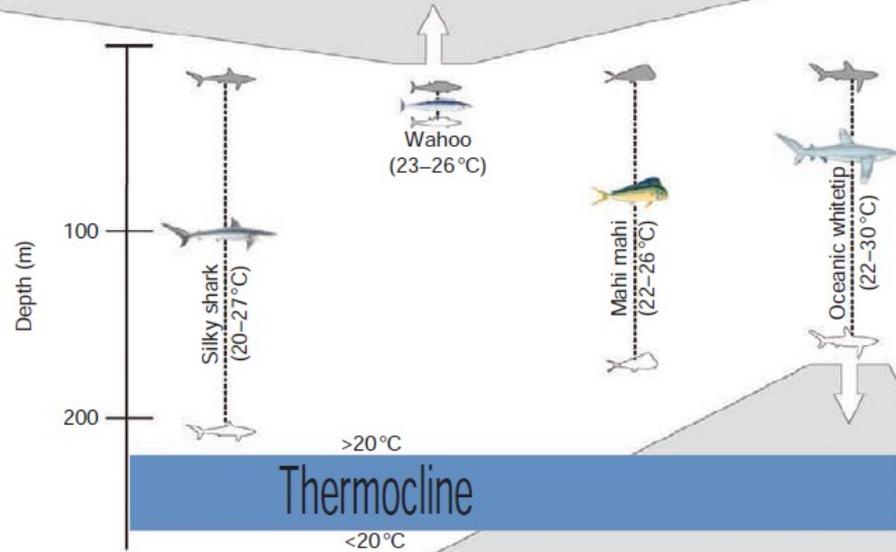
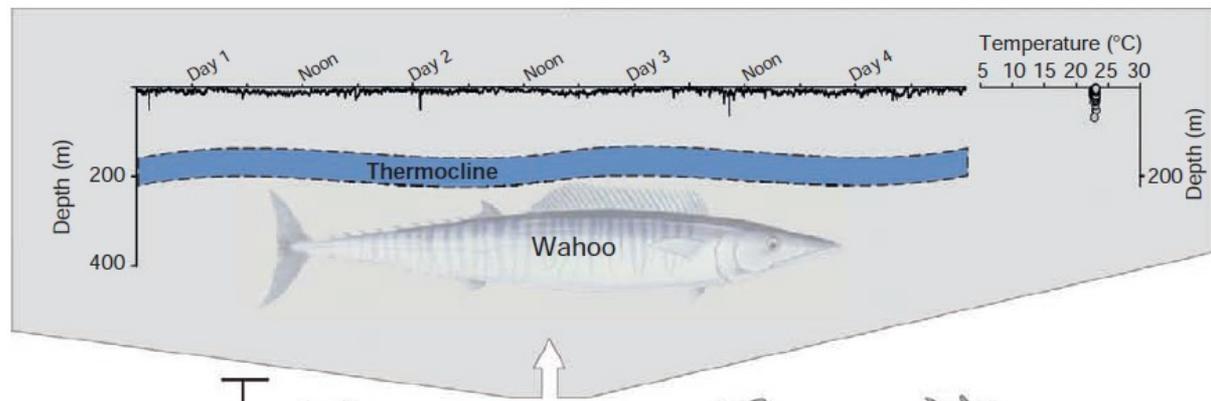
Kiphiidae



**DEL MA**

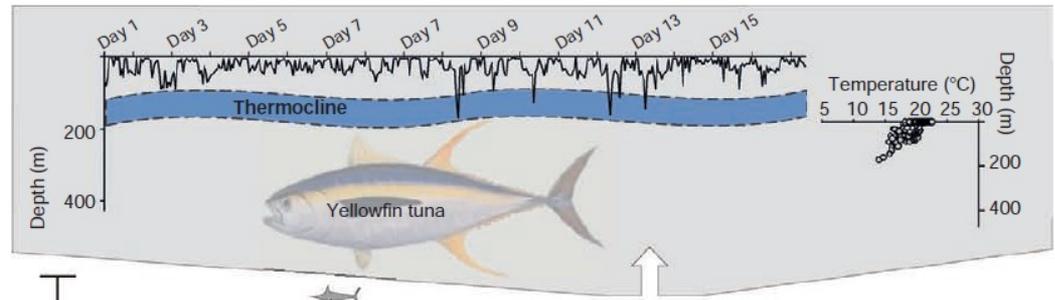
# Grupo 1

## Superficiales

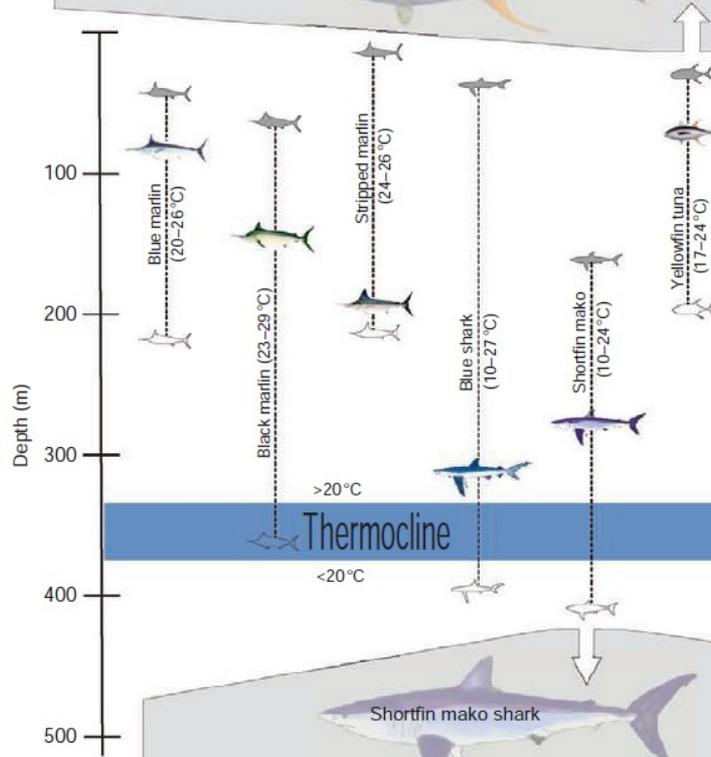


# Grupo 2 Intermedios

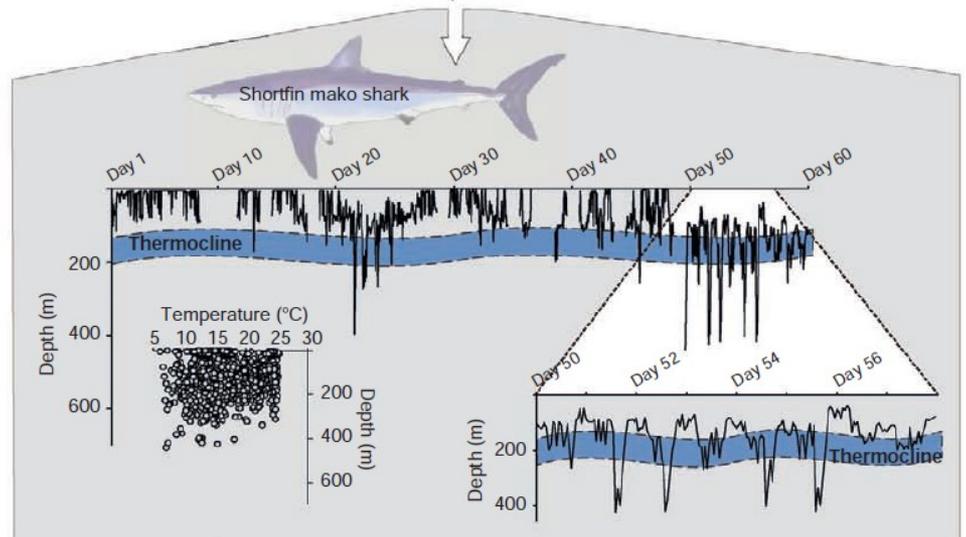
## *Thunnus albacares*



## Istiophoridae



## Lamnidae *Isurus oxyrinchus*

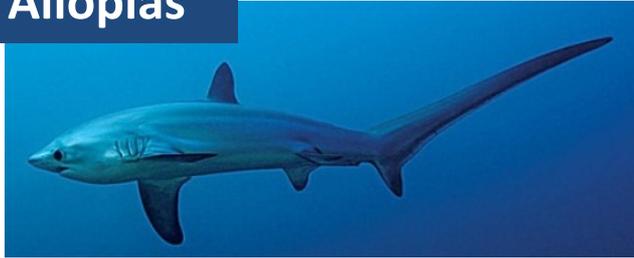


# Grupo 3 Profundos

## Scombridae



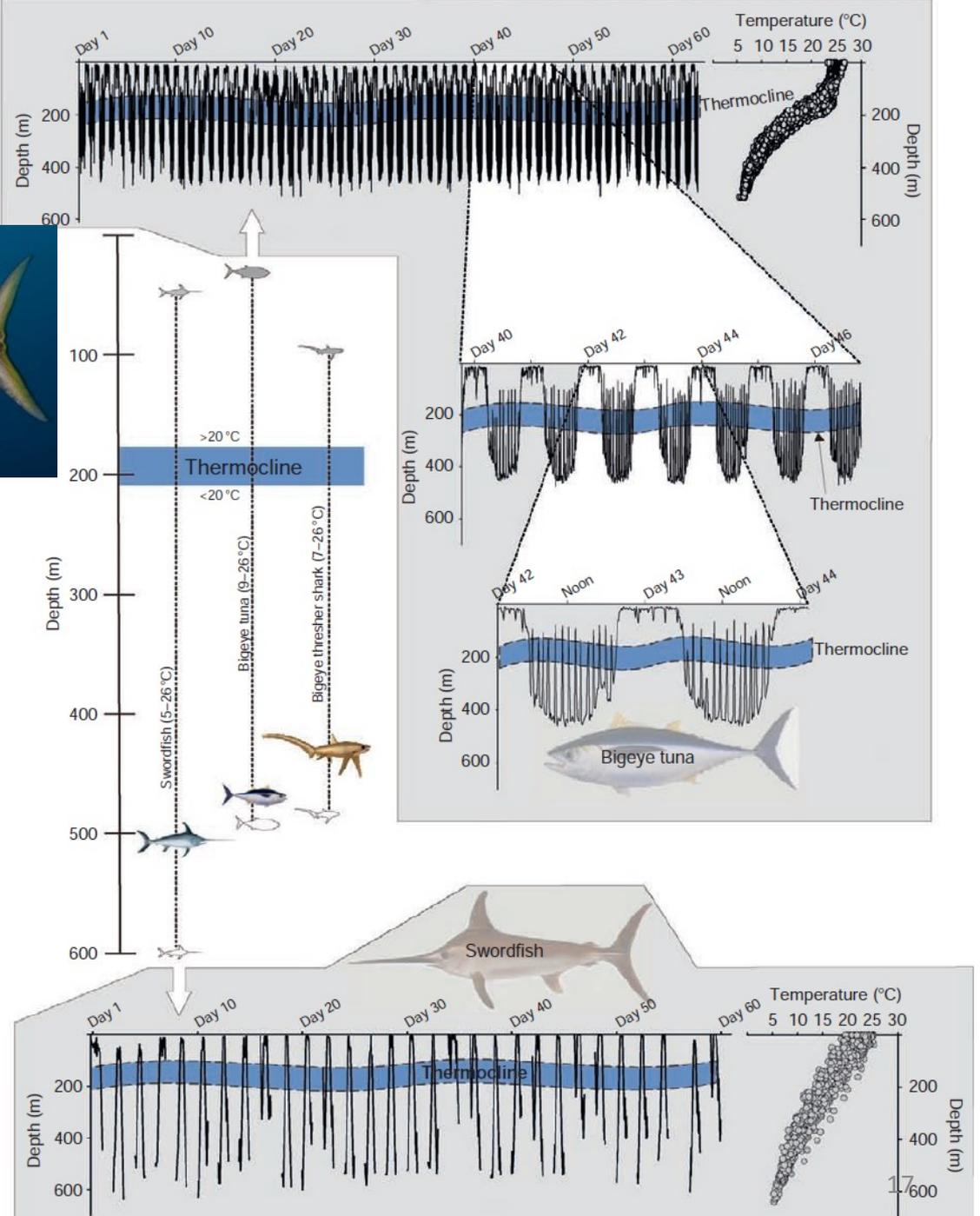
## Allopias



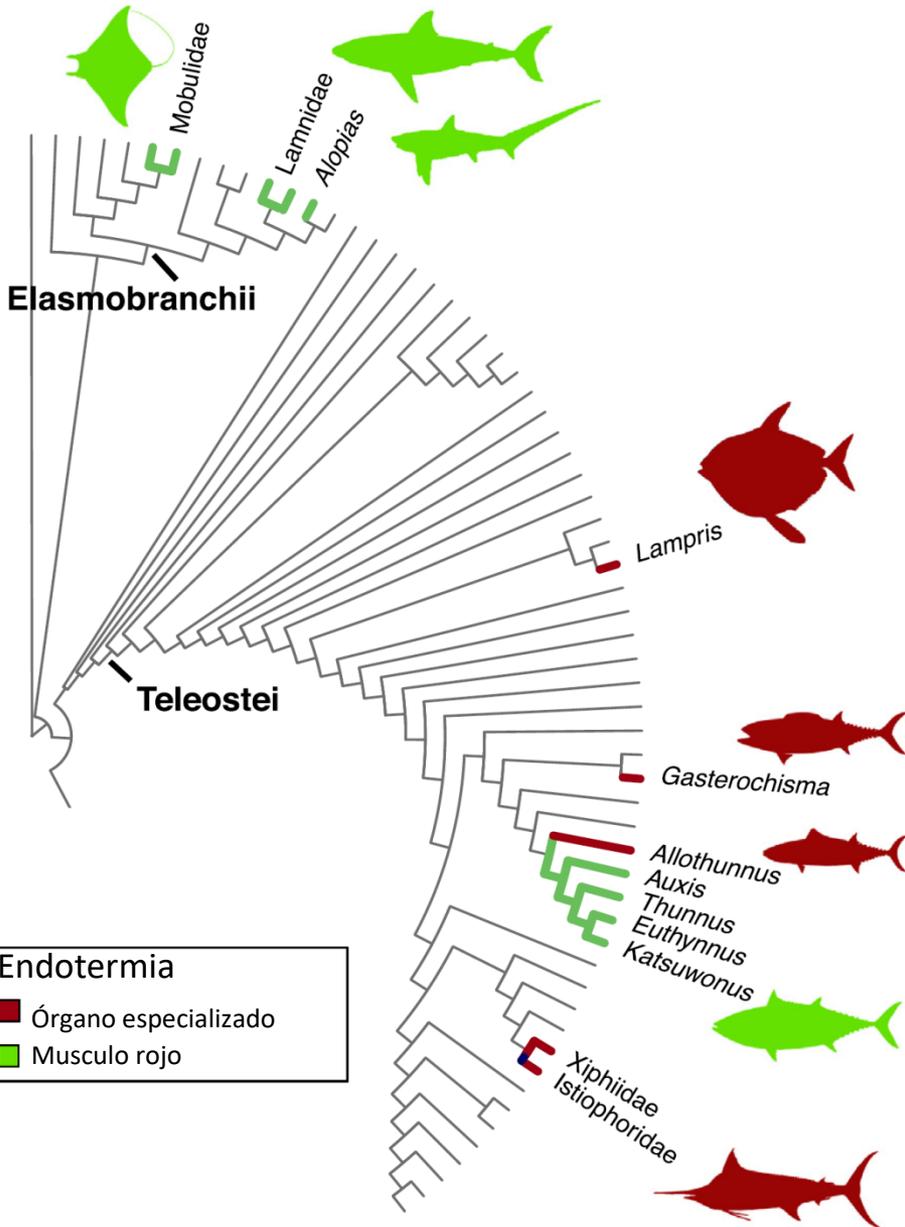
## Xiphiidae



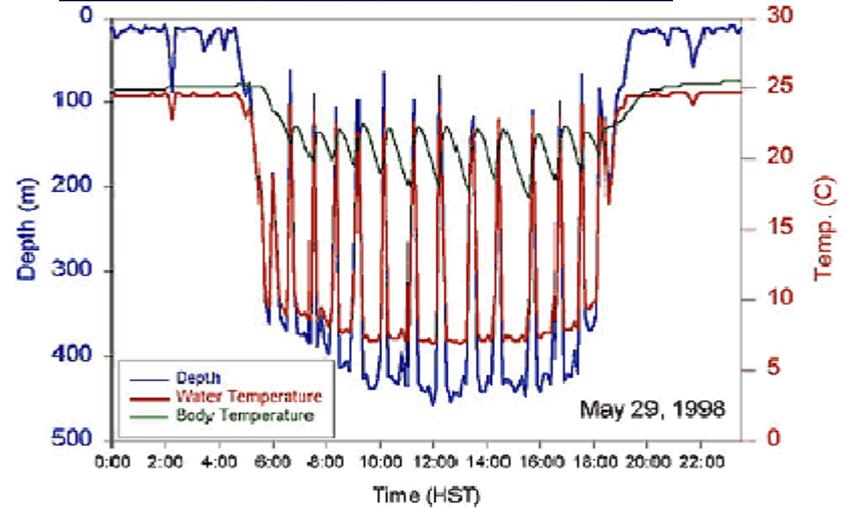
Photo source: pinterest.com



# Endotermia en peces



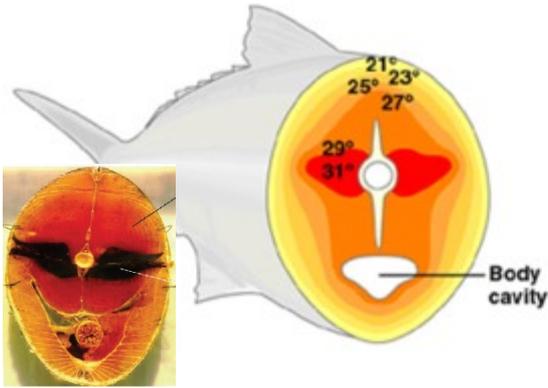
# Expansión del nicho térmico



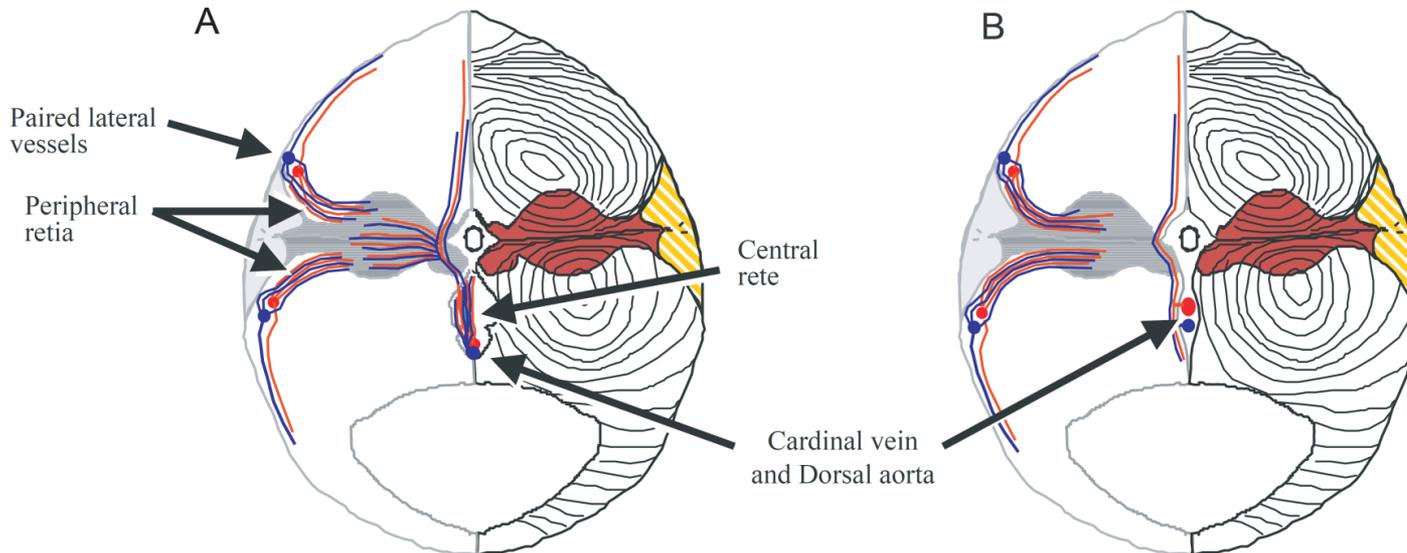
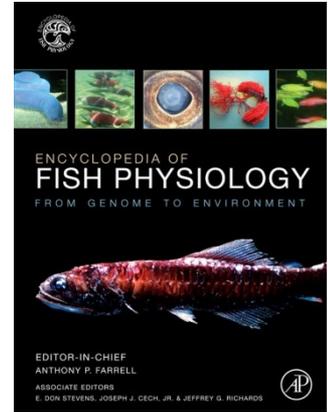
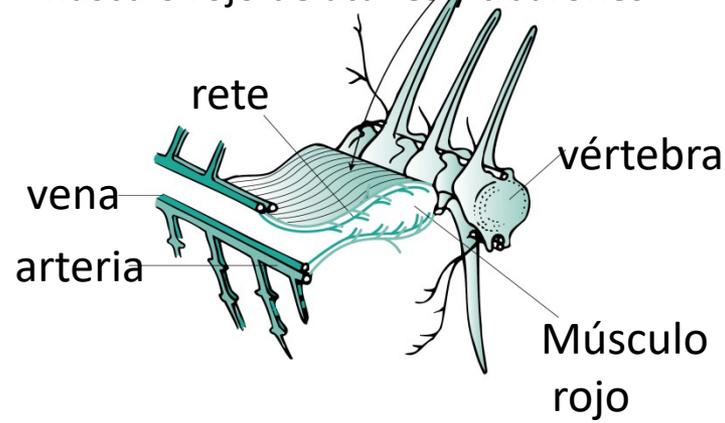
**Mantener habilidades sensoriales en T° bajas**

**Incremento de la velocidad crucero distancia de migración**

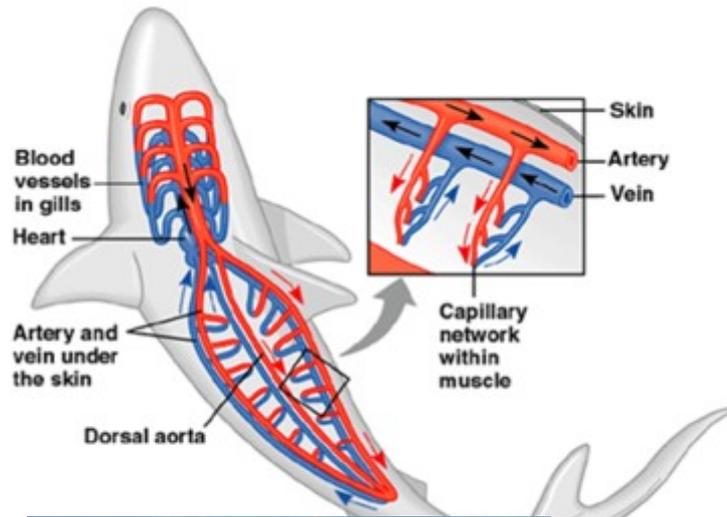
# Endotermia del músculo miotomal rojo de oxidación lenta (RM).



Sistema contracorriente para retener calor en músculo rojo de atunes y tiburones



# Endotermia craneal



# Generación de calor desacoplada de la actividad muscular (MR)

Istiophoridae



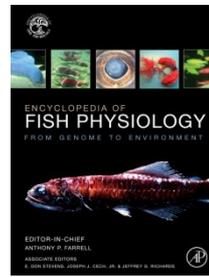
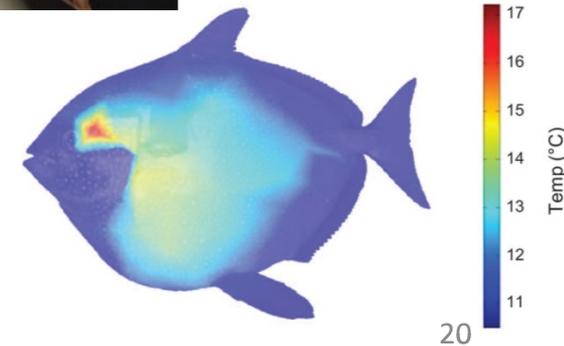
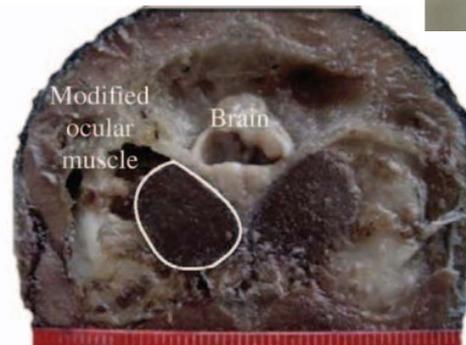
Xiphiidae



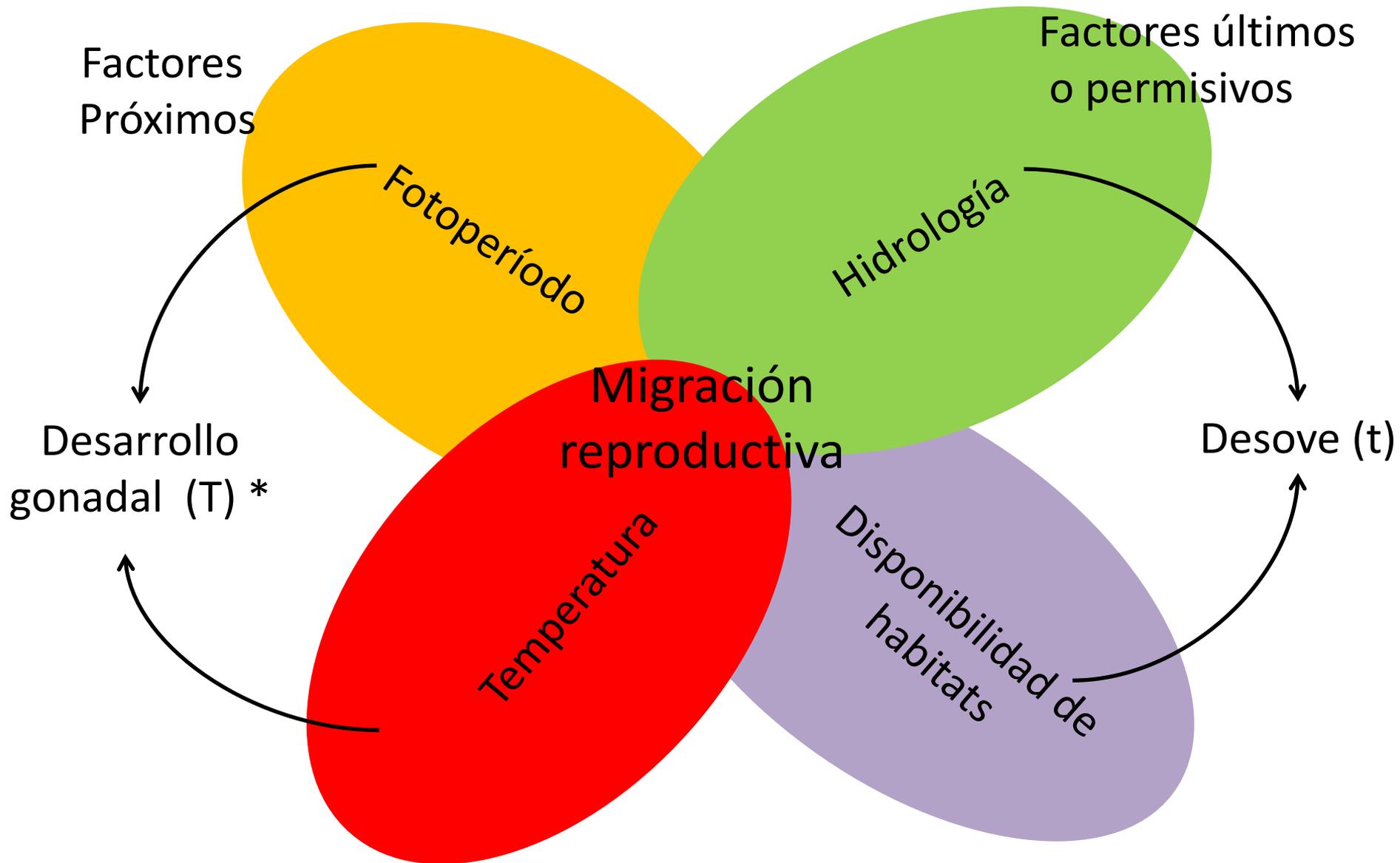
Órgano generador de calor



*Allothunnus fallai*



# Factores determinantes de las migraciones reproductivas en peces

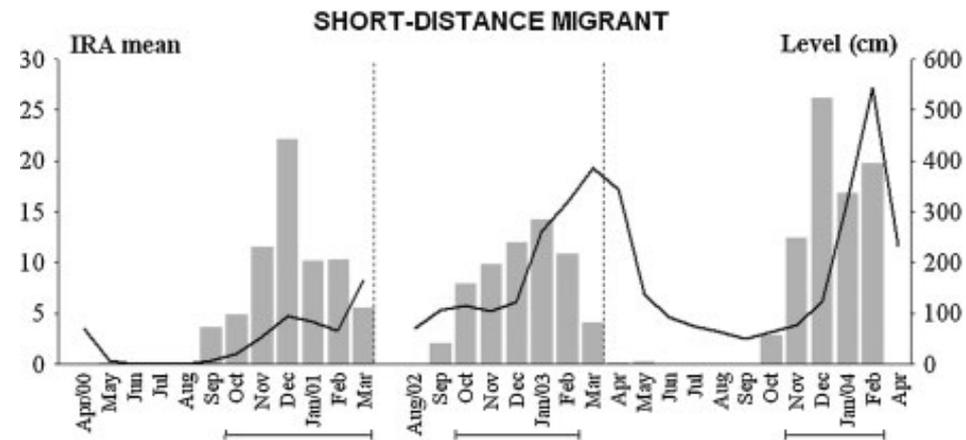
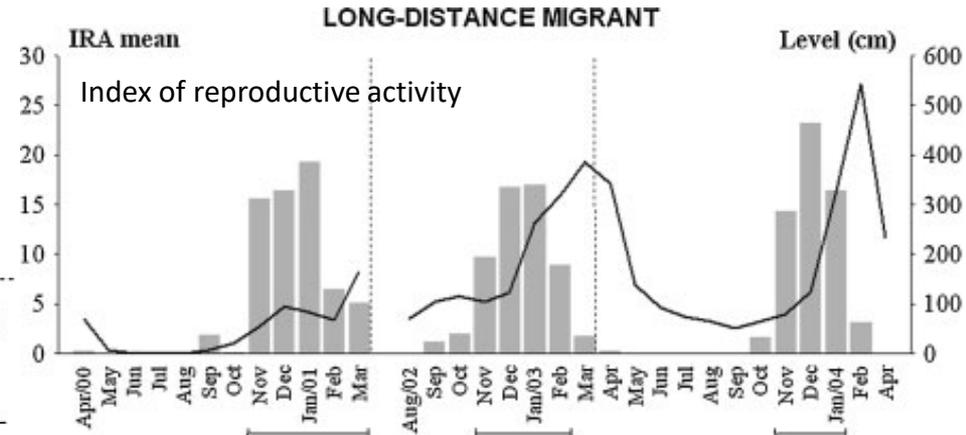
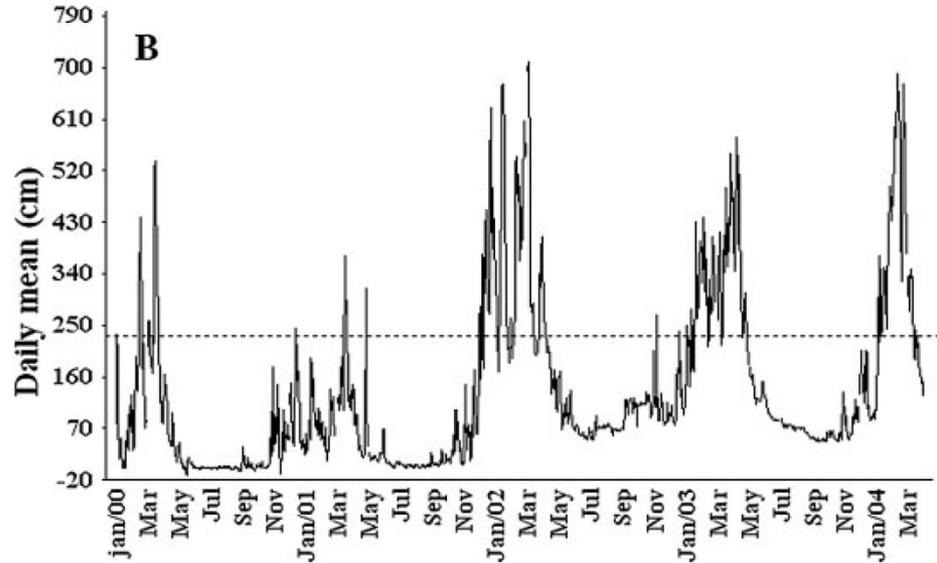


(Bromage et al., 2001)

# INFLUENCE OF THE FLOOD REGIME ON THE REPRODUCTION OF FISH SPECIES WITH DIFFERENT REPRODUCTIVE STRATEGIES IN THE CUIABÁ RIVER, UPPER PANTANAL, BRAZIL

D. BAILLY,<sup>a\*</sup> A. A. AGOSTINHO<sup>b</sup> and H. I. SUZUKI<sup>b</sup>

Marcada estacionalidad del ciclo hidrológico



Sincronización del ciclo reproductivo de las especies con el ciclo hidrológico

**Migraciones reproductivas potamodromas**

Reclutamiento?

Bailly et al., 2008

# Río de la Plata voyagers: Deciphering the migration ecology of a vulnerable marine catfish (*Genidens barbatus*) in a large subtropical river (lower Uruguay River)

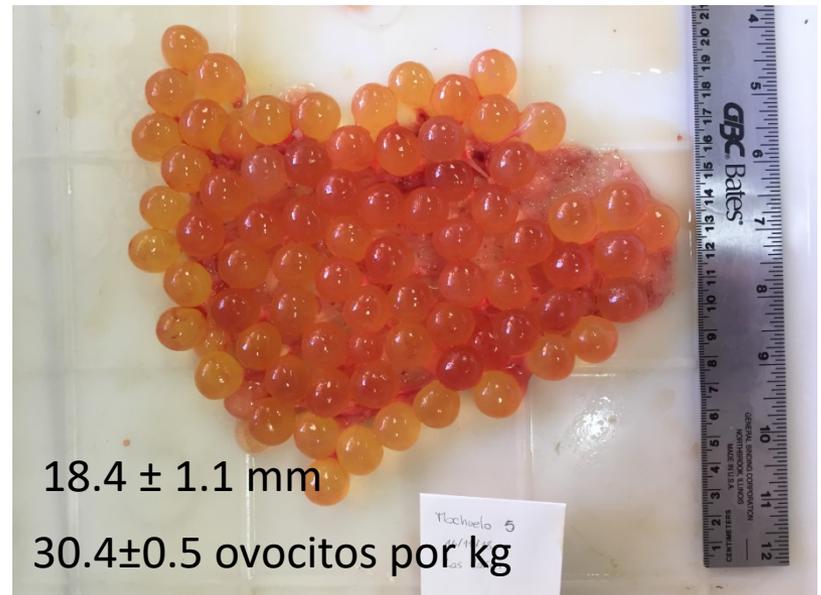
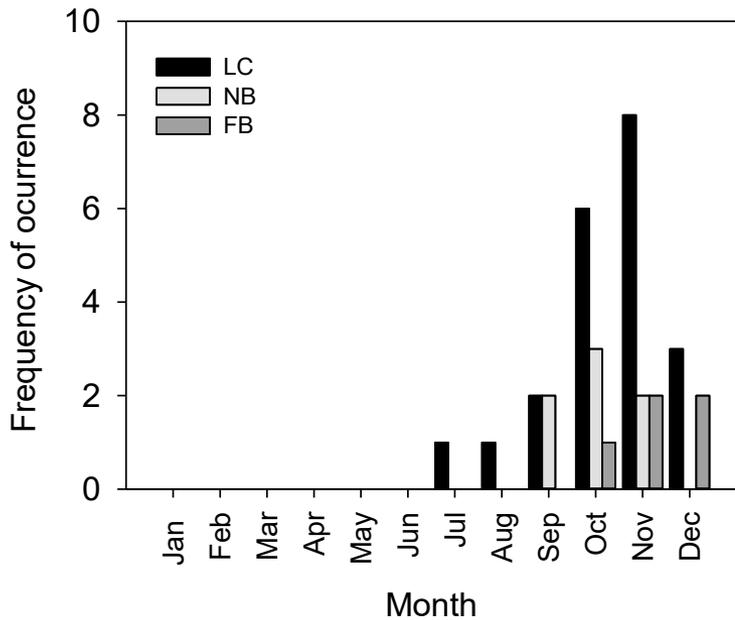
Nicolás Vidal<sup>1</sup>  | Alejandro D'Anatro<sup>2</sup> | Iván González-Bergonzoni<sup>3</sup> |  
Ivana Silva<sup>3</sup> | Patricia Correa<sup>2</sup> | Joaquín País<sup>3</sup> | Giancarlo Tesitore<sup>1</sup> |  
Franco Teixeira de Mello<sup>1</sup> 

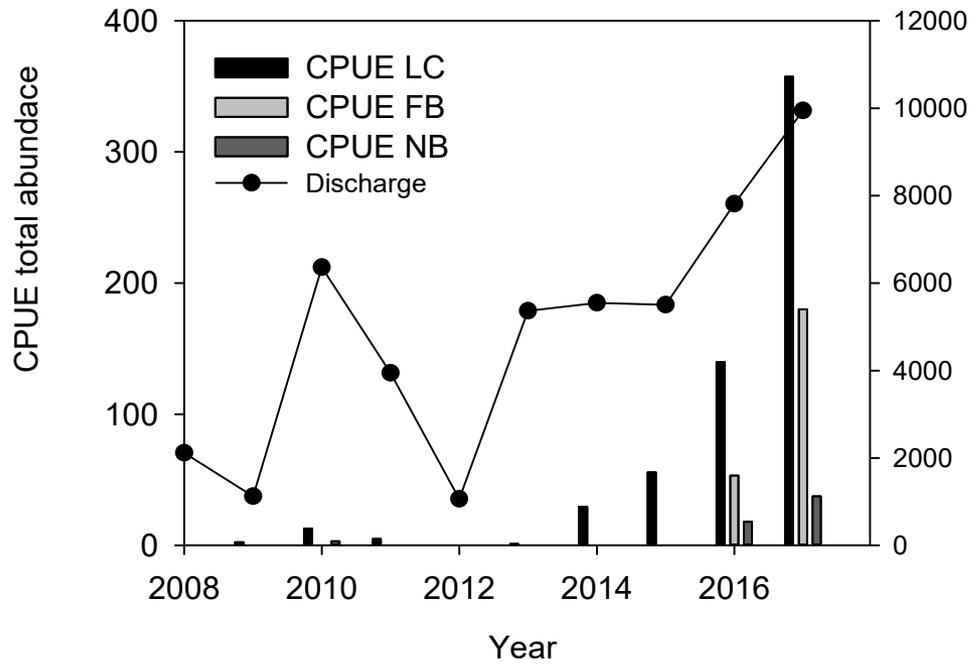


*Genidens barbatus*

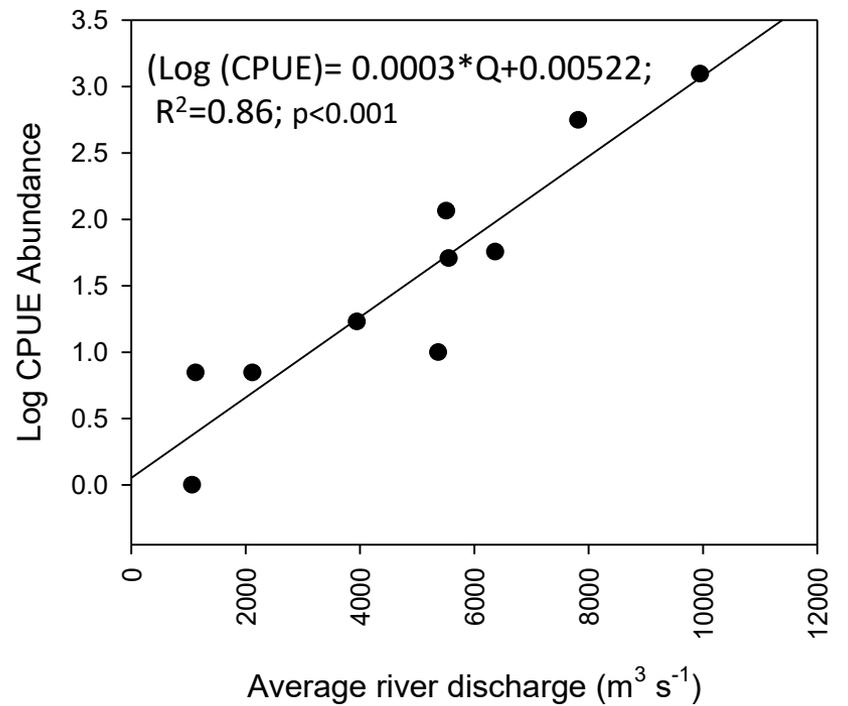


Vidal et al., 2021





Average river discharge (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)

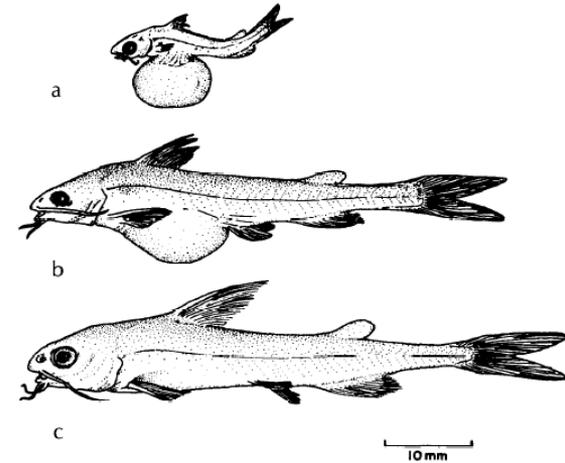


**Qué ventaja adaptativa le otorga a esta especie realizar largas migraciones de cientos de kilómetros hacia los grandes ríos del Sud Atlántico?**

**Predación?**



**Alimentación?**

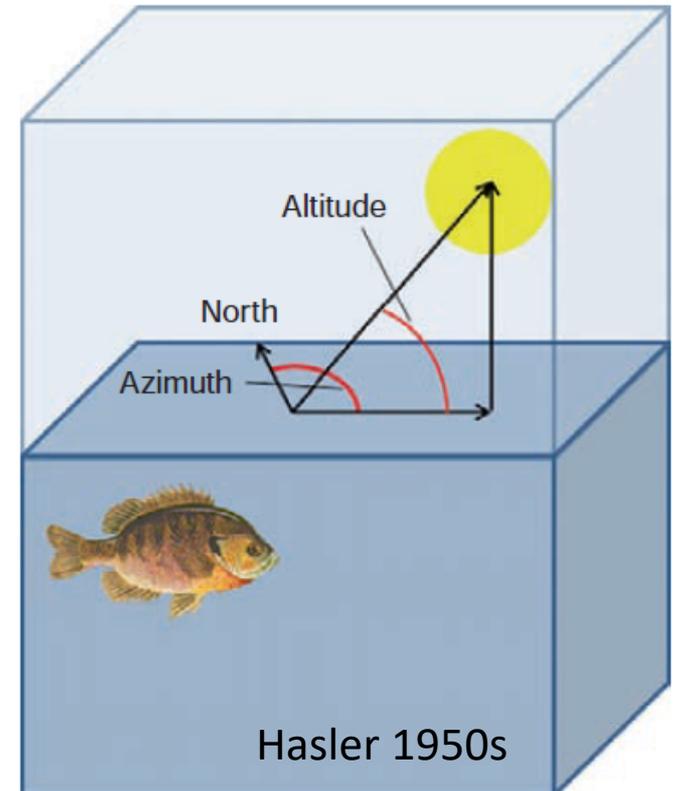


**Refugio?**



# Orientación y navegación

**Aguas abiertas vs Aguas corrientes (reotaxis +/-)**



# Orientación química (feromonas)

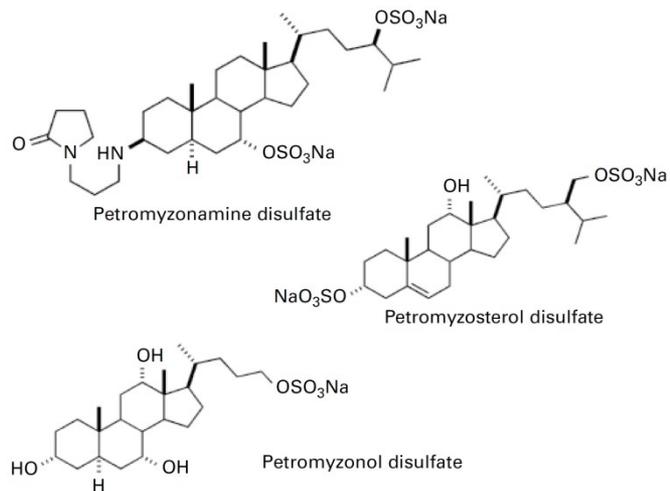


Figure 2.2. Structures that function as principal components of the sea lamprey migratory pheromone.

## *Petromyzon marinus*



# GREAT LAKES SEA LAMPREY

## THE 70 YEAR WAR ON A BIOLOGICAL INVADER



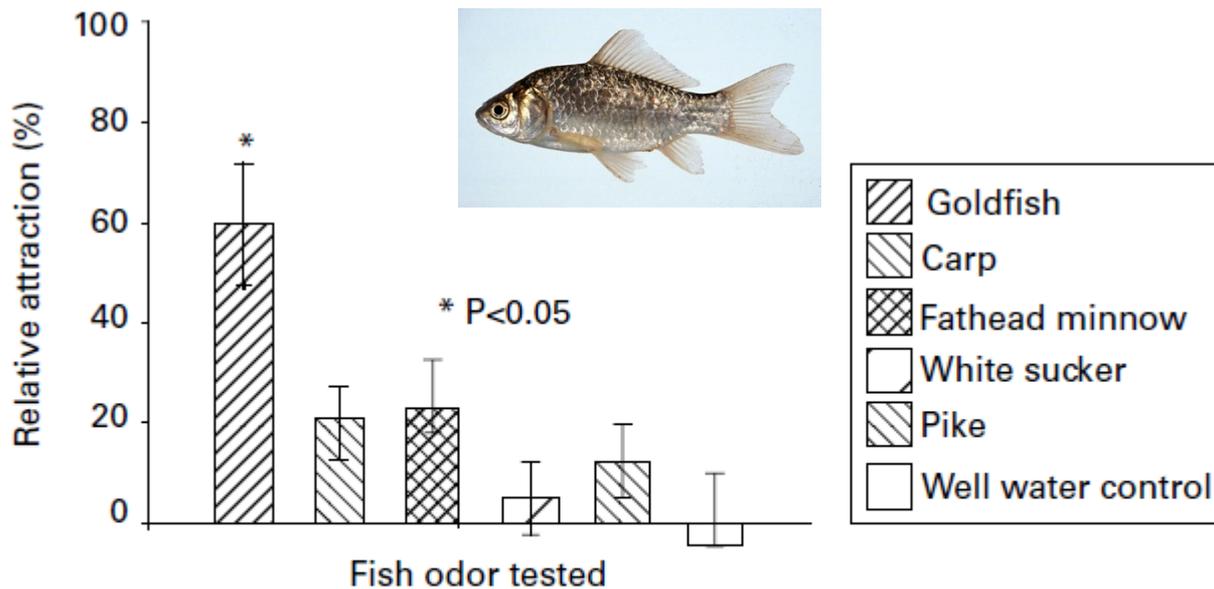
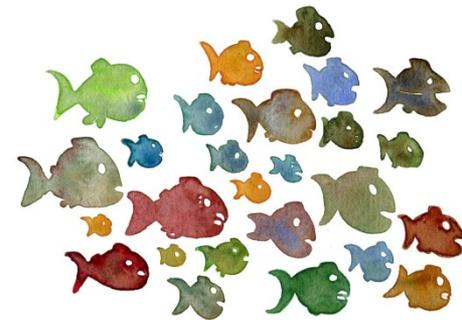
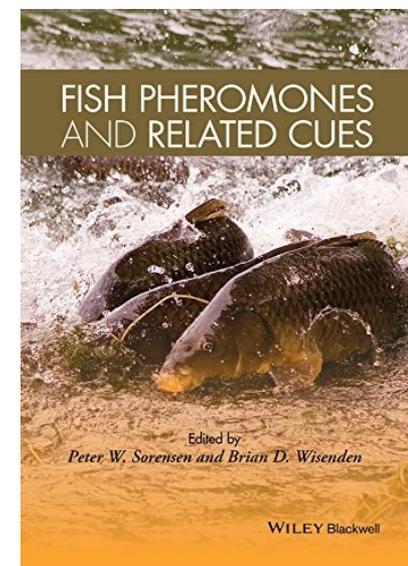
CORY BRANT

Foreword by Jerry Dennis



# Species-Specific Pheromones and Their Roles in Shoaling, Migration, and Reproduction: A Critical Review and Synthesis

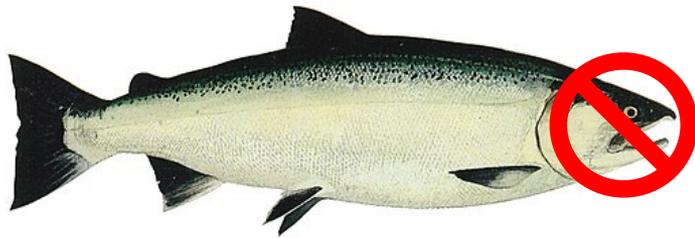
*Peter W. Sorensen<sup>1</sup> and Cindy Baker<sup>2</sup>*



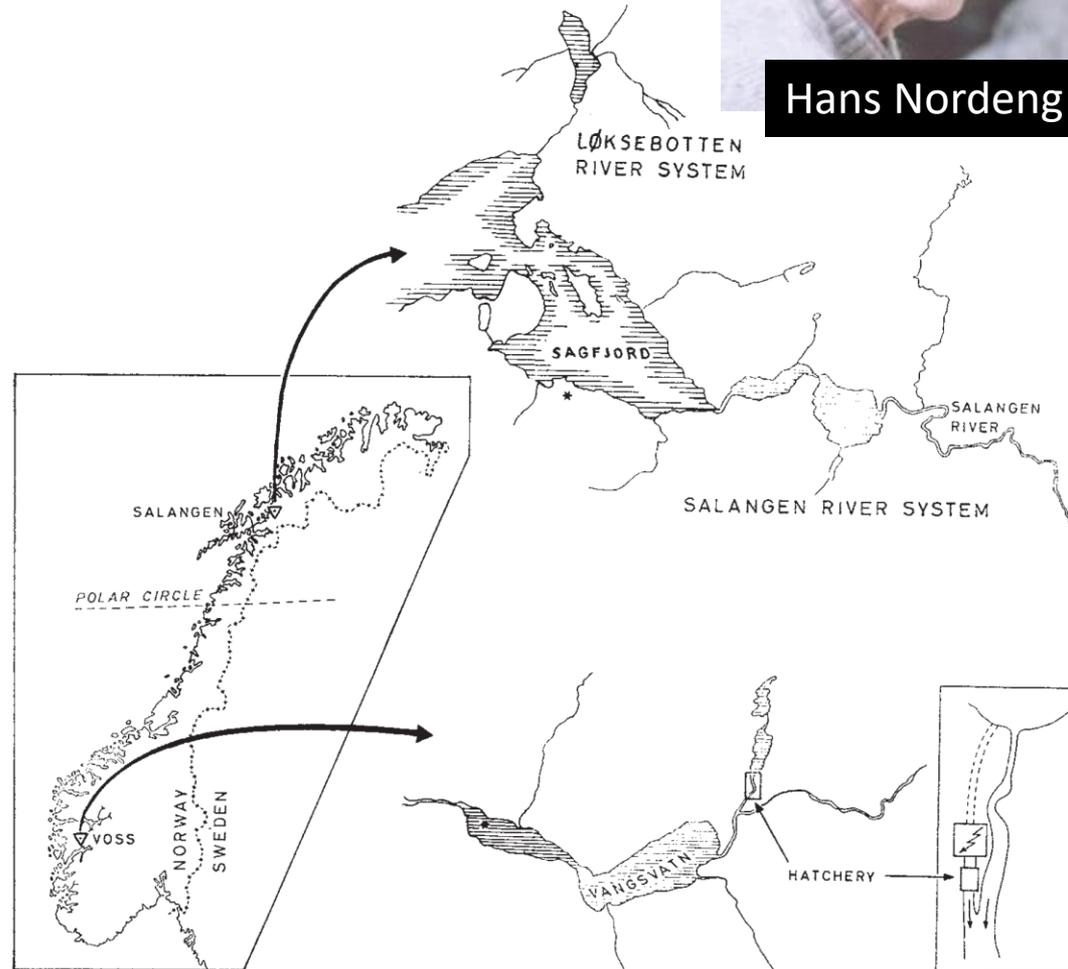
# The Role of Migratory Pheromones in Anadromy



Hans Nordeng



“pheromone hypothesis”

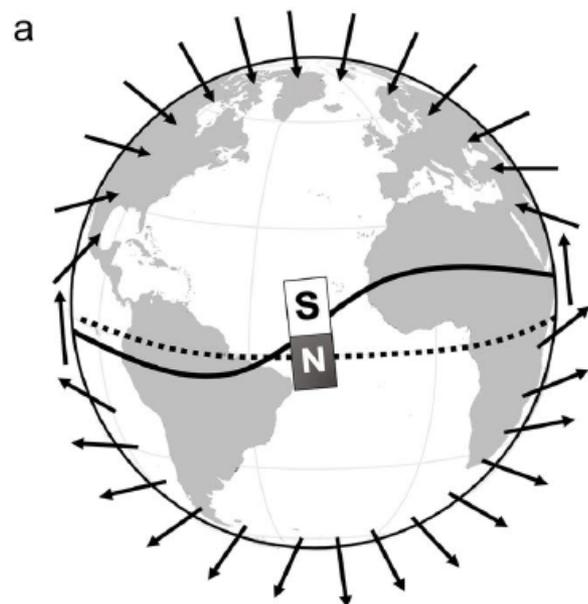


Hasler and Scholz, 1983; Stabell, 1984

# Magnetorrecepción



## Anomalías magnéticas



**b**

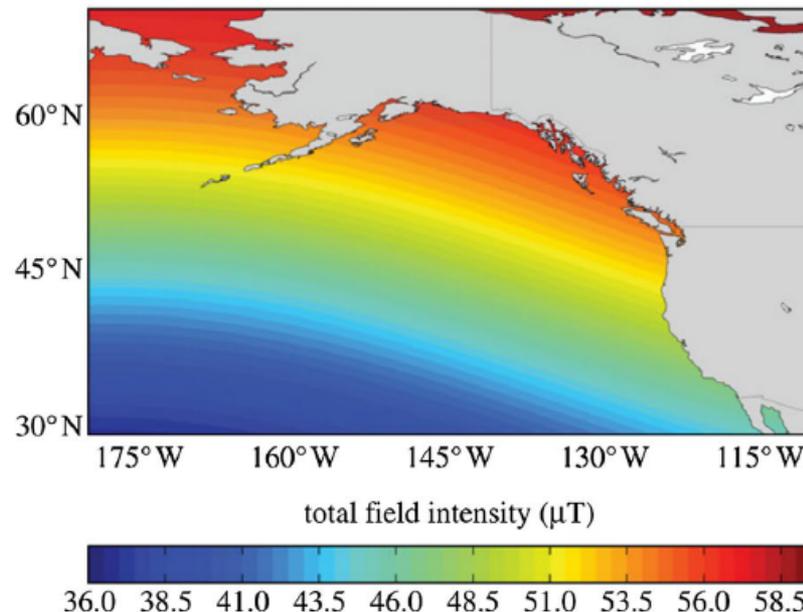
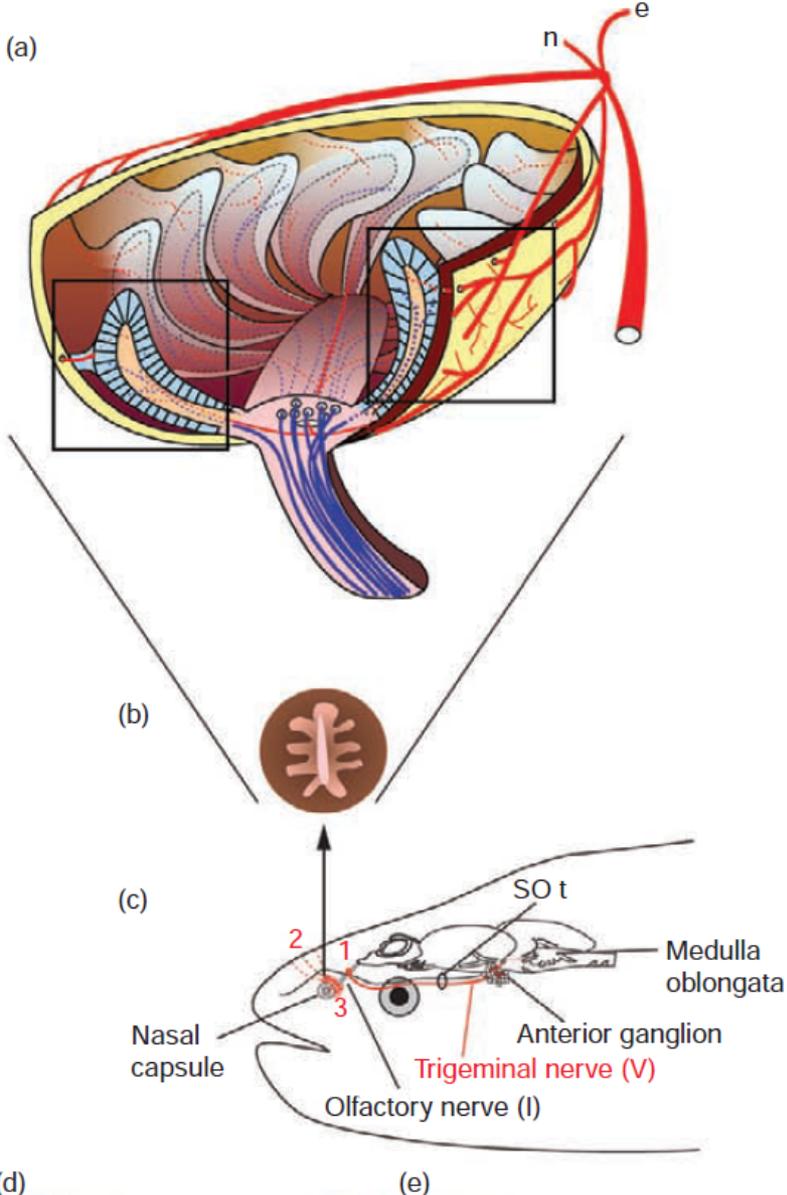


Fig. 2 Diagrammatic representation of the earth's magnetic field. **a** On a global scale, the geomagnetic field resembles the dipole field

face and the inclination angle is 90 degrees. Dotted curved line represents the geographic equator. **b** Map of the western North Pacific.

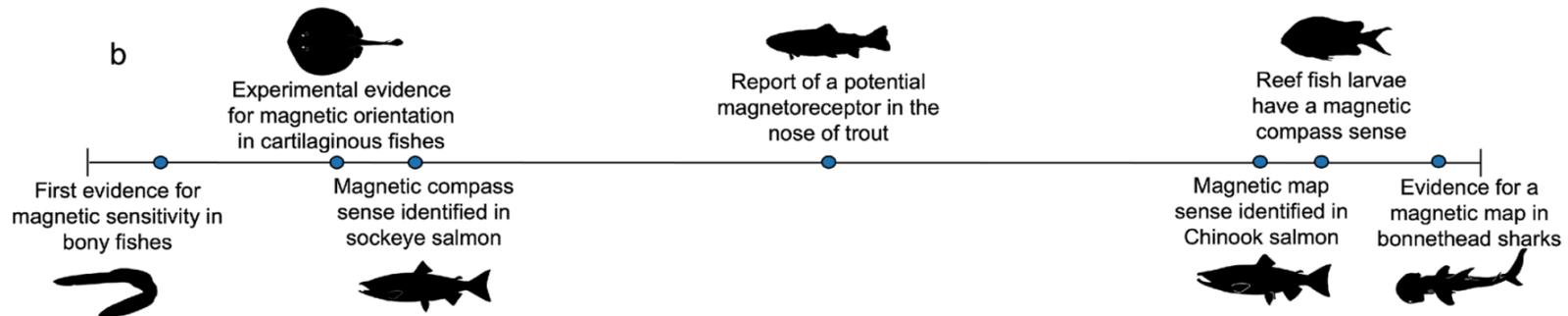
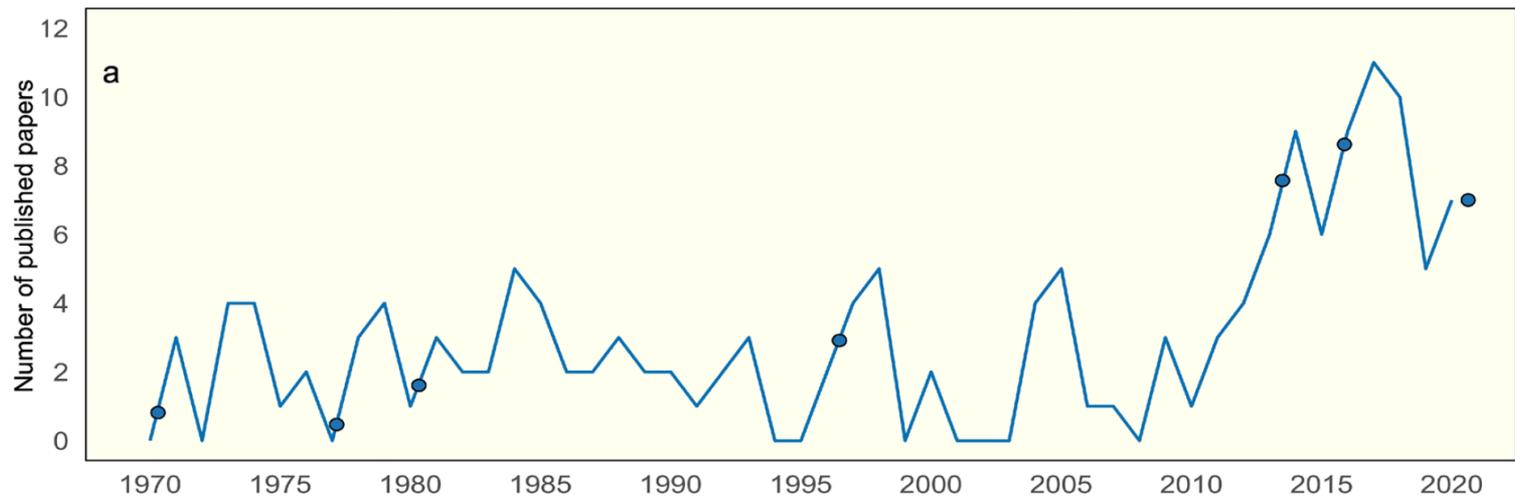
# Neuroanatomía

Cristales de magnetita  $Fe_3O_4$



# Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery

Lewis C. Naisbett-Jones<sup>1</sup>  · Kenneth J. Lohmann<sup>1</sup>



# **Adaptaciones fisiológicas de las migraciones en peces**

## **Osmoregulación (Peces)**

Presentan riñones glomerulares que pueden ajustarse a las diferencias en los volúmenes de orina debido a la diferencia en salinidades; también poseen branquias y mucosas bucales (glándulas de sal) capaces de soportar tanto el ingreso como la secreción de algunos iones contra los gradientes de difusión.

Cambios en la actividad endocrina generalmente simultáneos o preceden cambios en los mecanismos de balance.

Aumento en actividad tiroidea ha sido reportada en el salmón en la migración río abajo, posiblemente para facilitar procesos energéticamente costosos de excreción de sal en el agua marina.

Cambios pituitarios y gonadales generalmente inducen cambios en el comportamiento: preferencia por agua dulce en peces adultos y por lo tanto en los tiempos de migración.

# En la cuenca del Río de la Plata ocurren varias especies de peces migratorias

## Especies migratorias de importancia comercial



*Prochilodus,*



*Salminus,*



*Megaleporinus,*



*Luciopimelodus*



*Pimelodus*



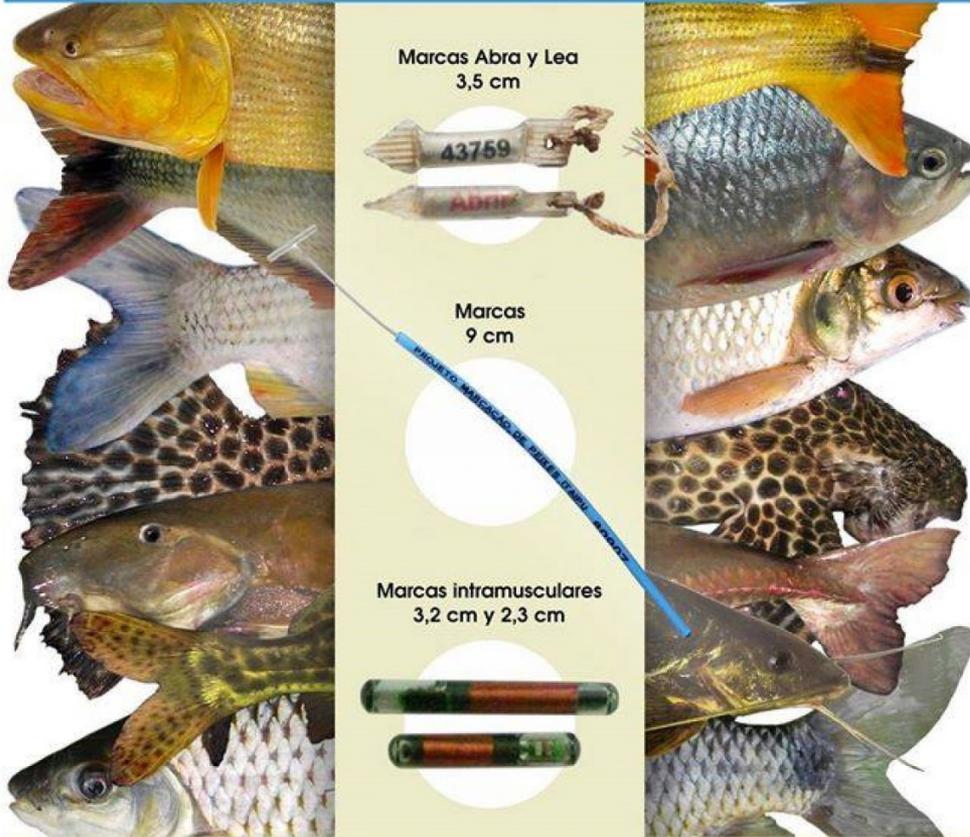
*Pterodoras*



*Pseudoplatystoma*



# HAY PECES MARCADOS EN EL PARANÁ



Marcas Abra y Lea  
3,5 cm

43759

ADHIC

Marcas  
9 cm

Marcas intramusculares  
3,2 cm y 2,3 cm

**ENTREGÁNDONOS LA MARCA RECIBIRÁS UN PRESENTE**

Argentina: +54 3786 420112 y +54 376 4426583. E-mail: rpp@eby.org.ar  
Paraguay: +595 72 222141 int 2073 / Brasil: +55 0800-645-2002 (gratuito)



PROGRAMA DE MARCACIÓN DE PECES

ITAIPÚ-YACYRETÁ

CUIDEMOS NUESTROS PECES ENTRE TODOS



ENTIDAD BINACIONAL  
YACYRETÁ  
GENERANDO FETERO



Vida y Sustentabilidad

# Migratory Fishes of South America

2982

Biology, Fisheries  
and Conservation Status



EDITED BY  
JOACHIM CAROLSFELD  
BRIAN HARVEY  
CARMEN ROSS  
ANTON BAER

# Tradicional marcaje y recaptura

Implantación sencilla de una marca con una referencia



# Tradicional marcaje y recaptura

## Pros

Medida directa

No requiere tecnología

Fácilmente aplicable

No requiere matar al animal

Proporciona información del crecimiento

## Cons

Gran cantidad de individuos

Dependiente de fuertes campañas de información

Solo se colectan dos puntos el marcaje y la captura

Difícil con especies pequeñas

**HAY PECES MARCADOS EN EL PARANÁ**

Marcas Abra y Lea 3,5 cm

Marcas 9 cm

Marcas intramusculares 3,2 cm y 2,3 cm

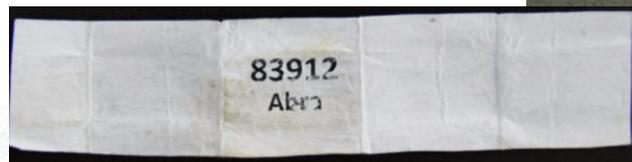
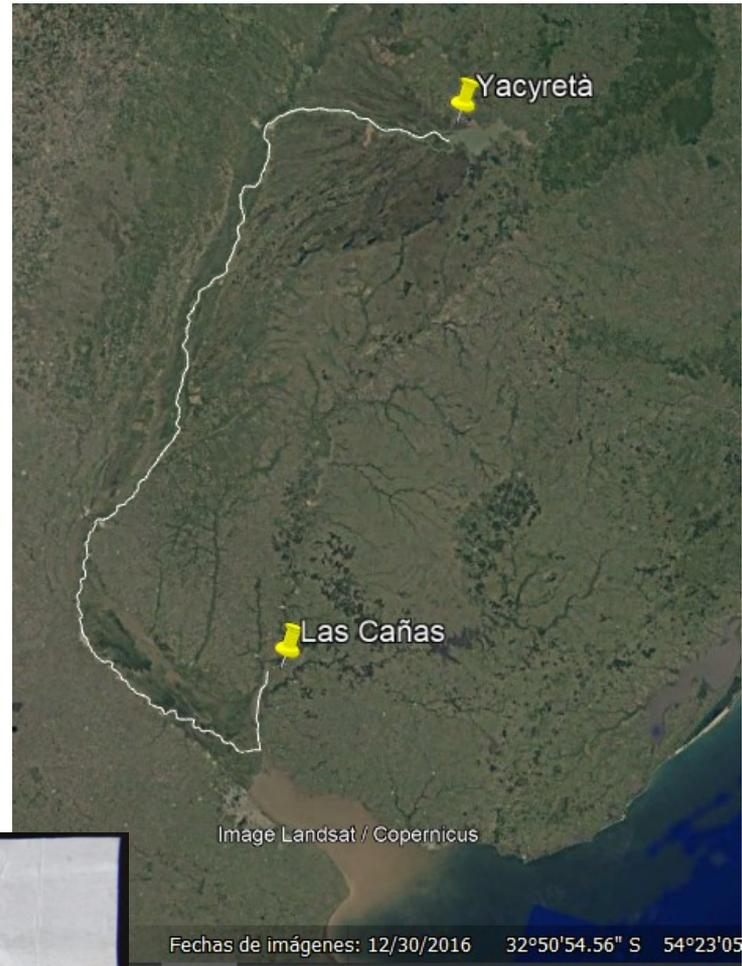
**ENTREGÁNDONOS LA MARCA RECIBIRÁS UN PRESENTE**

Argentina: +54 3786 420112 y +54 376 4426583. E-mail: rrp@eby.org.ar  
Paraguay: +595 72 222141 int 2073 / Brasil: +55 0800-645-2002 (gratuito)

PROGRAMA DE MARCACIÓN DE PECES  
ITAIPÚ-YACYRETÁ  
CUIDEMOS NUESTROS PECES ENTRE TODOS



# Capturan en el río Uruguay un pez marcado en Yacyretá

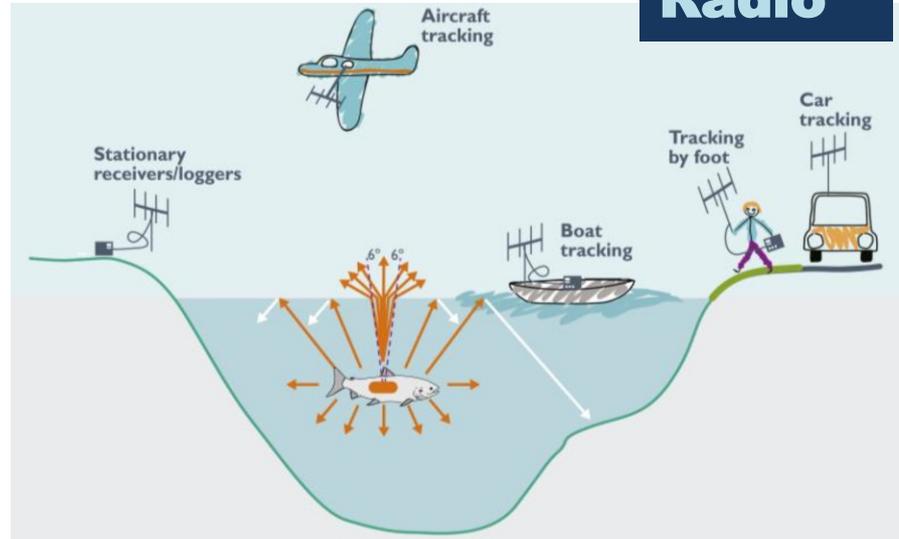


1768 km  
En 5 meses

# Biotelemetría

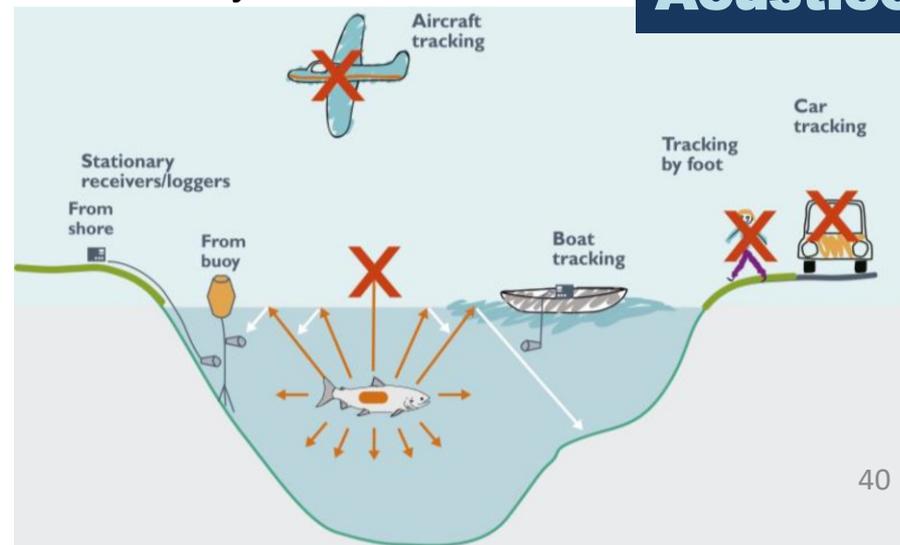
Sistema de monitoreo fijo o móvil  
(antena)

**Radio**



Sistema de monitoreo fijo o móvil  
(hidrófono)

**Acústico**



# Biotelemetría

## Pros

Medida directa

No requiere gran cantidad de animales marcados

No requiere matar al animal

Proporciona información por largos periodos de tiempo.

Detalle parcial de los movimientos

## Cons

Requiere de equipamiento para la recolección de la información (tierra, agua o aire)

Difícil con especies pequeñas

Requiere una intervención quirúrgica

No proporciona información del crecimiento del animal

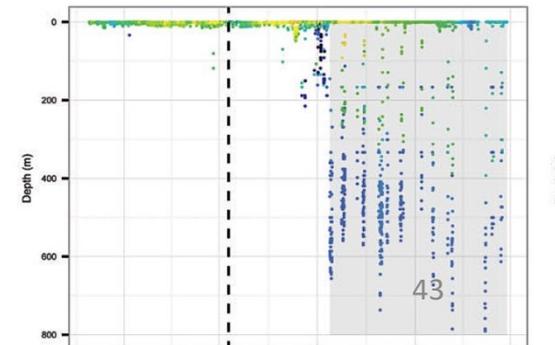
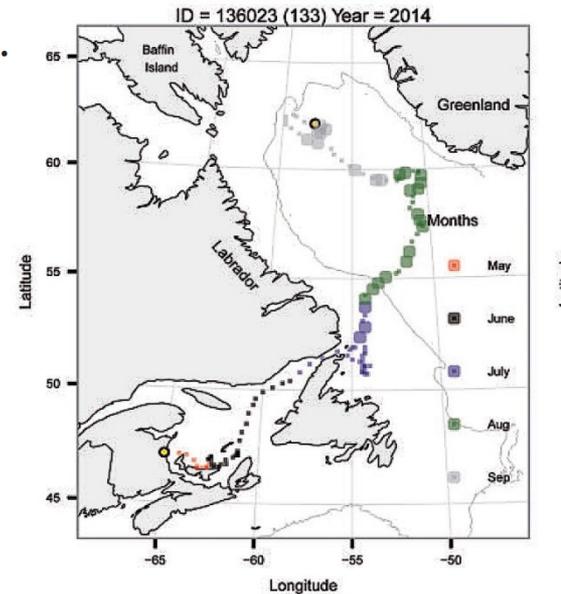
# Tracking satelital Pop up



# Tracking satellite Pop up

## Ocean migration of pop-up satellite archival tagged Atlantic salmon from the Miramichi River in Canada

John Fredrik Strøm<sup>1</sup>, Eva B. Thorstad<sup>1,2</sup>, Graham Chafe<sup>3,\*</sup>, Sigrunn H. Audun H. Rikardsen<sup>1</sup> and Jonathan Carr<sup>3</sup>



# Tracking satelital

## Pros

Medida directa

No requiere gran cantidad de animales marcados

No requiere matar al animal

Proporciona información por largos periodos de tiempo.

Detalle continuo y exacto de los movimientos

## Cons

Requiere de tecnología caras para la recolección de los datos

Difícil con especies pequeñas

Requiere una intervención quirúrgica

No proporciona información del crecimiento del animal

Costo extra del tiempo de uso del satélite

# Métodos indirectos (Isótopos estables)

Inferencias a partir de “señales” naturales (Isotopos estables)

Diferentes ventanas temporales

Intestino –días<sup>1</sup>

Hígado -semanas<sup>2</sup>

Músculo -meses<sup>3</sup>

Hueso – Años<sup>4</sup>

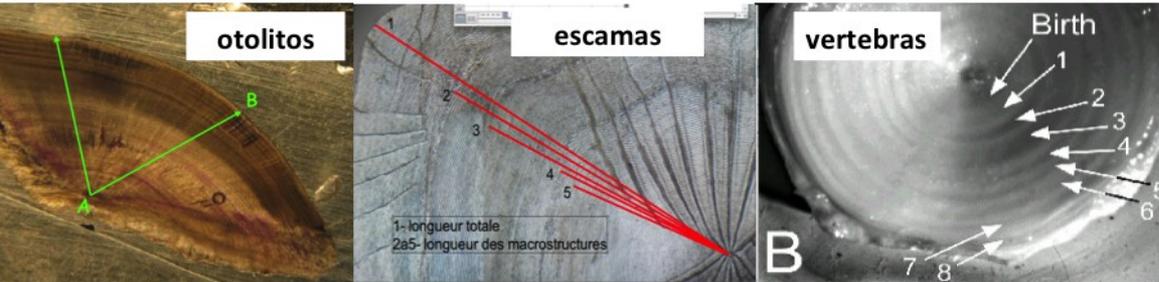
Otolitos -toda la vida<sup>4</sup>

Recambio de material o  
células

# Usos de otolitos (Trazar migraciones peces)

Migraciones de peces microquímica de estructuras duras (otolitos, escamas, vertebras)

Isótopos estables de estroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$



*Brachyplatystoma spp.*



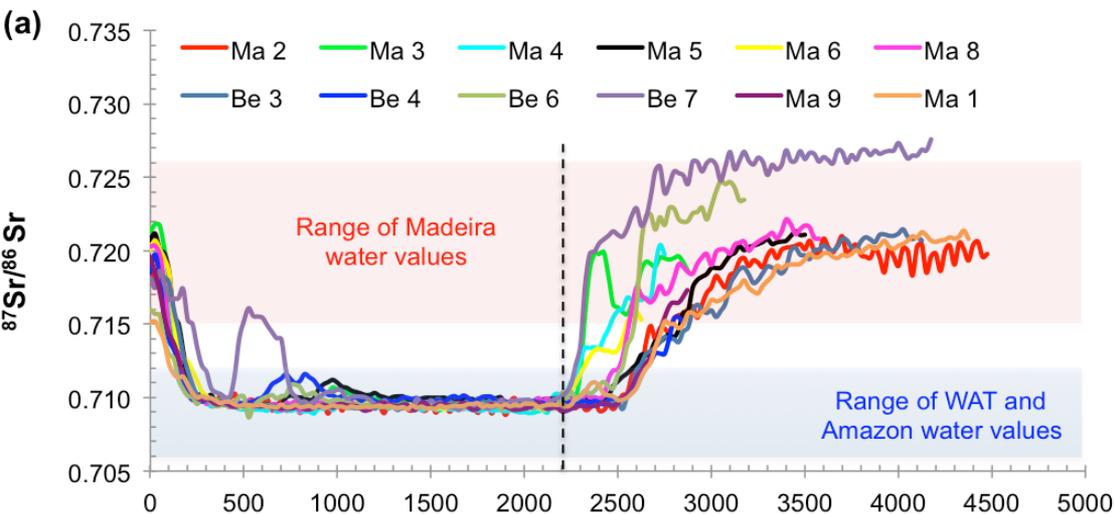
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

LA-ICP-MS  
(espectrometría de masas)



(Pouilly et al., 2014; Duponchelle et al., 2016)

# Usos de otolitos (Trazar migraciones peces)



$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

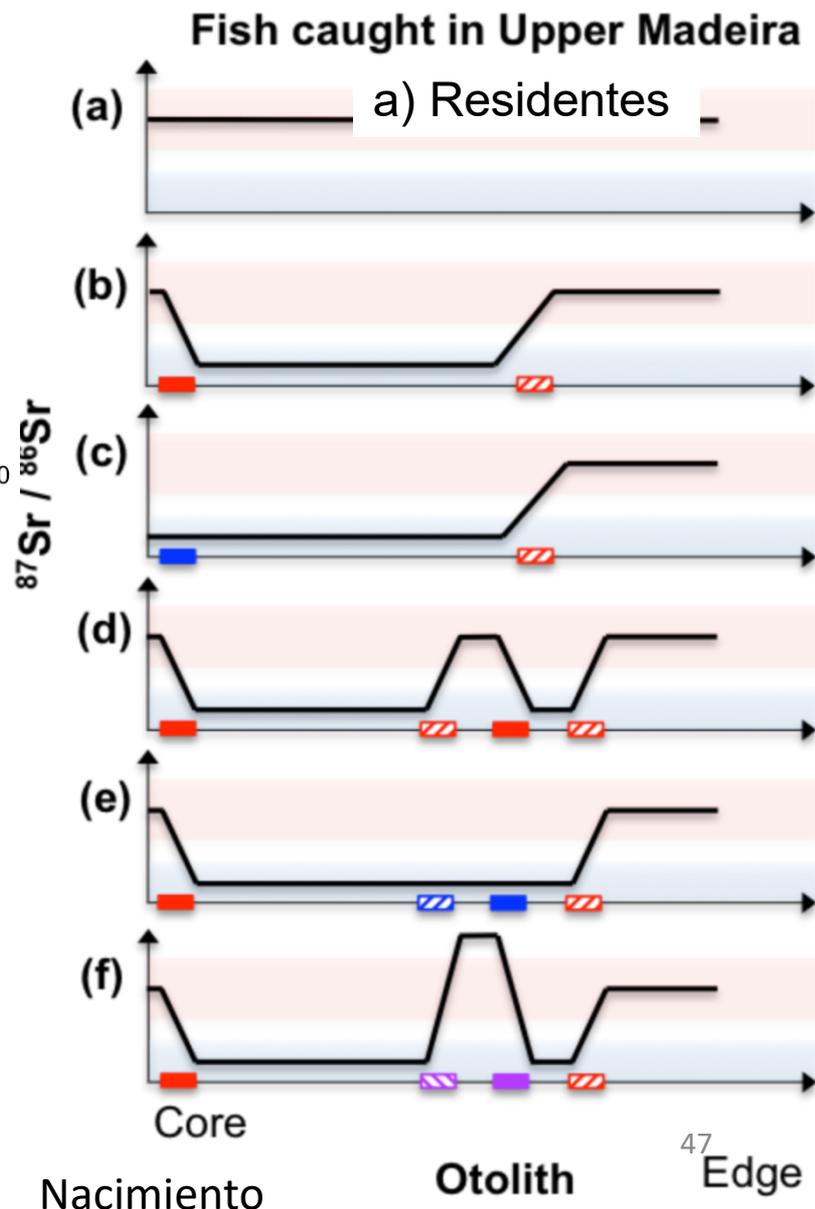


b) Un solo cambio fidelidad de sitio

c) Un solo cambio rezagados

d) Múltiples cambios misma cuenca

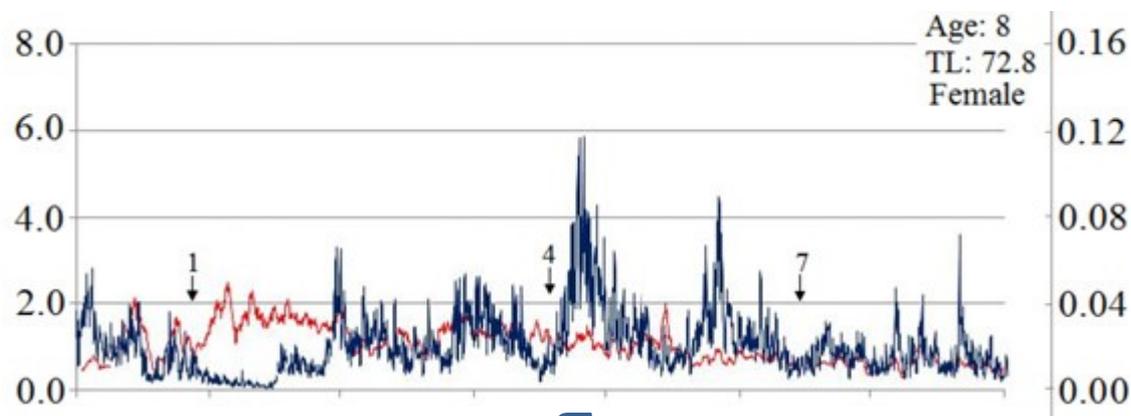
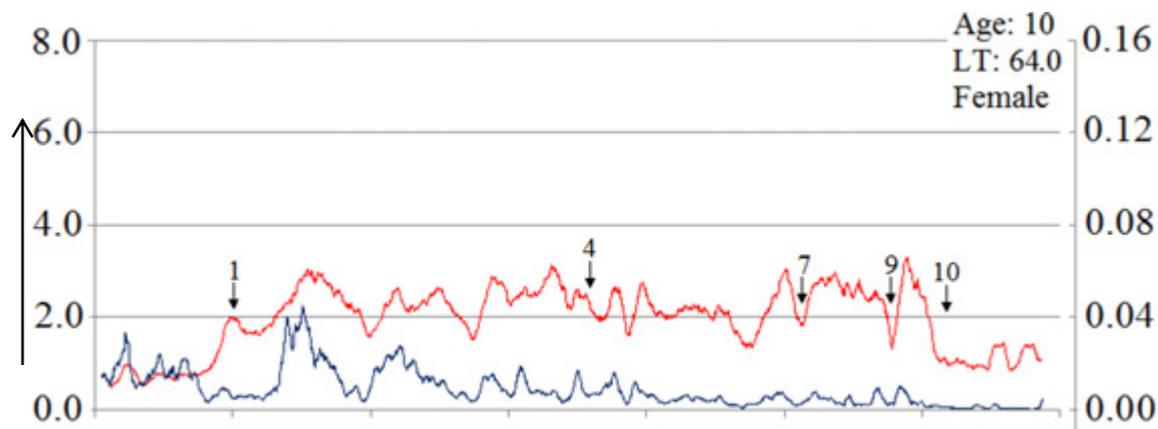
e y f) Múltiples cambios distintas cuenca



$^{47}$  Edge

# Usos de otolitos (Trazar migraciones peces)

## Migraciones de peces microquímica otolitos



Sr:Ca

Ba:Ca

Salinidad



# Usos de otolitos (Microquímica)

Estructuras compuestas por carbonato de calcio  
cristalizado inmerso en una matriz proteica



**Sr:Ca**

4.84 (Ba:Ca)

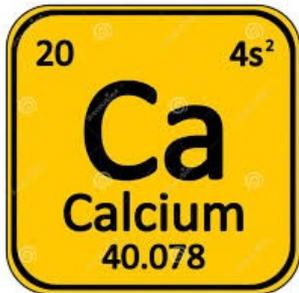
2.23 (Sr:Ca)



**Ba:Ca**

4.93 (Sr:Ca)

3.2 (Ba:Ca)



Tabouret et al 2010

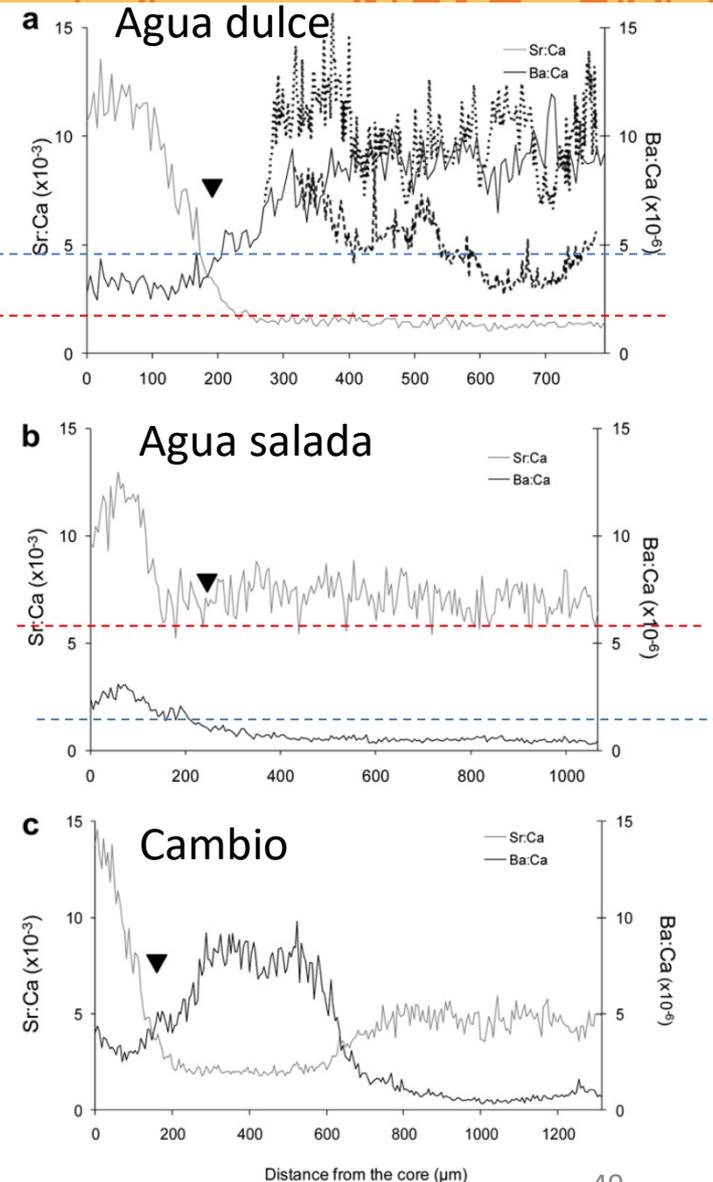


Fig. 4. Continuous profiles showing the evolution of Sr:Ca (grey line) and Ba:Ca (black line) ratios ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) in otoliths of a) an eel caught in freshwater b) an eel caught in the

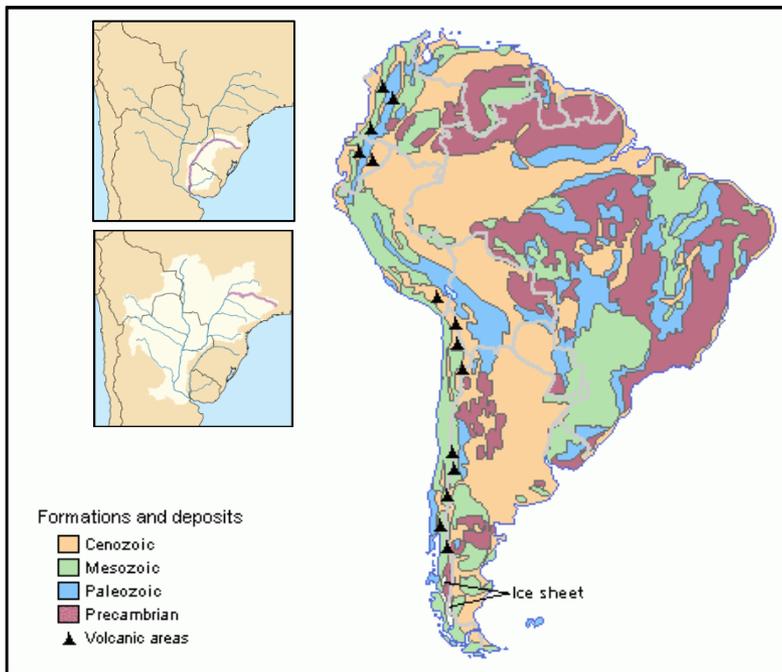
# Usos de otolitos (Trazar migraciones peces)

Migraciones de peces microquímica de estructuras duras (otolitos, escamas, vertebras)

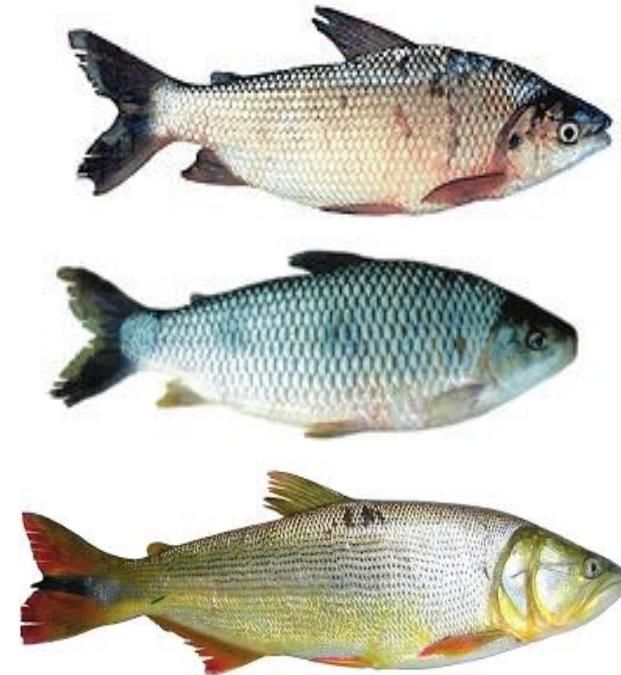
Río Paraná está conformada por basaltos del

Río Uruguay está conformada principalmente por  
Precámbrico

(Biscaye, 1972).



Estroncio  $^{87/86}\text{Sr}$  ?





THE LIVING PLANET INDEX  
(LPI) FOR MIGRATORY  
FRESHWATER FISH

# LIVING PLANET INDEX



#### ACKNOWLEDGEMENTS

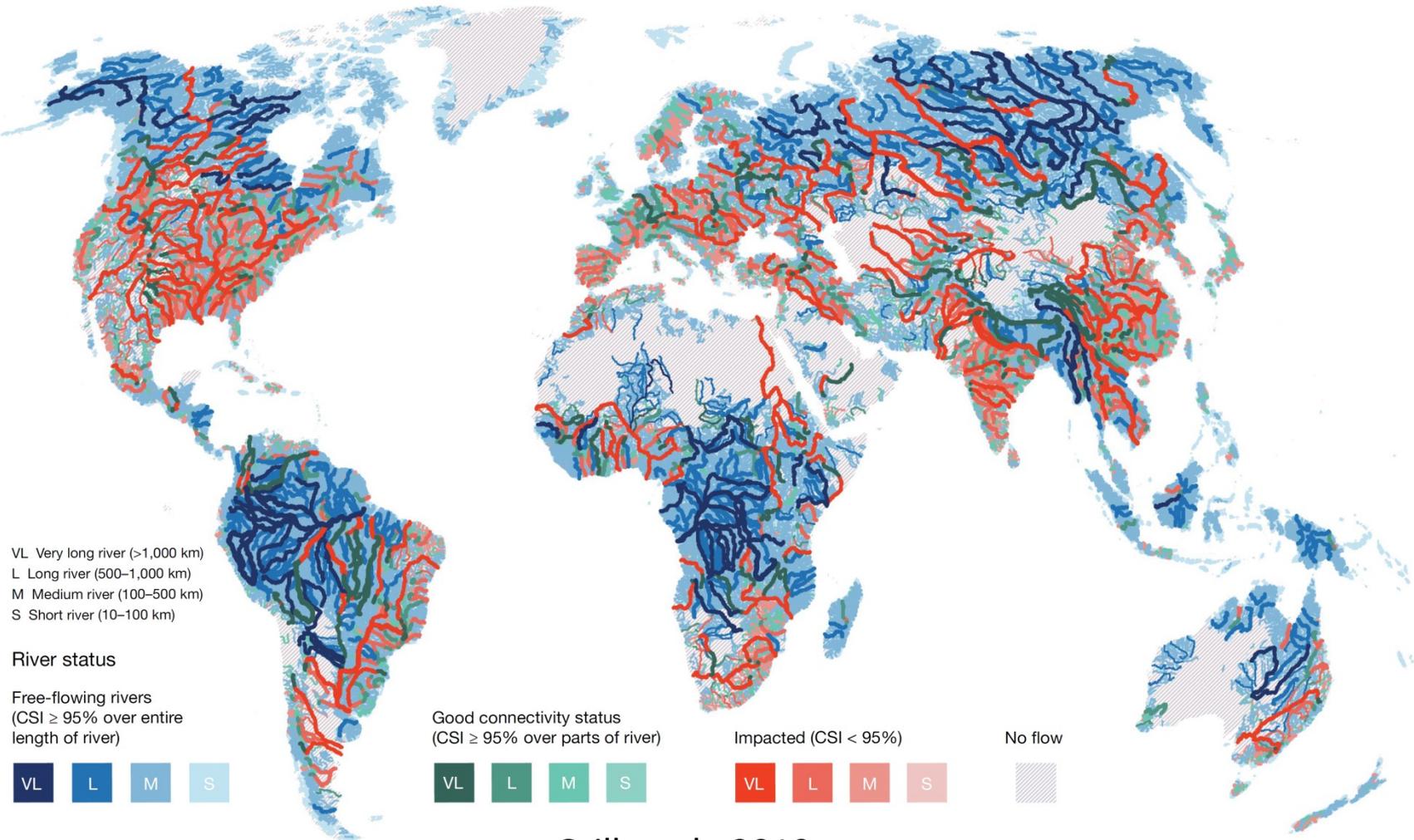
We are very grateful to a number of individuals and organisations who have worked with the LPD and/or shared their data. A full list of all partners and collaborators can be found on the LPI website.

1406 poblaciones de 247 especies

**76%**

(Deinet et al., 2020)

## Mapping the world's free-flowing rivers



# Barreras físicas (naturales y artificiales)

Representan barreras físicas que impiden al circulación de las especies de peces



# Barreras físicas (natural y luego artificial)

*Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.) (2012) 18, 111–120*

**BIODIVERSITY  
RESEARCH**



## Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics

Jean Ricardo Simões Vitule<sup>1,2,3\*</sup>, Felipe Skóra<sup>2,3</sup> and Vinícius Abilhoa<sup>2</sup>

**Table 1** Number of fish taxa in the Upper and Lower Paraná basin before and after introductions caused by the elimination of the barrier and by other mechanisms.

Taxa	Before introductions		After introductions	
	Lower Paraná	Upper Paraná	Lower Paraná	Upper Paraná
Class	3	1	3	2
Order	12	6	13	11
Family	40	27	42	38
Genus*	152	116 <sup>J</sup> /117 <sup>L</sup> (115†)	156	154
Species*	292	258 <sup>J</sup> /259 <sup>L</sup> (253†)	299	332

**Sete Quedas**



**Itaipú**



# Hidroeléctricas

## Yacyretá

Dos sistemas de elevadores  $15\text{m}^3$  concentrador ascenso 7min son transferidos aguas arriba

Operación:  
Automática o manual  
Cada una hora en primavera-verano  
Cada 2 en otoño-invierno

### Ventajas

- **reducido costo** de construcción
- independiente de la altura de la represa
- **escaso volumen** de agua necesario durante la operación.

### Desventajas:

- alto costo de **operación y mantenimiento** (Larinier 2001)
- inapropiado para la fauna de **peces nativos** (*Pimelodus maculatus* 52%)



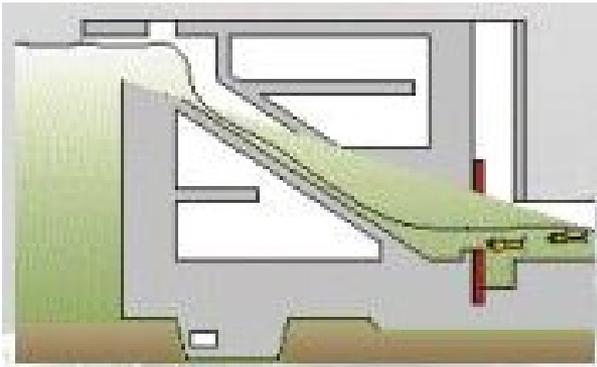
# Hidroeléctricas (exclusas de peces)

Salto Grande

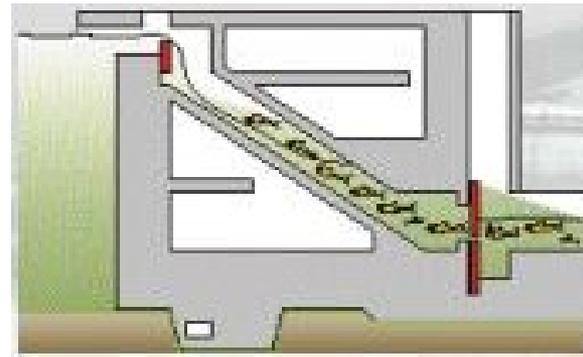
Dos esclusas tipo Borland (1984)

## Secuencia de la escala de peces en la central hidroeléctrica Salto Grande

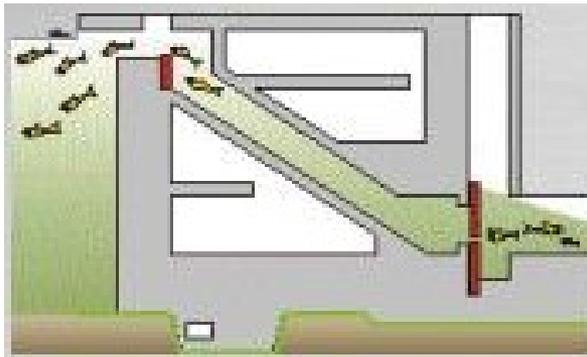
1) Llamada de peces



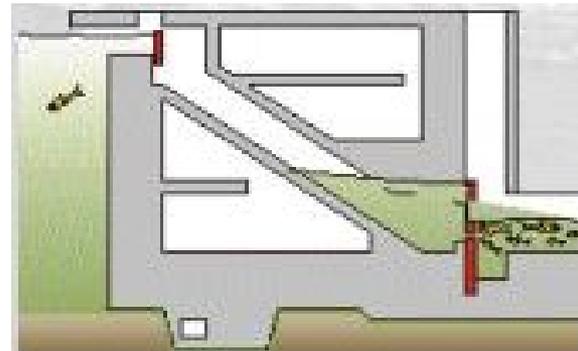
2) Llenado de la escala



3) Salida de peces



4) Vaciado de la escala



# Hidroeléctricas

Salto Grande: eficiencia ?



*Parapimelodus valenciensis* y *Auchenipterus nuchalis*

*Lycengraulis grossidens*

Espinach Ros *et al.*, (1997)

Juveniles de  
migradoras en  
bajas proporciones  
(Leites, 1999)

(Oldani *et al.*, 2005)



# Barreras físicas (artificiales)

Un ejemplo muy cercano lo representan las represas del Río Negro, Palmar, Baigorria y Rincón del Bonete

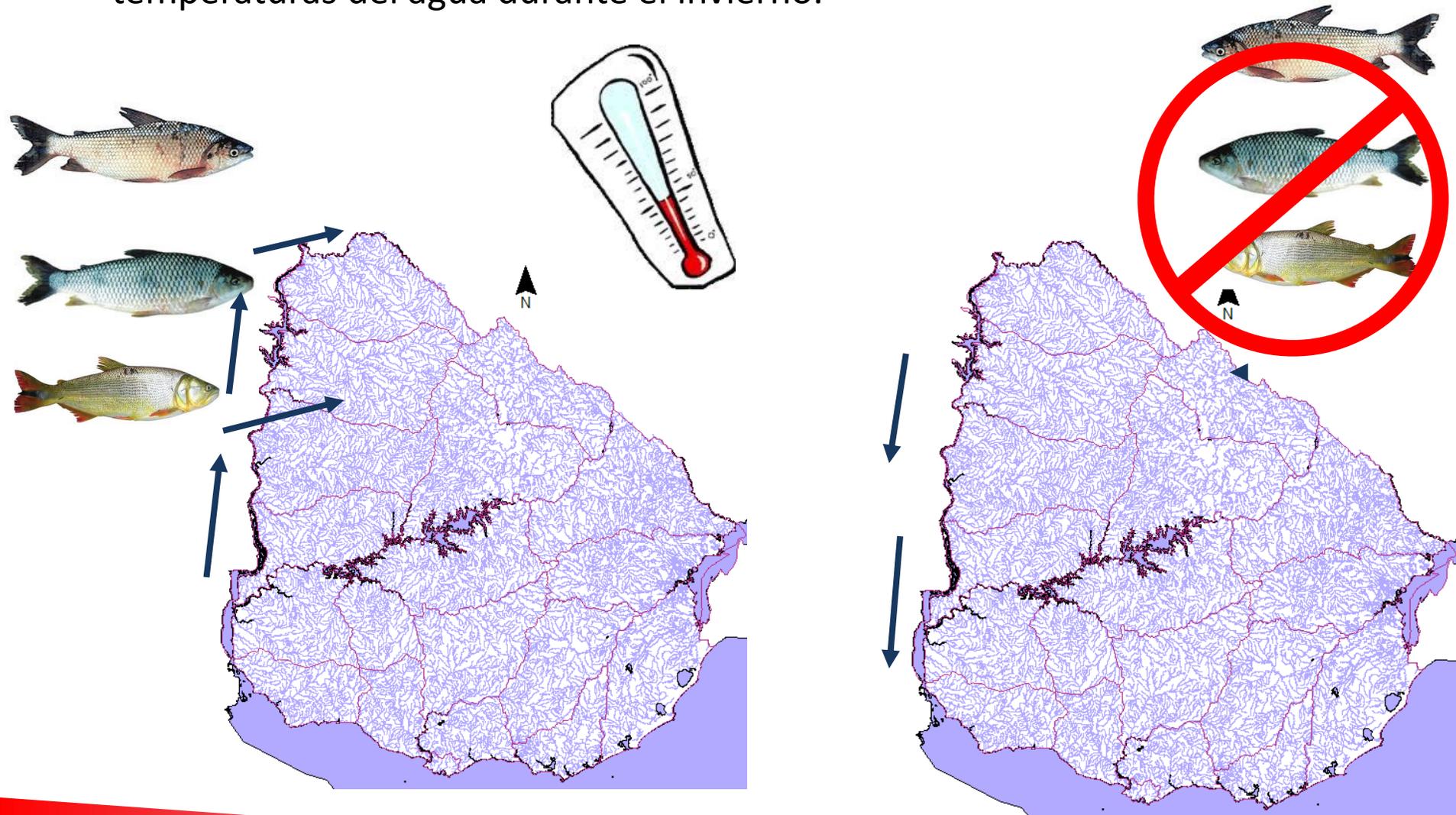


Presencia de migradoras en puertos como Mercedes



Barrera Física impide el pasaje de peces miradores ocasionando la extinción aguas arriba de estas especies

**Hipótesis1** : la presencia de especies migradoras en los tributarios del río Uruguay así como del Río Negro es estacional y está limitada por las bajas temperaturas del agua durante el invierno.



## Mapa de Migración



paradigmas biomecánico

Paradigma cognitivo

Paradigma de azar

Paradigma de optimización

*In this Issue*

## ***Challenges and opportunities of using GPS-based location data in animal ecology***

*Papers of a Theme issue compiled and edited by Francesca Cagnacci, Luigi Boitani,  
Roger A. Powell and Mark S. Boyce*



*The world's longest running science journal*

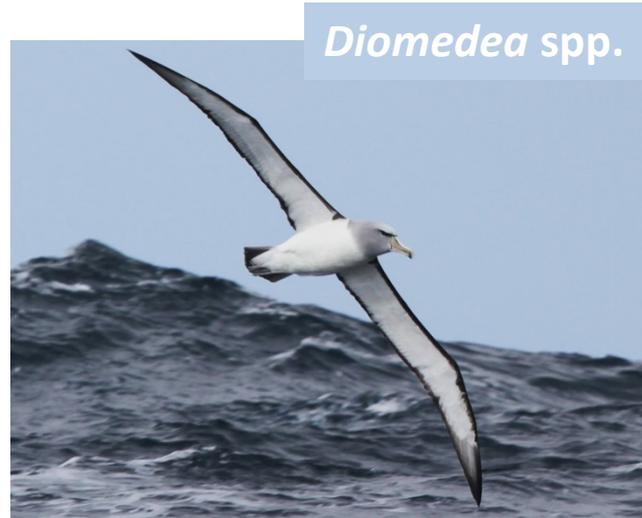


**Royal Society Publishing**  
*Informing the science  
of the future*

See further with the Royal Society in 2010 – celebrate 350 years

27 July 2010

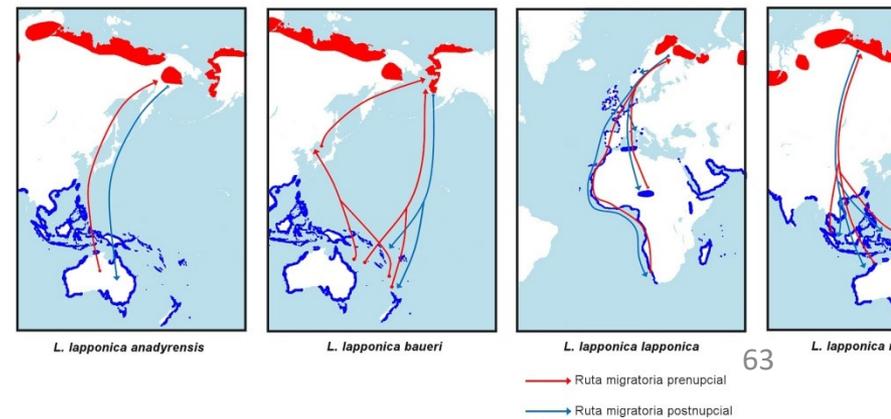
Movimientos y recursos  
«Commuting»



«Ranging»



«Migration»

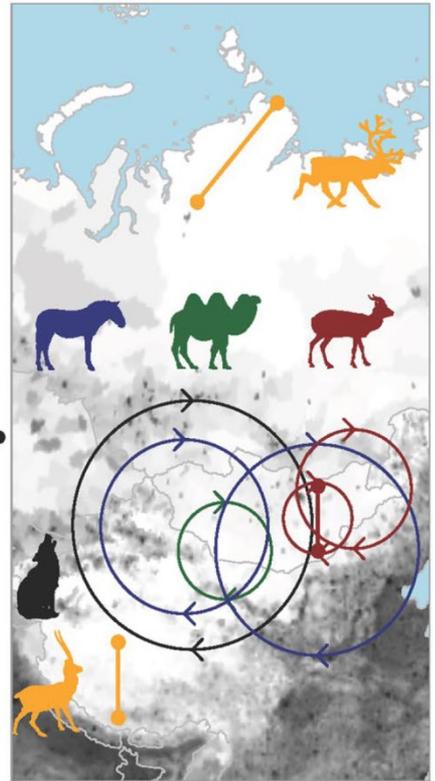
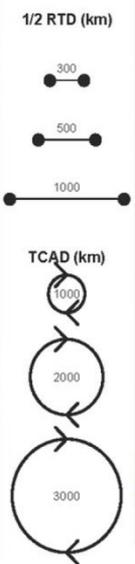
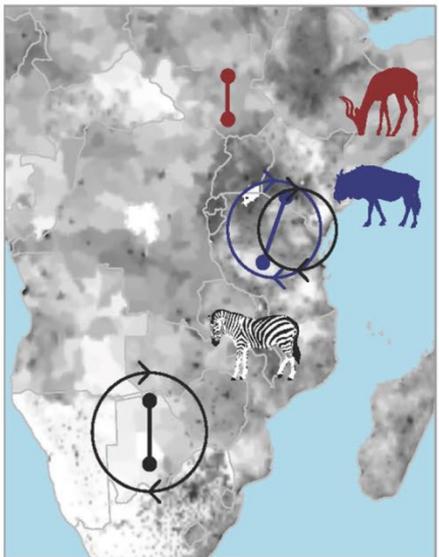
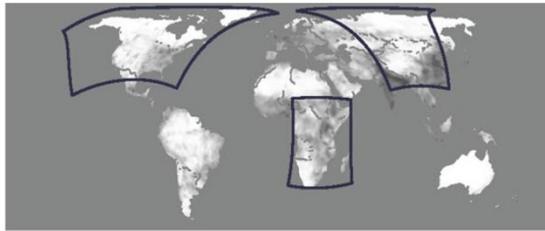
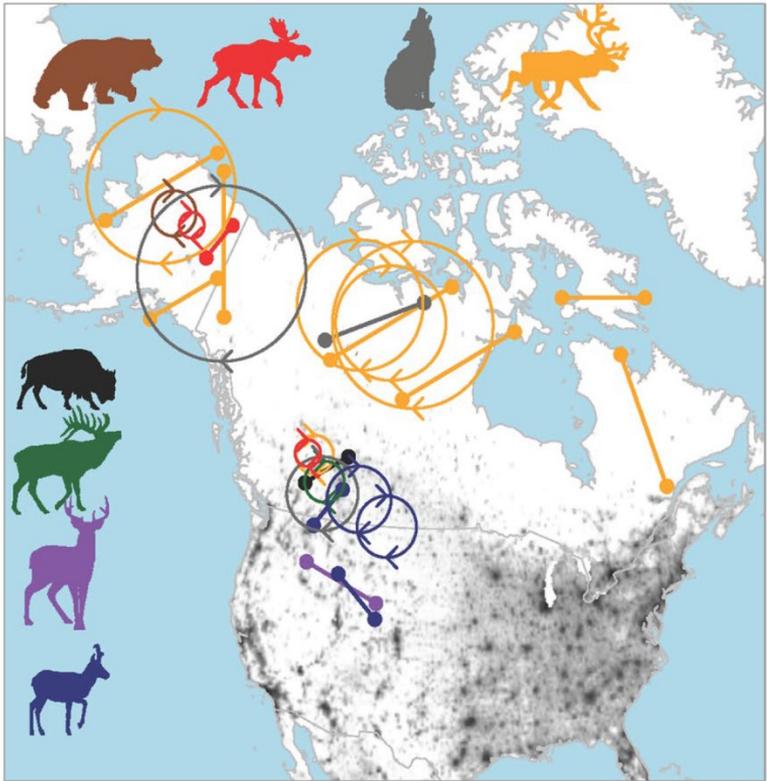


«Preemptive»

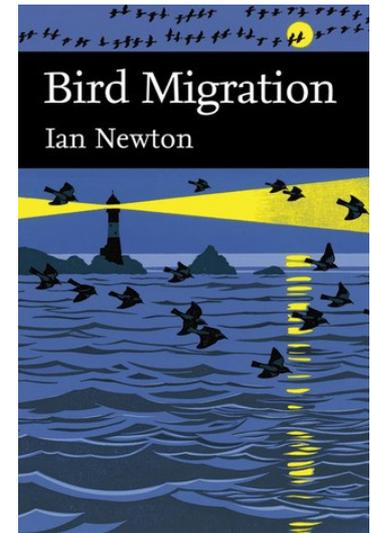
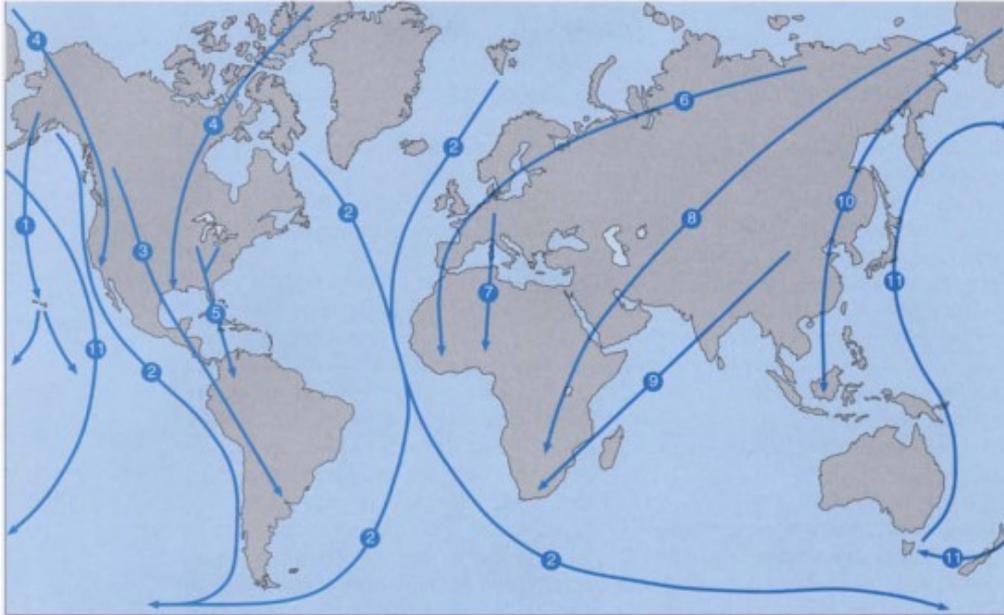
La migración es un proceso anticipado



# Longest terrestrial migrations and movements around the world



# Migración de aves

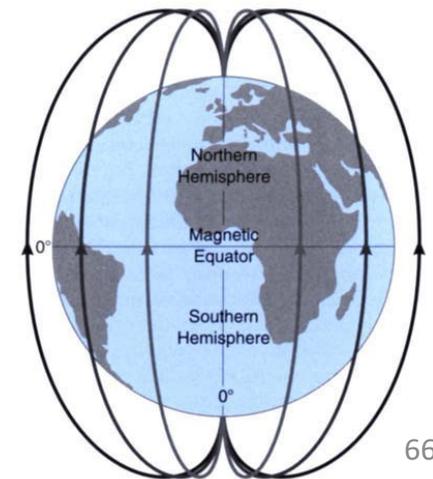
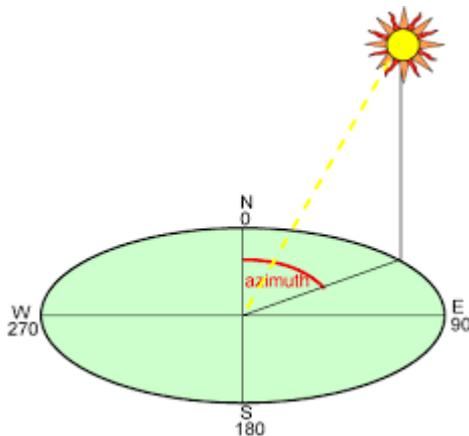


## Orientación

*El azimut solar*

*Las estrellas como brújulas*

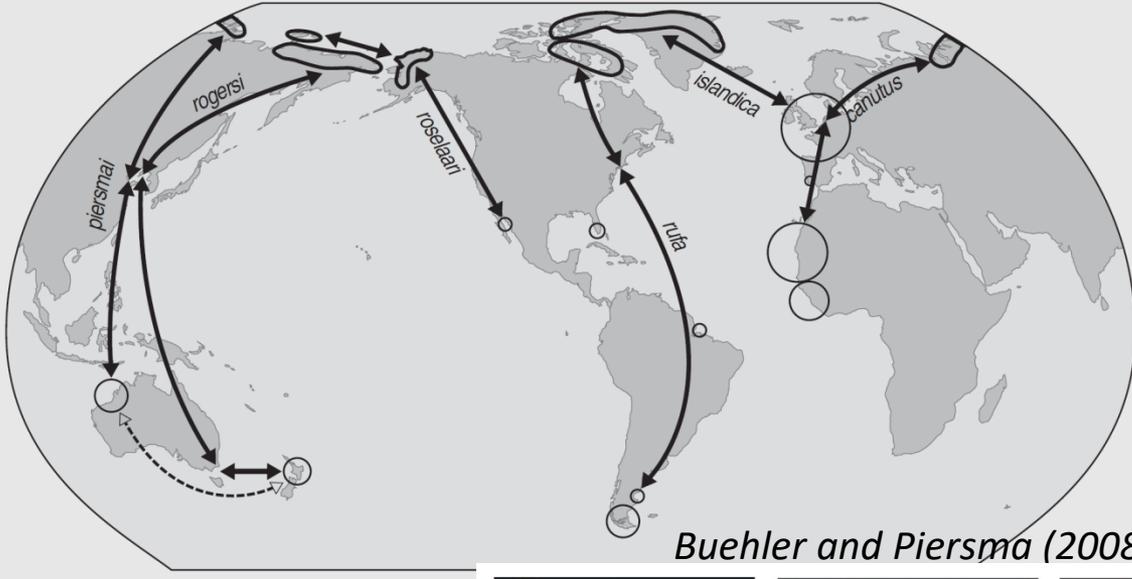
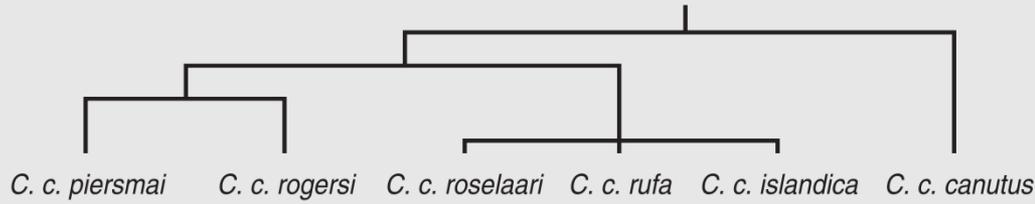
*La brújula magnética*



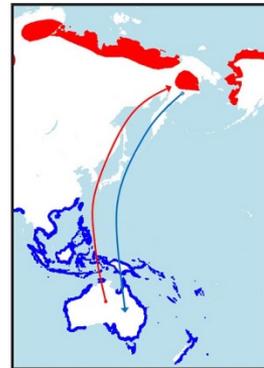
# Migración de aves

12,200km 224 hours

*Limosa lapponica*



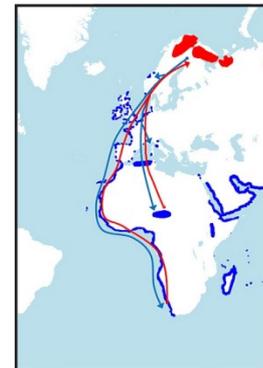
*Calidris canutus rufa*



*L. lapponica anadyrensis*



*L. lapponica baueri*



*L. lapponica lapponica*



*L. lapponica menzbieri*

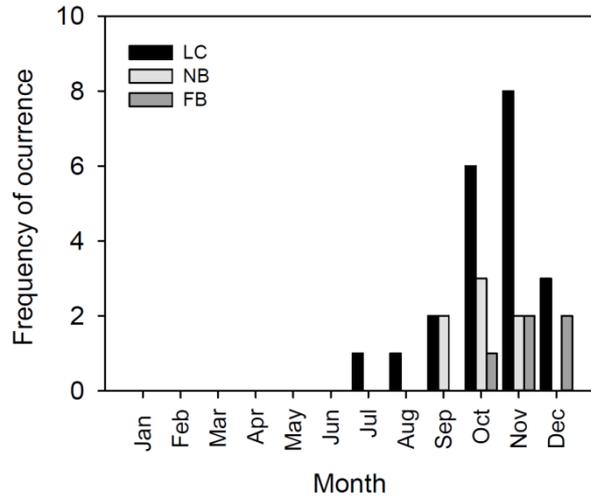


*L. lapponica taymyrensis*

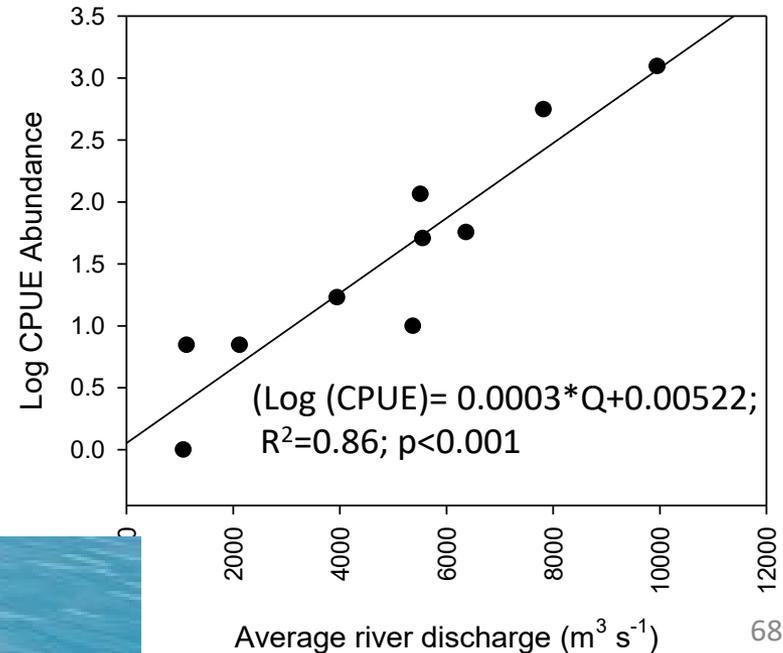
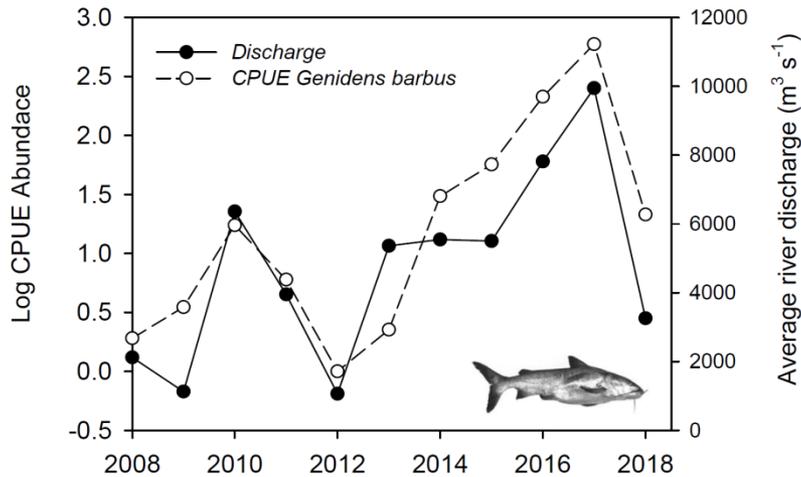
→ Ruta migratoria prenupcial

→ Ruta migratoria postnupcial

# Río de la Plata voyagers: deciphering the migration ecology of a vulnerable marine catfish (*Genidens barbatus*) in a large subtropical river (Lower Uruguay River)



*Genidens barbatus*



# Estados Unidos expande el muro fronterizo pese a la pandemia, poniendo en peligro a jaguares y otros animales

Mientras el resto del mundo se centra en el coronavirus, el gobierno estadounidense se prepara para construir más de 280 kilómetros de muro nuevo a lo largo de la frontera con México.

MARTES, 31 DE MARZO DE 2020 | POR DOUGLAS MAIN | FOTOGRAFÍAS DE ALEJANDRO PRIETO

**Ley de especies en peligro de extinción**



**Muro de contención vehicular**



**Muro fronterizo**

**3000 millones**



*Journal of Fish Biology* (2012) **81**, 456–478

doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03342.x, available online at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)

## **Partial migration in fishes: causes and consequences**

B. B. CHAPMAN\*†, K. HULTHÉN\*, J. BRODERSEN\*‡, P. A. NILSSON\*,  
C. SKOV§, L.-A. HANSSON\* AND C. BRÖNMARK\*



# Magnetosensation

Nathan F. Putman<sup>1</sup> 

### REVIEW AND SYNTHESES

## Impacts of climate change on the future of biodiversity

