



Paradigma y Paradoja del ecosistema del Lago Titicaca

Eduardo Uribe

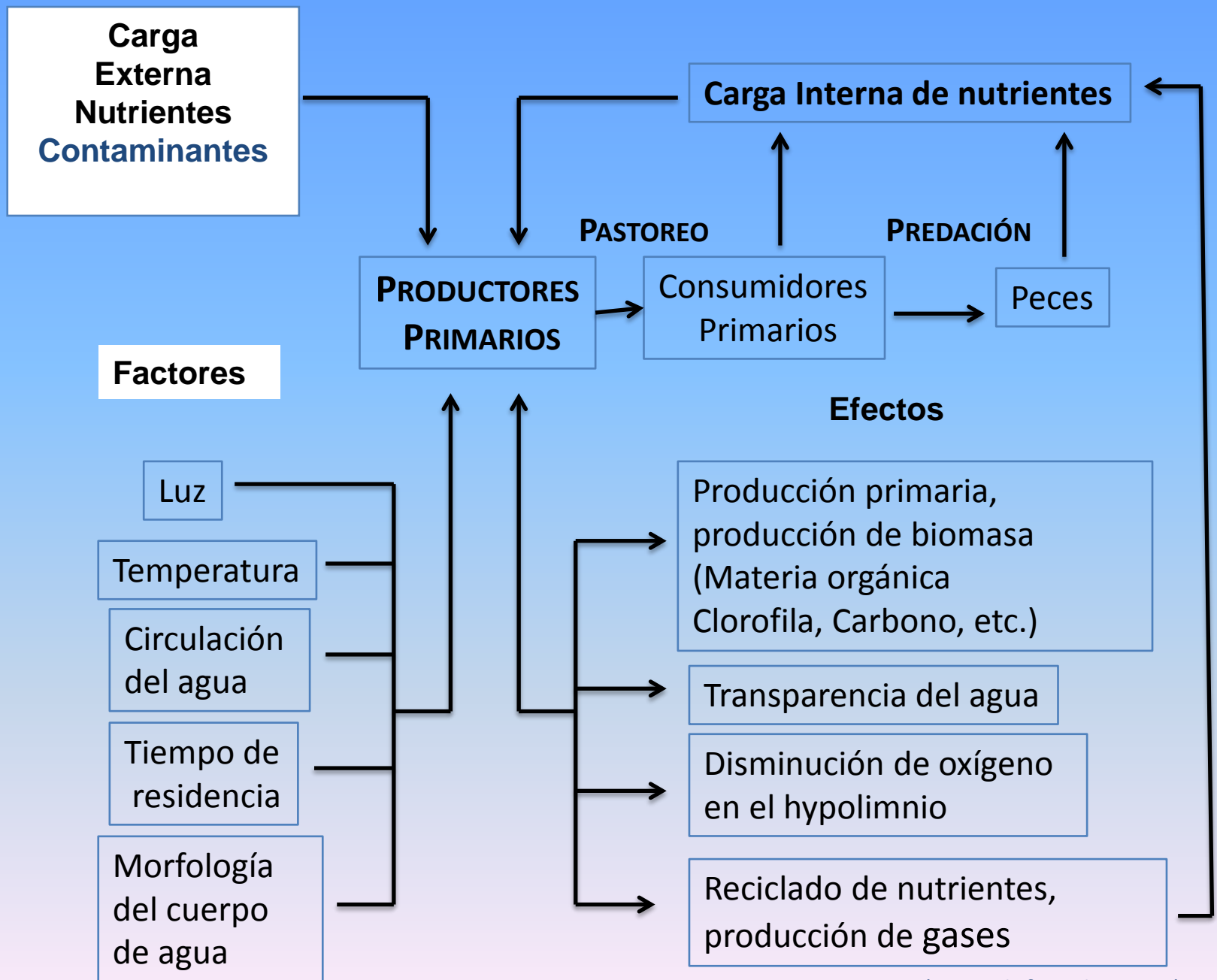
Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Católica del Norte

“El Estado del Lago Titicaca: Desafíos para una Gestión Basada en el Ecosistema”.

La mayoría de lagos y lagunas andinas son oligotróficas

La eutrofización consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de más nutrientes, y también de materia orgánica, que alteran temporalmente las condiciones de equilibrio (Margalef et. al., 1976).

La aceleración del proceso de eutrofización está relacionado directamente con el crecimiento (poblacional y económico).



(Margalef et.al., 1976)

Índice del Estado trófico de un Lago

$$\text{TSI (Disco de Secchi)} = 10 \times (2,46 + \frac{3,76 - 1,57 \ln \text{DS}^*}{\ln 2,5})$$

Aizaki *ET AL* (1981) a la propuesta por Carlson (1977).

Oligotrófico

Mesotrófico

Eutrófico

Hipereutrófico

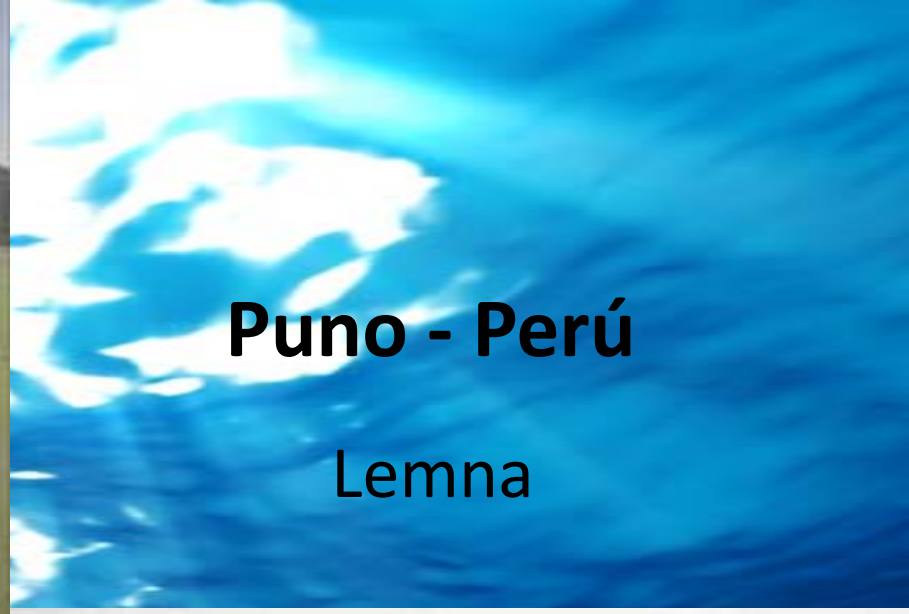
| TSI | Disco de Secchi (m) | Fósforo en superficie (mg/m ³) | Clorofila en superficie (mg/m ³) |
|-----|------------------------|--|---|
| 0 | 64 | 0.75 | 0.04 |
| 10 | 32 | 1.5 | 0.12 |
| 20 | 16 | 3 | 0.34 |
| 30 | 8 | 6 | 0.94 |
| 40 | 4 | 12 | 2.6 |
| 50 | 2 | 24 | 6.4 |
| 60 | 1 | 48 | 20 |
| 70 | 0.5 | 96 | 56 |
| 80 | 0.25 | 192 | 154 |
| 90 | 0.12 | 384 | 427 |
| 100 | 0.062 | 768 | 1183 |

Caracterización de la eutroficación por los productores primarios

| | Grado de eutrofía | Clorofila (mg/m³) | Prof. Secchi (m) | P (mg/m³) |
|-----------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|
| Nanoflagelados | Ultraoligotrófico | < 1 | > 12 | < 4 |
| Diatomeas | Oligotrófico | 1-2,5 | 12-6 | 4-10 |
| Cloroficeas | Mesotrófico | 2,5-7,9 | 6-3 | 10-35 |
| Cianobacterias | Eutrófico | 8-25 | 3-1,5 | 35-100 |
| | Hipereutrófico | > 25 | < 1,5 | > 100 |

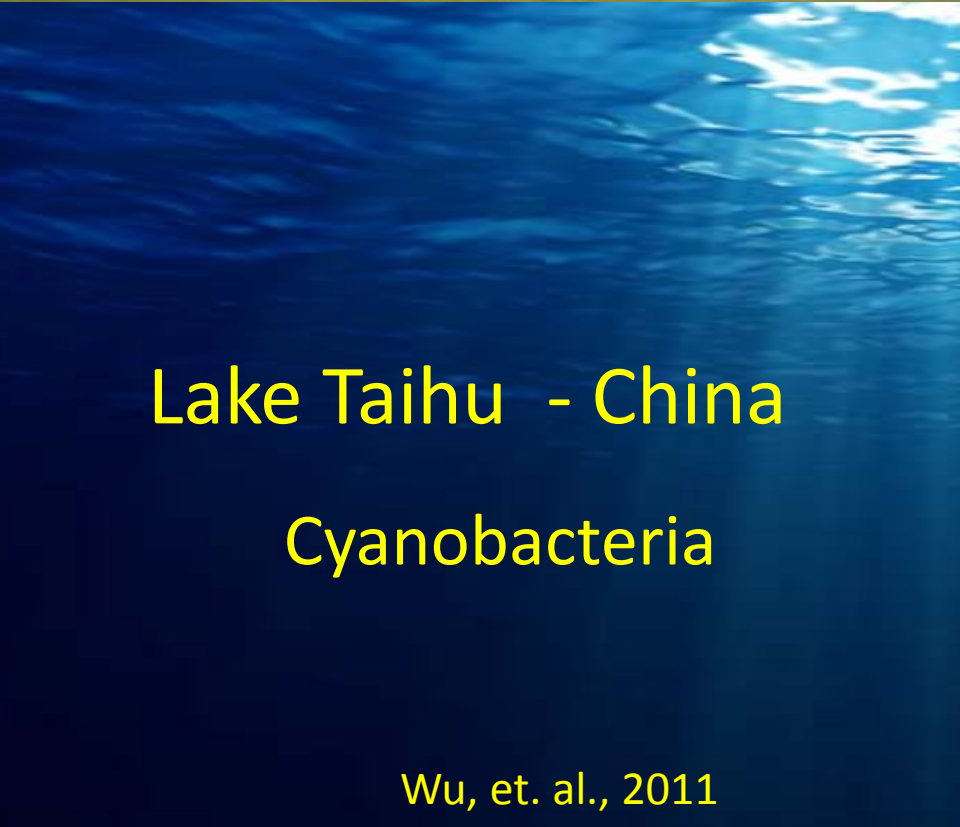


(El Comercio / Archivo)



Puno - Perú

Lemna



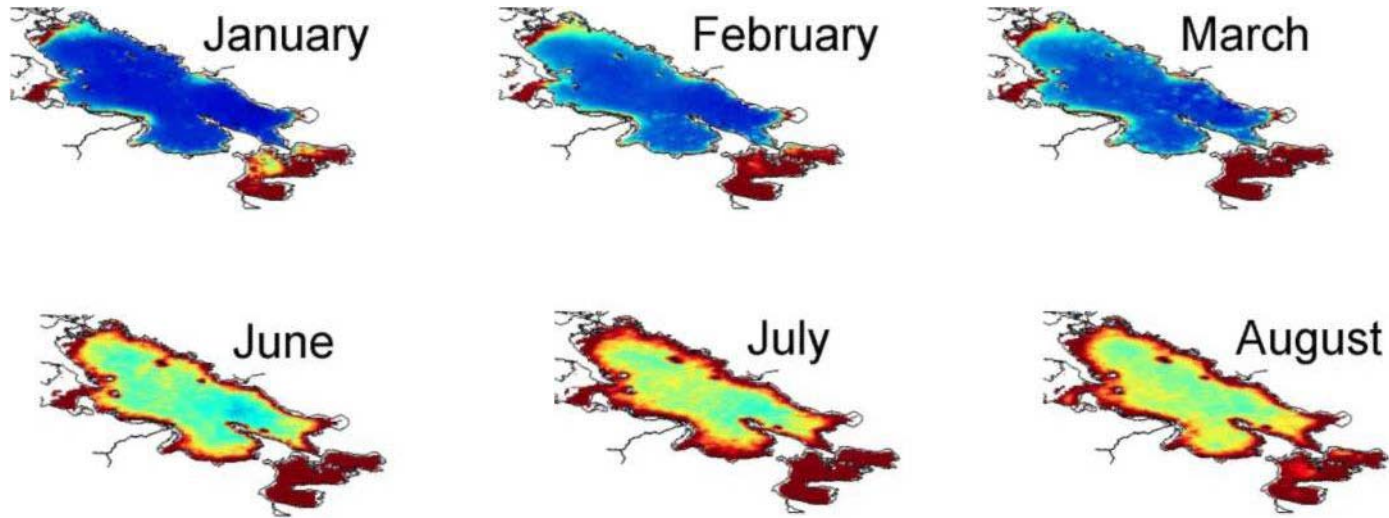
Lake Taihu - China

Cyanobacteria

Wu, et. al., 2011



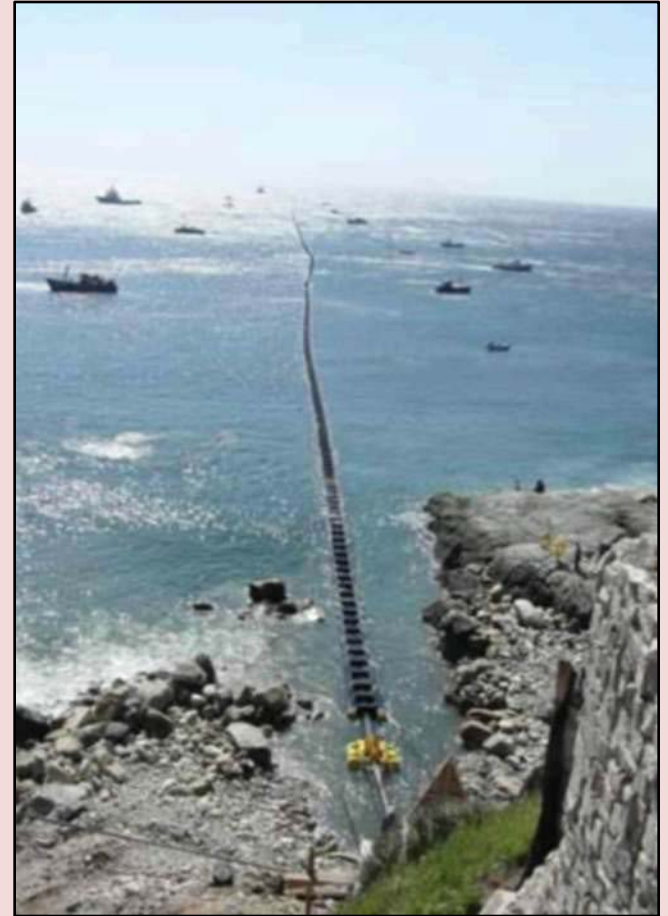
Distribución de Clorofila superficial en el Lago Titicaca



Copacabana



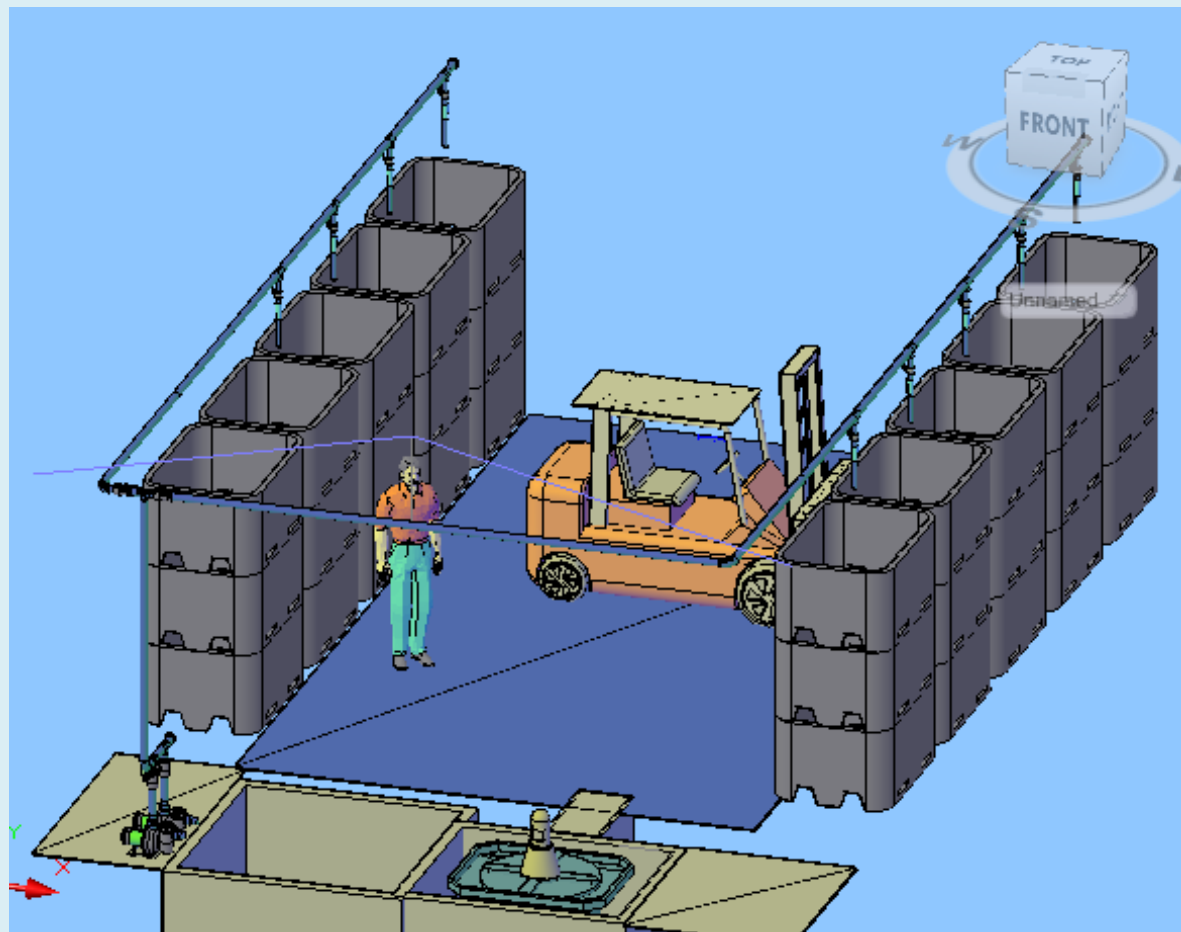
HDPE Outfall Installation Quintero, Chile



Georgia Environmental

Fluid Mechanics

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE DEPURACION



Puchokollo Treatment Plant Expansion: USAID

El Alto, Viacha and Laja



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo – PTARPB-

Dos series de lagunas (II y III), cada una con seis, la laguna 1 es anaeróbica, la 2, 3, 4 y 5 son facultativas y la 6 es aeróbica.

En las primeras lagunas de ambas series se produce la mayor cantidad de gases de CH₄ y CO₂ principales causantes del efecto invernadero.

Rarra , Apaza y Agramont . 2010



Tratamiento de aguas servidas
Producción de gas
Producción de biodiesel?

Planta Tratamiento La Farfana

Depura 9 m³/s , app. 60%, de las aguas servidas de Santiago (6 plantas más grandes del mundo).

- Proceso tratamiento de aguas servidas: descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) generando Biogás.

- **Producción biogas: 30 -40 MMm³/año**

- **Biogas:**

- **CH₄: 63%**

- **CO₂: 35%**

IMPACTOS BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS EN EL CULTIVO DE PECES



de Héctor Flores





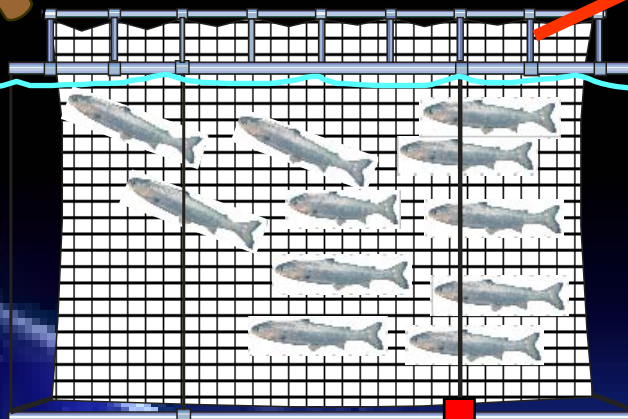
2500 ton Alimento
(41 ton P, 200 ton N)



SMOLTS = 2000 ton



P= 9,6 Ton, N= 80 ton



N= 120 ton

60% N disuelto

P= 28 ton

30% P disuelto

70% Particulado

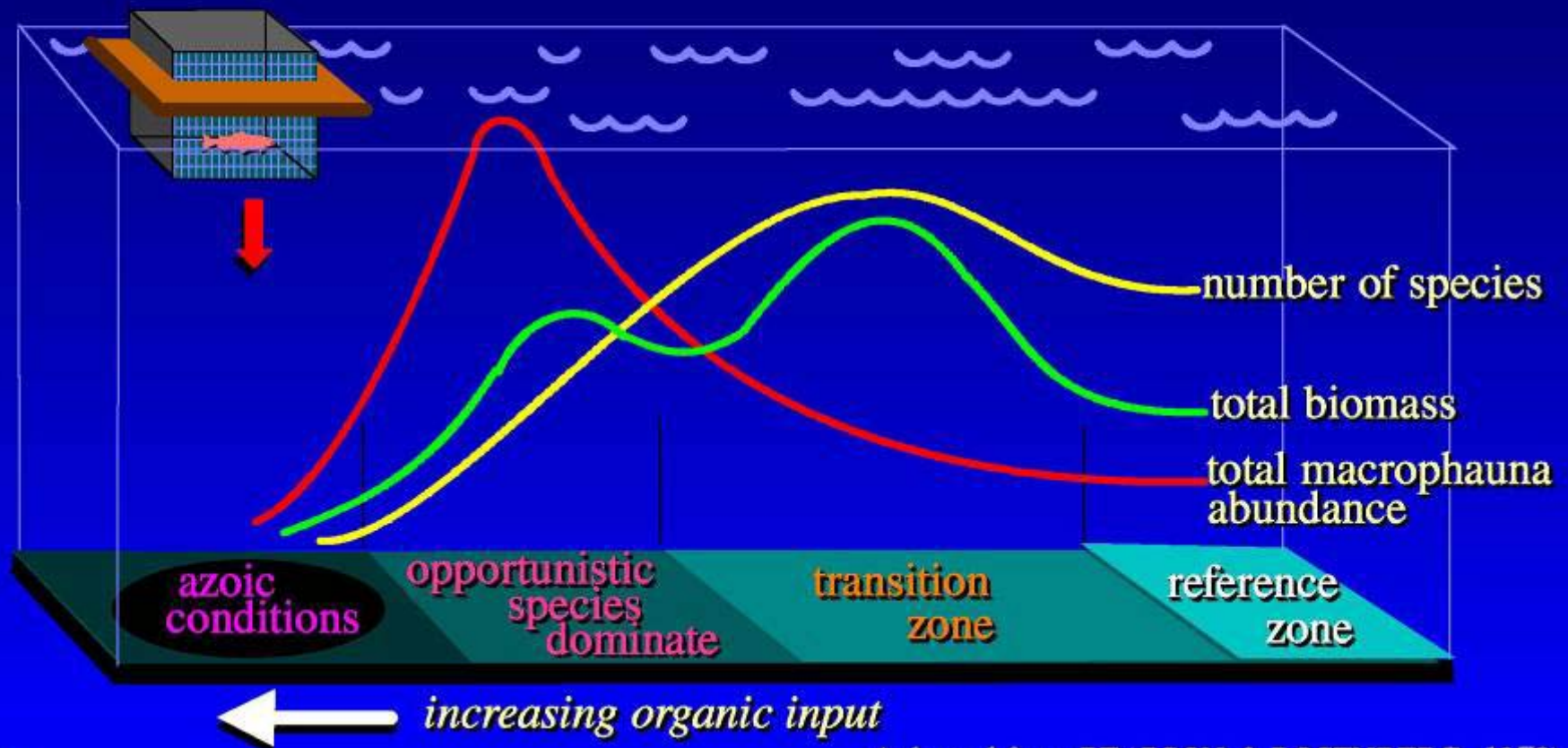
40% N particulado

FONDO BENTOS

de Héctor Flores

Benthic fauna

and increasing organic input



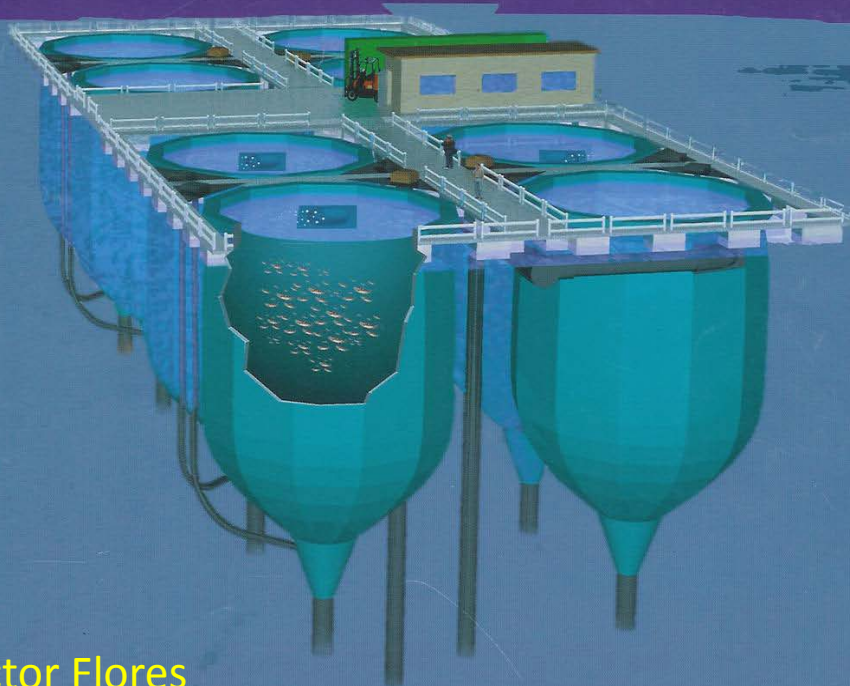
Tecnología para capturar materia orgánica

FUTURE SEA Technologies Inc.

presents

The SEA System™

SUSTAINED
ENVIRONMENT
AQUACULTURE



The *SEA System*™ has been developed by fish farmers for fish farmers to create a controlled culture environment for optimal fish production by:

- regulating water flow
- controlling water quality
- providing predator protection
- eliminating toxic algae
- reducing disease
- minimizing escapement

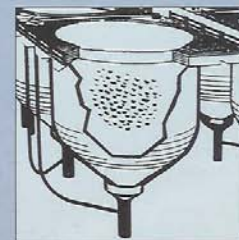
The *SEA System*™ is Cost Effective Sustainable Aquaculture with:

- waste management capability
- environmental compatibility
- highly efficient pumping
- isolated culture



The *SEA System*™ provides Improved Production including:

- better feed conversion
- increased growth rate
- higher culture densities
- superior flesh quality
- reduced production costs



Descarga de aguas servidas al Lago Titicaca

Ciudades
N° 18

Población
1,448.645

m3/día
78.381

(CENSO 2005 – INEI)



El Proyecto – PELT (1999)

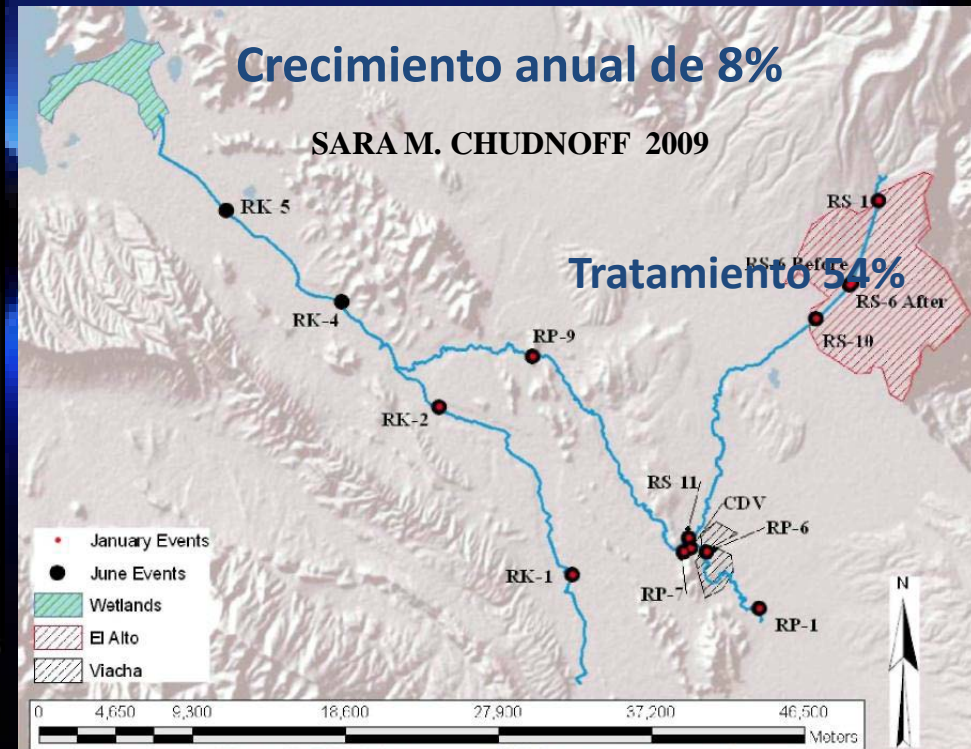
contaminación del Lago Titicaca

Río Ramis muestras de agua de
elementos pesados: concentraciones:
As = 12.54 mg/l; Cd = <0.24 mg/l; Cr
= 5.41mg/l; Ni = 2.61 mg/l; Pb = 0.99
mg/l; Hg = 0.51 mg/l; **los cuales
superan los límites permisibles**

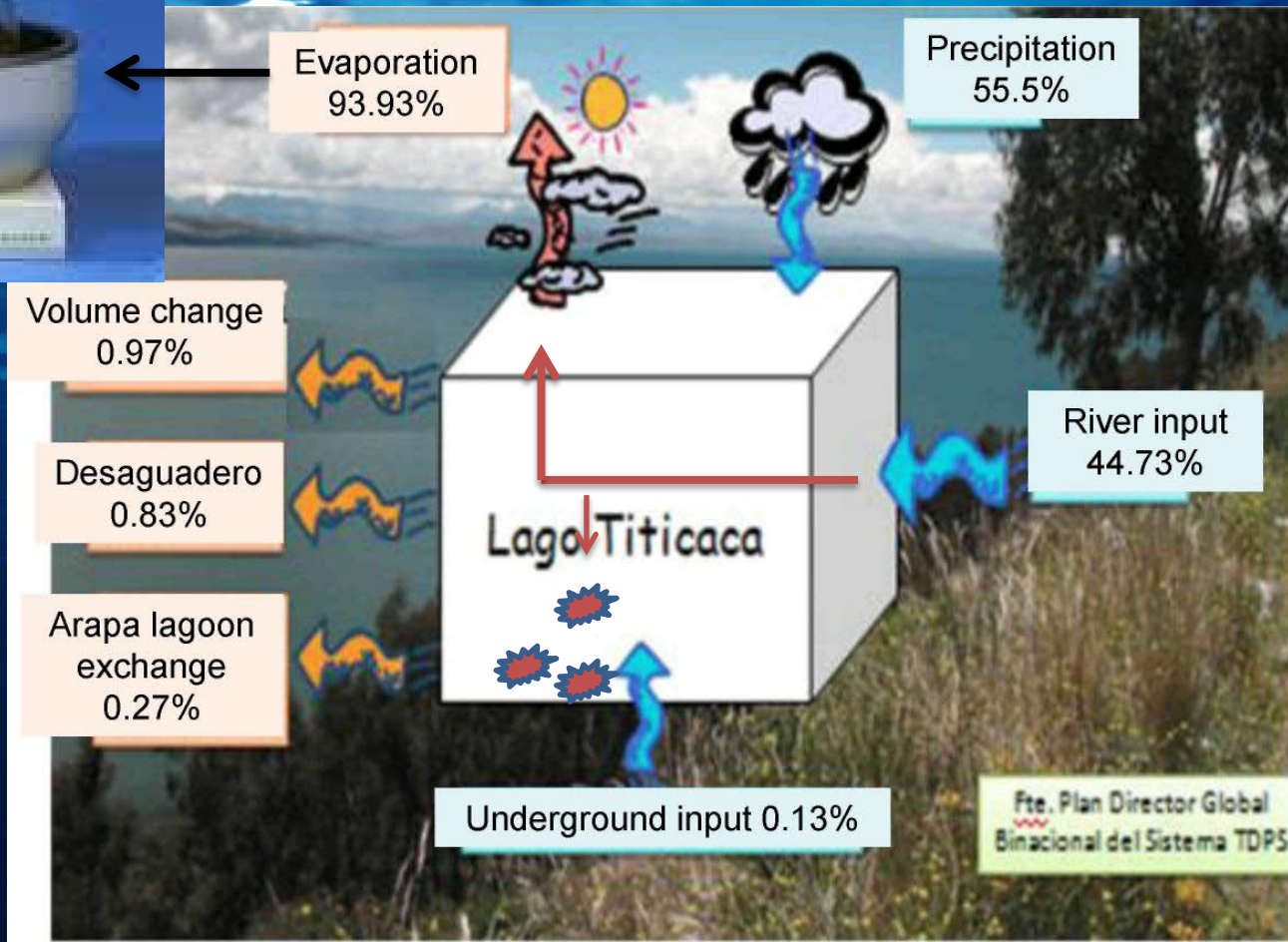


34 focos de aguas contaminadas al lago
 29 provienen de Puno, Juliaca y pueblos
 5 son generados por la actividad minera

Lago Titicaca necesita con
 urgencia seis plantas para
 reducir su contaminación
 (prensa)



Concentración de los elementos contaminantes



A. Pejerrey

$$\text{fish Hg (ppm)} = 2.29\text{e-}06x^2 + 5.31\text{e-}05x$$
$$R^2 = 0.55$$

EPA guideline, 0.30 ppm

B. Carachi

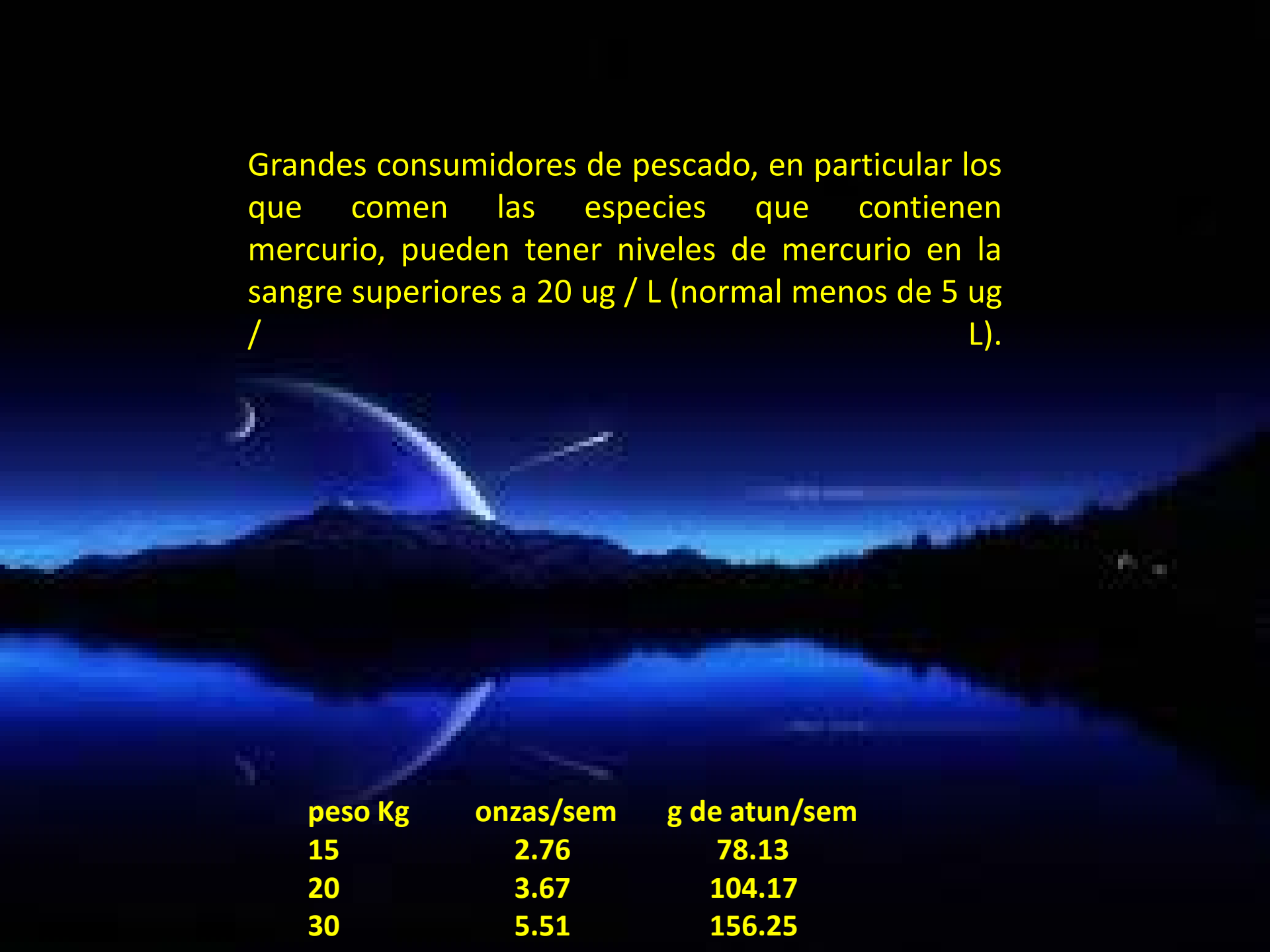
$$\text{fish Hg (ppm)} = 3.67\text{E-}05x^2 - 2.89\text{E-}03x$$
$$R^2 = 0.52$$

EPA guideline

Debido a la alta carga de nutrientes de la agricultura y de la población, es probable que el agua del fondo en partes del lago Titicaca es anóxica, lo que favorecería la metilación y la bioacumulación de Hg posteriores a los peces (Mason et al, 1993; Slotton et al, 1995a, b;.. Boudou et al, 2005). El pejerrey y carachi son un alimento importante para los residentes locales.

La pregunta es; cuantos gramos come un niño o un adulto a la semana?

Grandes consumidores de pescado, en particular los que comen las especies que contienen mercurio, pueden tener niveles de mercurio en la sangre superiores a 20 ug / L (normal menos de 5 ug / L).



| peso Kg | onzas/sem | g de atun/sem |
|---------|-----------|---------------|
| 15 | 2.76 | 78.13 |
| 20 | 3.67 | 104.17 |
| 30 | 5.51 | 156.25 |

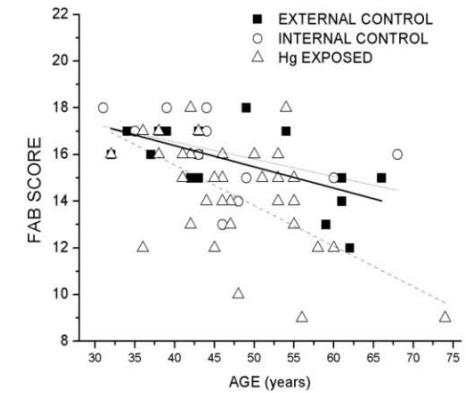
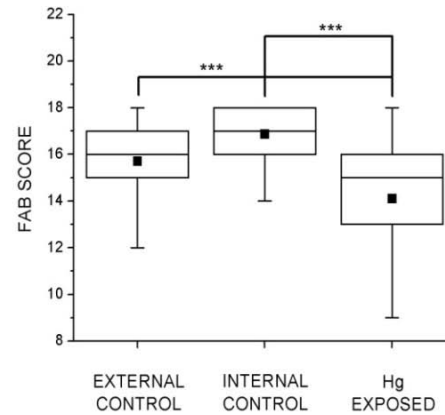
| POCO MERCURIO <i>Consumir sin límite</i> | MODERADO MERCURIO <i>Consuma seis veces o menos al mes:</i> | ALTO MERCURIO <i>Consuma tres veces o menos al mes:</i> | PELIGRO: MERCURIO MUY ALTO <i>Evite comer:</i> |
|--|--|---|---|
| Anchoas Pez Mantequilla Bagre Almeja Cangrejo (EEUU) Cangrejo de río Gurrubata Rodaballo* Abadejo (del Atlántico)* Merluza Arenque Caballa (Atlántico Norte, Chub) Mújol Ostra Percha de mar Platija Abadejo Salmón (enlatado)** Salmón (fresco)** Sardina Vieira* Sábalo Camarón* Lenguado del Pacífico Calamar (chipirón) Tilapia (mojarra) Pescado Blanco Romero | Lubina (negro, rayado) Carpa Bacalao (de Alaska) Corvinetas (Sciaenidae) Halibut (Atlántico)* Halibut (Pacífico) Jacksmelt Langosta Mahi Mahi Rape* Percha (de agua dulce) Bacalao Negro Raya* Pargo* Atún (enlatado "chunk light") Bonito* Trucha Marina (Corbina) (Pejerrey - Carachi ?) | Pez Azul Mero* Caballa (Golfo) Lubina (Chilena)* Atún (Albacora enlatada) Atún (Aleta Amarilla) (Pejerrey - Carachi ?) | Caballa Gigante Aguja* Pargo Alazán* Tiburón* Pez Espada* Blanquillo Atún (Ahí)* (Pejerrey - Carachi ?) |

Resultados

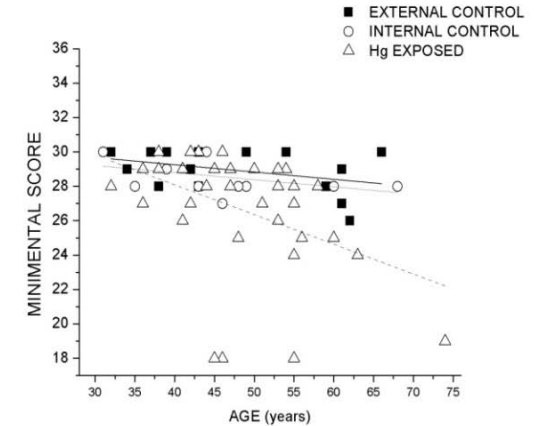
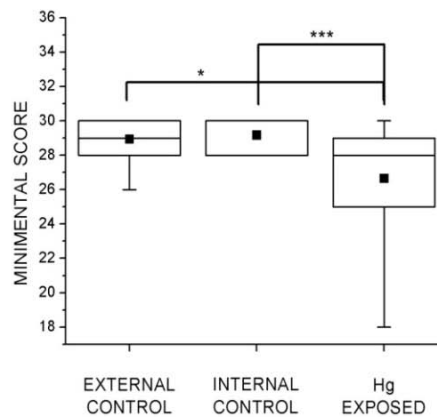
En la población expuesta a Hg

- Examen Cognitivo

A



B



Dr. Daniel Moraga Ph.D.)
Dra. Floria Pancetti, Ph.D.

■ Evolución Precio Oro en Dólar - Últimos 10 años



¿Posible Intervención

- Ajo y cilantro =



Presente en el pebre

- Espirulina



Espirulina Hau 1000

Dr. Daniel Moraga Ph.D.
Dra. Floria Pancetti, Ph.D

Facultad de Medicina - Universidad Católica del Norte

La dieta contra los Riesgos de Exposición



Genéticos
Antioxidantes
Quelantes naturales

Factores de Riesgo: Laborales
Antropogénicos y Naturales

MERCURIALISMO

Salud



Espirulina Hau 1000

Mitigación

Conceptos

Producción limpia

Buenas Prácticas en la *producción*

Monitoreo : ambiental y salud publica

Crear redes de trabajo

Formación de nuevos investigadores