

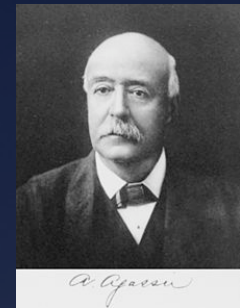
Evolución delestadolimnológico delLago Titicaca *comparando variables claves delLagoMenor en 1979 y 2011*

Xavier LAZZARO ¹&David POINT ²

¹ IRD, UMR 207 BOREA, ULRA-UMSS, Cochabamba, Bolivia, xavier.point@ird.fr

² IRD, UMR 5563 GET, LCA-UMSA, La Paz, Bolivia, david.point@ird.fr

Alcide d'Orbigny, Royal Geogr. Soc., London (1837)



Agassiz (1876), Agassiz & An (1876), Neveu Lemaire (1906), Schindler (1955) y Derkosch & Löffler (1961)

TRANSACTIONS OF THE LINNEAN SOCIETY THE PERCY SLADEN TRUST EXPEDITION TO LAKE TITICACA IN 1937 UNDER THE LEADERSHIP OF MR H. CARY GILSON

I. DESCRIPTION OF THE EXPEDITION
By H. C. GILSON, M.A., Fellow of Trinity College, Cambridge
(Zoological Laboratory, Cambridge)
(Plates I-III, Maps 1-4)
Reed 11 Nov 1939

	PAGES
I. Objects and Organisation	1
II. Previous Investigations	4
III. Geography of the Area	11
IV. Apparatus and Equipment	14
V. Hydrological Investigations	15
VI. Biological Investigations	16
VII. Bibliography	18

	MAPS
I. The Altiplano and Surrounding Country	1
II. Lake Titicaca	2
III. The Bays of Tuzana, Chikla, Uru and Concha	3
IV. Lago de Uru	4

I. OBJECTS AND ORGANISATION

The scientific interest of Lake Titicaca lies principally in two of its features. First, it is not only a tropical lake at high altitude, a type of which few examples have been investigated, but it is also by far the largest lake in the world at a comparable elevation. Secondly, it has been part of an isolated drainage system for a considerable period of geological time—probably since the Pliocene and Miocene and Anthropocene of the type locality—probably since the Pliocene and Miocene and Anthropocene of the type locality.

Previous collectors, working chiefly on the fish, molluscs and Anisopoda of the type locality, had shown that the fauna and flora of Lake Titicaca is of the type locality. From their results it was already plain that the number of genera present is not large, although some of them are already known. The fauna was practically unknown. It was therefore the object of the Percy Sladen Expedition to complete the faunal and floral lists of the lake with detailed investigation of the interrelationships of the different animals



THE LIMNOLOGY OF LAKE TITICACA (PERU-BOLIVIA), A Large, High Altitude Tropical Lake

by
Peter J. Richerson
Division of Environmental Studies
and
Institute of Ecology
University of California, Davis

Carl Widmer
Elbert Howell College
University of the Pacific
Stockton, California

Timothy Kittel
Division of Environmental Studies
and
Ecology Graduate Group
University of California, Davis
Institute of Ecology Publication #14, June, 1977

THE PERCY SLADEN EXPEDITION TO LAKE TITICACA, 1937 H. CARY GILSON

Evening Meeting of the Society, 4 April 1938

THE idea of an expedition to Lake Titicaca was put forward by representatives of the Sociedad Geográfica de Lima at that time it was not a financial possibility, but in 1936 the suggestion was brought to the notice of the Percy Sladen Trustees by Professor Stanley Gardiner, and the expedition owes its existence to their decision to finance it, and to the enormous amount of work undertaken by Professor Gardiner in making preliminary arrangements, and securing the consent and support of the Governments of Peru and Bolivia and the invaluable help of the Peruvian Corporation, who run the Peruvian railways and the steamer services on Lake Titicaca.

Abr.-Sep. 1937

Percy Sladen
expedición, liderazgo H. Cary
Gilson (1939, 1940, 1955):
observaciones, colecciones, 2
0 informes de estudios
nómicos

Ene.-Dic. 1977

Estaciones cerca Capachica
intervalo 2 semanas
21 perfiles: temperatura, Secchi,
penetración luz, físico-química
prod. primaria, fito- y zooplankton

Claude Dejoux y André Ittis
editores

EL LAGO TITICACA

Síntesis del conocimiento limnológico actual



OPESOM

HISBOL

1992

C. DEJOUX and A. ITTIS / Editors

Lake Titicaca

A Synthesis of Limnological Knowledge



Kluwer Academic Publishers

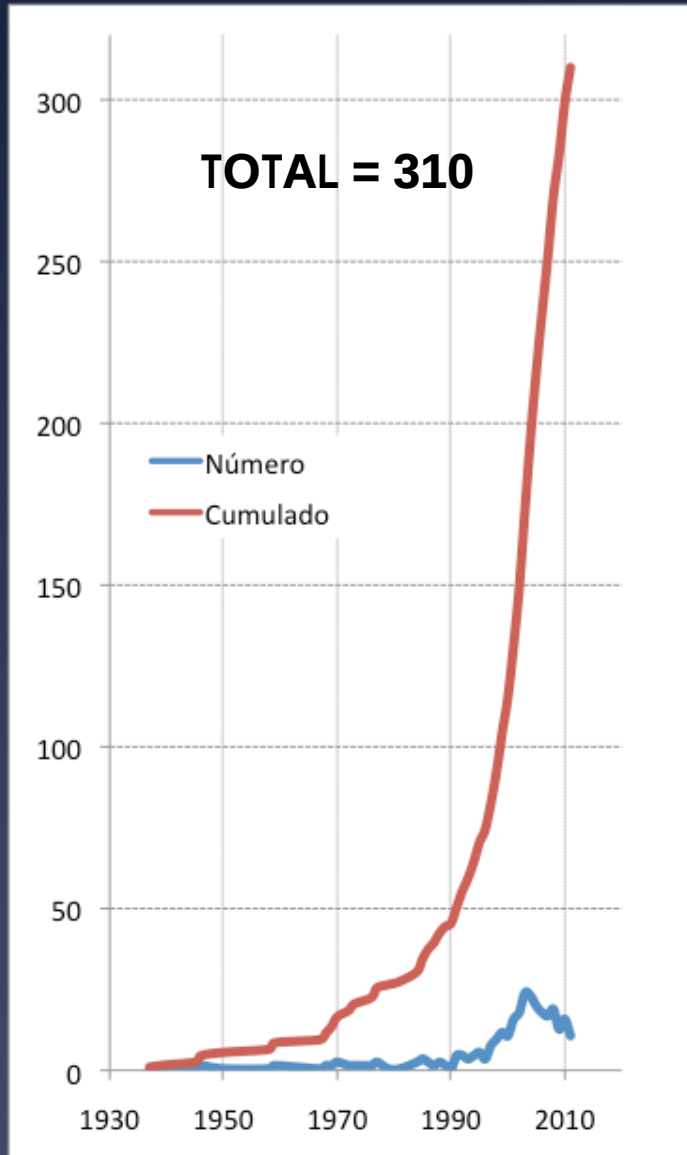
1992

Geomorfología y Sedimentación, Paleohidrología, Clima e Hidrología actual, Físico-química, Fitoplancton, Macrófitas, Zooplancton, Fauna béntica, Ictiofauna, Batracios, Ofidíes, Avifauna, Etnología y Socio-economía, Potencial hidrológico, Potencial ictiológico, Contaminación

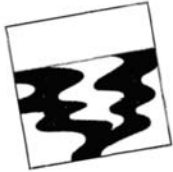
Publicaciones sobre el Lago Titicaca en el Web of Science



apps.isiknowledge.com/



Áreas	No.	Sub-áreas
Paleoclima	62	sedimentación,
Limnología	20	Algas, UV, totora, ostracoda, oligo cheta
Archeología	18	Etnoarqueología, Etnohistoria, Archeología, Sociedad, Cultura
Agricultura	14	papas, totora, <i>Polylepis</i>
Peces	13	Orestias, contaminación por mercurio
Invasión biológica, nuevas especies	7	<i>Hyalella</i>, gastropodas, <i>Daphnia</i>
Geología	4	
Modelos de cambio climático	4	taza de evaporación
Rana	3	<i>Telmatobius</i>
Meteoritas	3	
Polución de minas	3	
Paleolimnología	2	
Aves	2	
Bofedales	2	
Cambio de paisaje	2	
Gestión de aguas	1	
Salud	1	
Total	161	



Biomasses, peuplements phytoplanctoniques et production primaire du lac Titicaca⁽¹⁾

Xavier LAZZARO*

RÉSUMÉ

Le Titicaca comprend deux entités: le Grand Lac et le Petit Lac. Ce dernier est l'objet de notre étude. Peu profond (9 m en moyenne) et bien que situé sous une latitude tropicale (16° S), il est caractérisé par la fraîcheur de ses eaux (10 à 14° C en surface), conséquence de son altitude élevée (3808 m). La faible stratification thermique (env. 2° C d'amplitude maximale) qui se développe au cours du jour dans les premiers mètres est détruite par l'action conjointe du refroidissement nocturne et du régime de brises solaires. Cette caractéristique fait du Petit Lac un lac polymictique chaud. La fosse de Ch'ao, zone la plus profonde du Petit Lac (42 m de profondeur) s'en distingue par l'alternance d'une thermocline estivale de faible amplitude (différence d'environ 3° C entre la surface et le fond) et d'une circulation complète hivernale. De type monomictique chaud, tout comme le Grand Lac, elle constitue un milieu intermédiaire.

Revue d'Hydrobiologie tropicale (1981) 14: 349-380

- 23 -

Ecología en Bolivia Nº 7, Octubre 1985, 23-63

POBLACIONES, BIOMASAS Y PRODUCCIONES FITOPLANC-
TONICAS DEL LAGO TITICACA

por Xavier Lazzaro
Convenio UMSA-ORSTOM, La Paz

1. Presentación del medio

Situado a 3808 metros s.n.m. en el altiplano andino peruano-boliviano, con 16° de latitud sur, el lago Titicaca está formado por el Lago Menor y el Lago Mayor, que se comunican por el Estrecho de Tiquina. El Lago Menor (1428 km²), llamado también Huñaimarca en lengua Aymara, sólo representa el 16,6% de la superficie total del lago Titicaca que es de 8559 km², y su volumen (12,36.109 m³) es sólo el 1,4% del volumen total (883,5.109 m³) (BOULANGE & AQUÍZE 1981).

Feb. 1979 - Mayo 1980

Landsat intervalo 18 días

Físico-química:

- Temp.
- DO, %DO
- PO₄, NO₃, pH
- Turbidez-Secchi
- Luz PAR
- Zona eufótica

Fitoplancton:

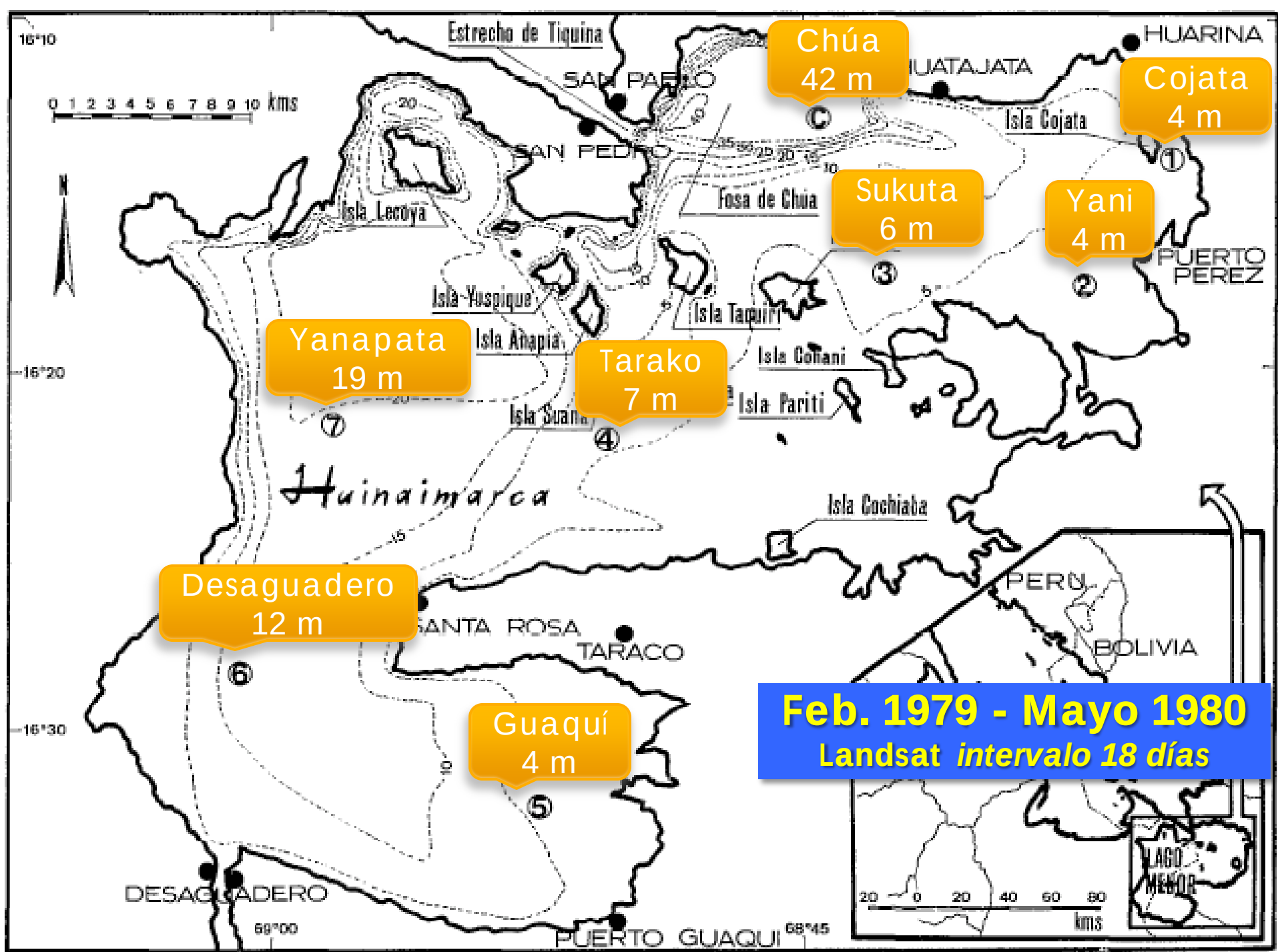
- Clorofila
- Conteos
- Biovolumenes
- Biomasa Carbono
- Prod. primaria C¹⁴

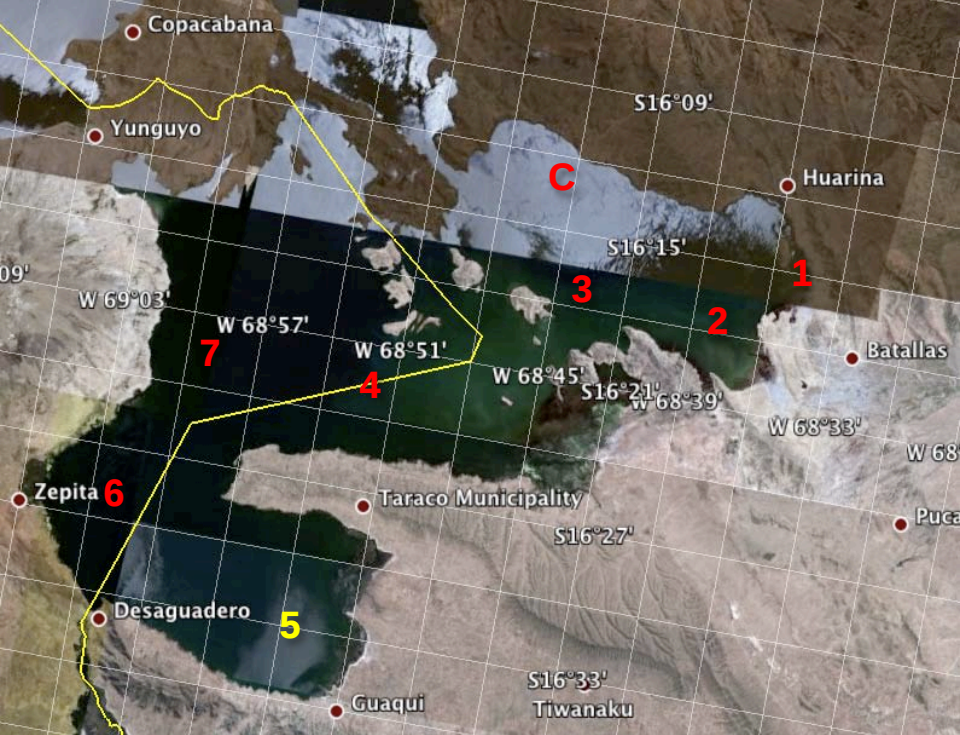


Instituto de Investigaciones Químicas



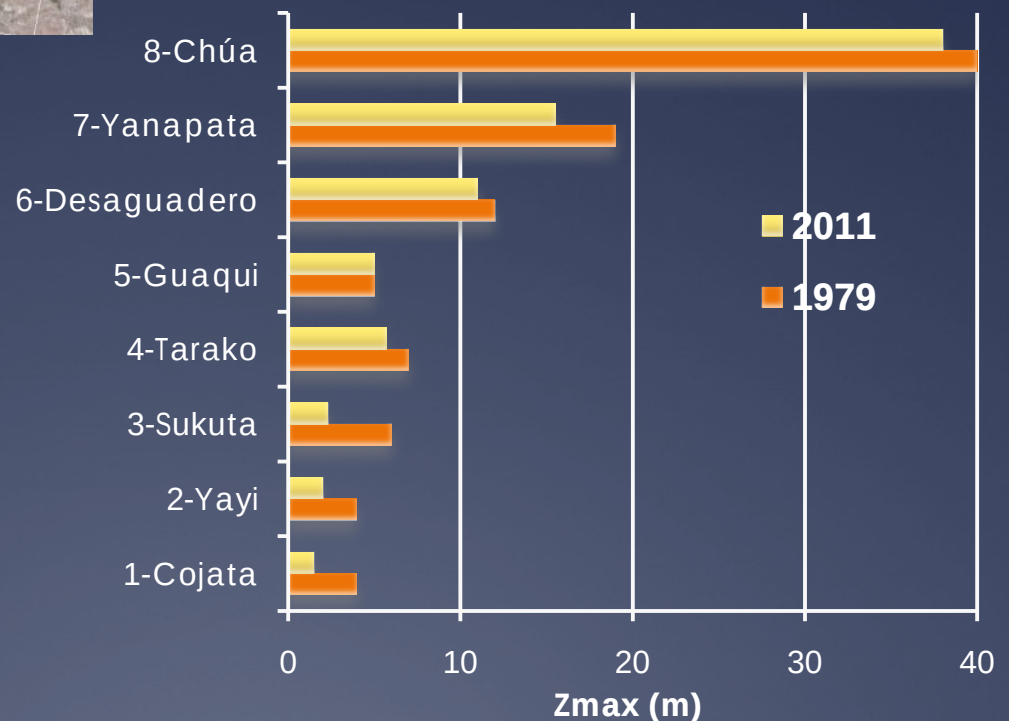
Lic. Carlos Arze & Lic. Jorge Quintanilla



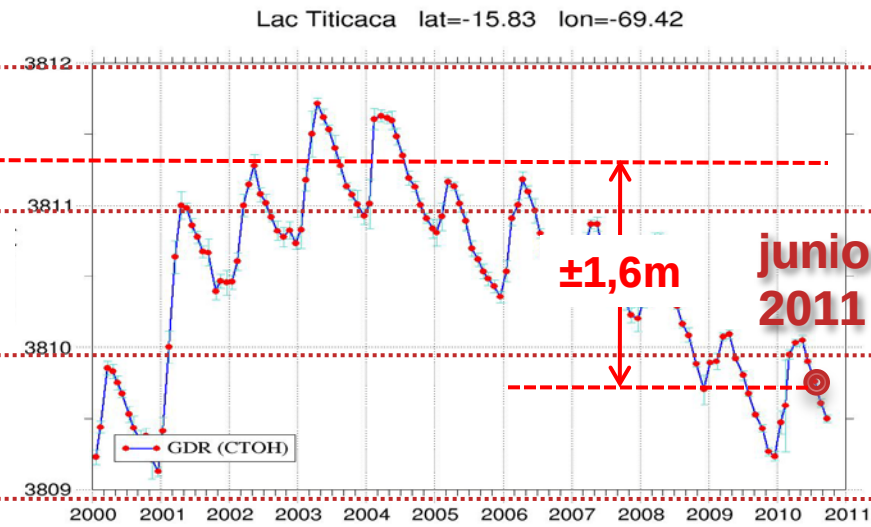
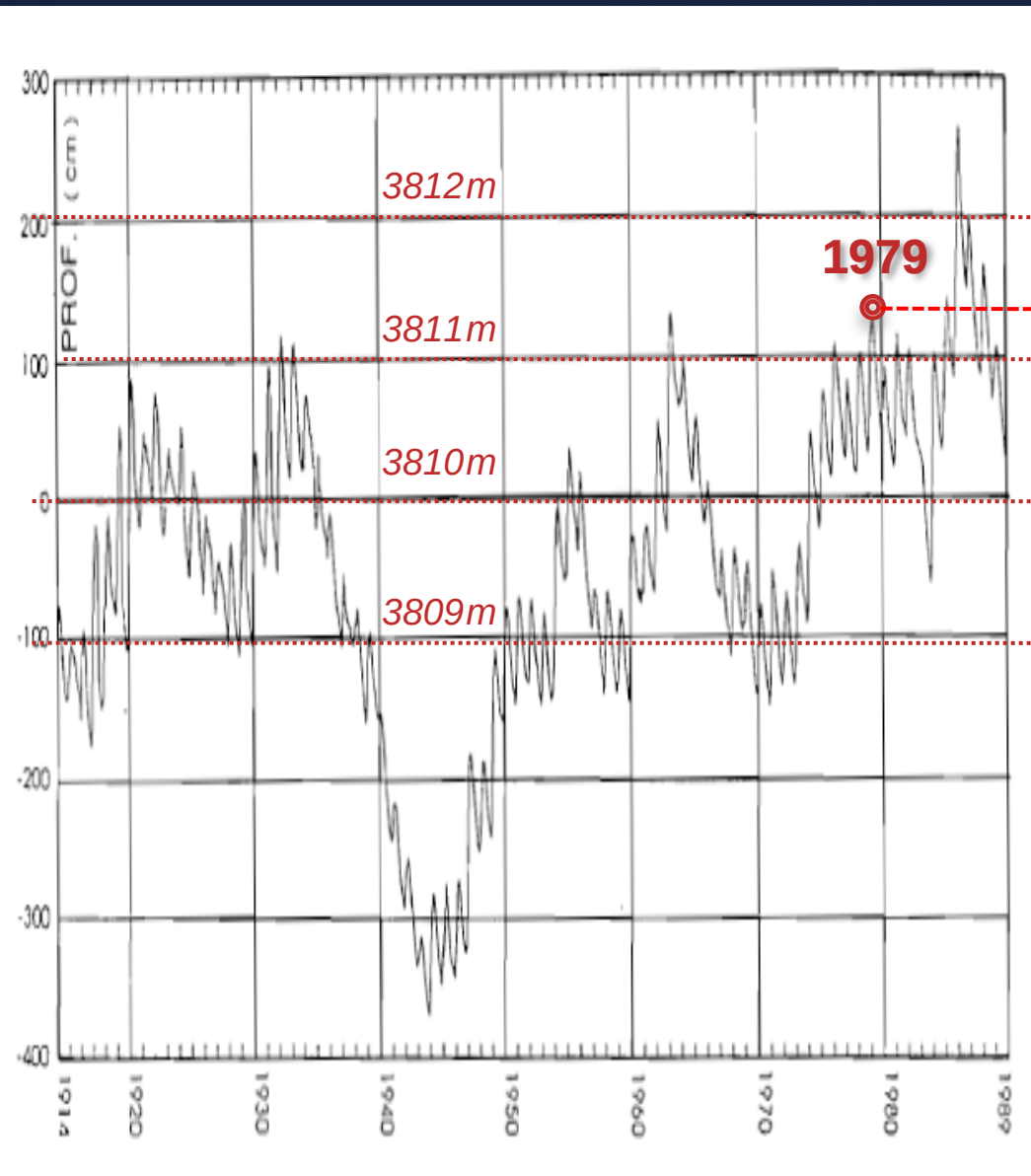


Profundidades de las estaciones

Diferencia media
-2,0 ± 0,4 m



Variaciones temporales del nivel de agua



Fuente: Landsat, CBERS, LEGOS, CNES (Créaux et al. 2008)
www.legos.obs-mip.fr/soa/hydrologie/hydroweb/Objets.html

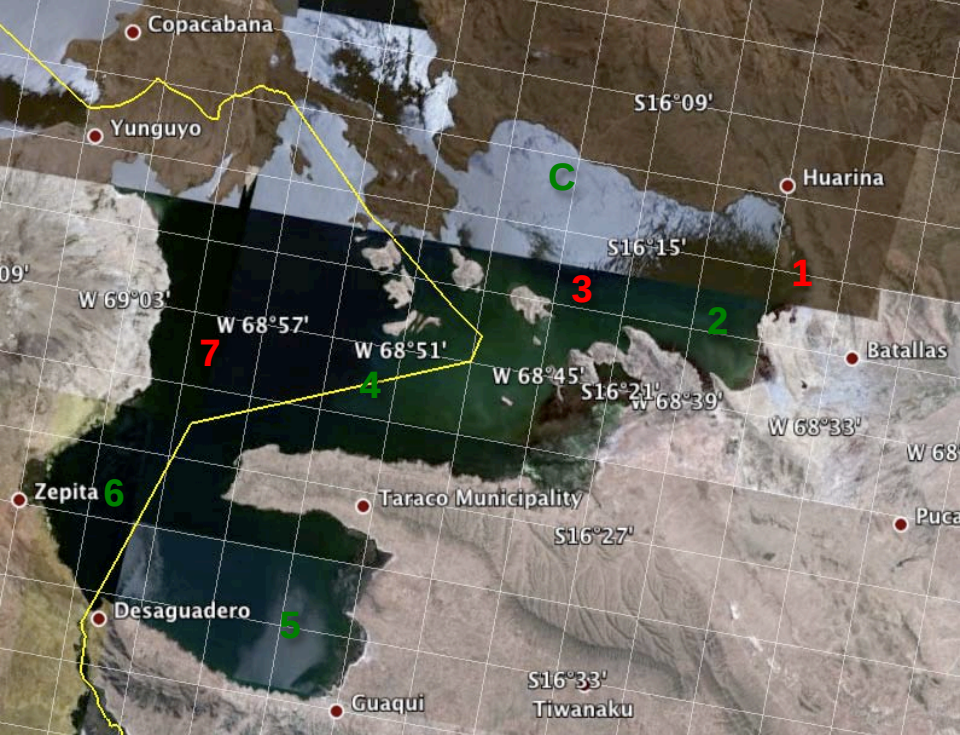
Peruvian Times, 13 nov. 2009:

"...el nivel del agua ha bajado de 81 cm en apenas 7 meses... (ALT)"

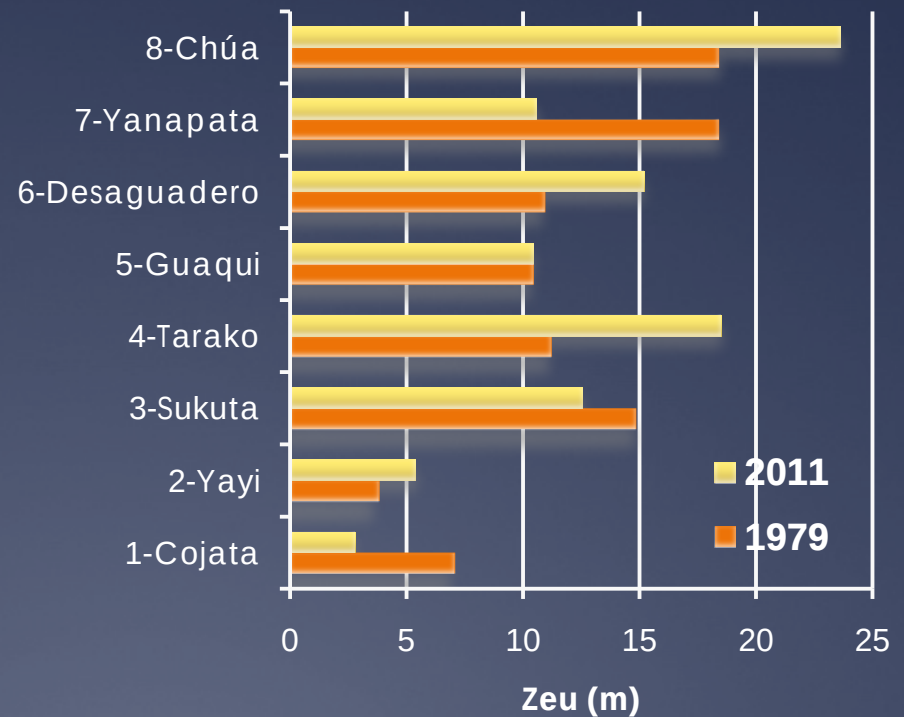
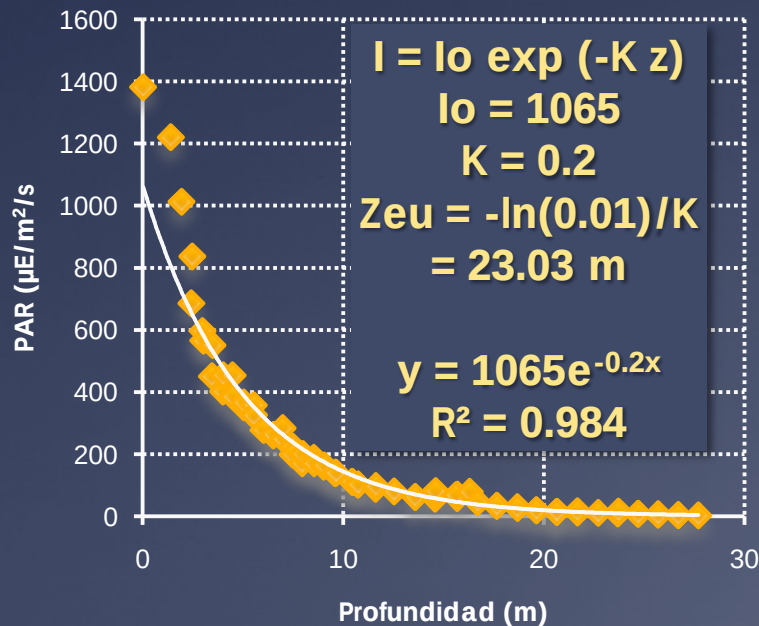
SENAMHI-PE, 11 marzo 2011:

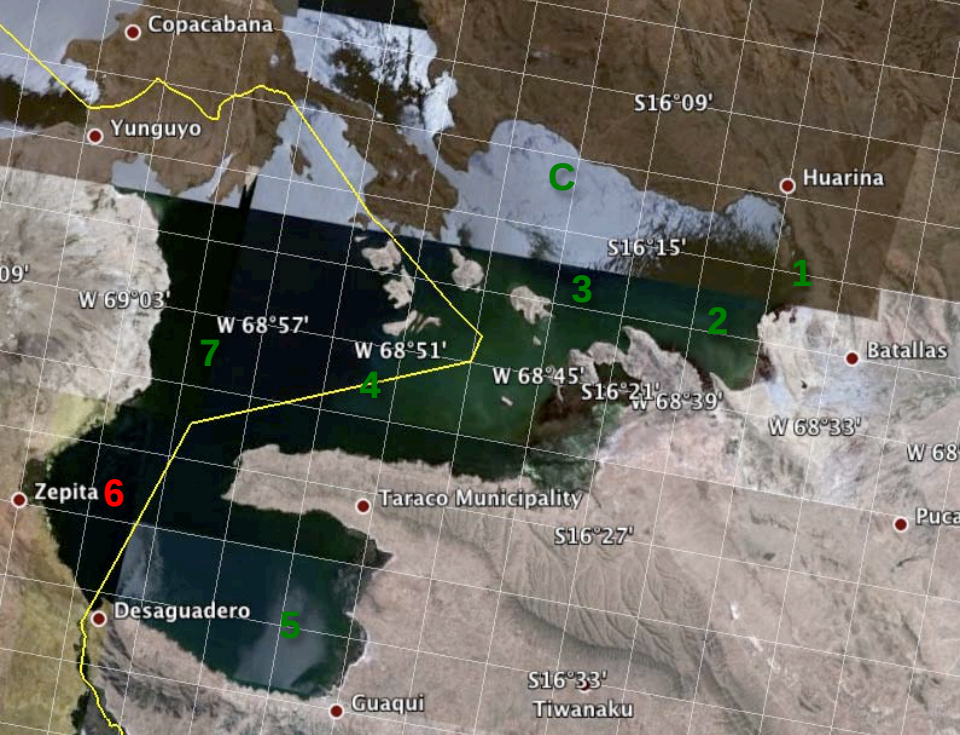
"...entre 2009 y 2010 ha caído mas el nivel del agua, en 2011 se mantendrá debajo de lo normal... entre 1914 y 2011 el nivel promedio ha variado en 3.809,00 y 3.809,94 msnm..."

Profundidad de la zona eufótica



Diferencia media
+0,5 ± 1,8 m
+7 ± 16 %

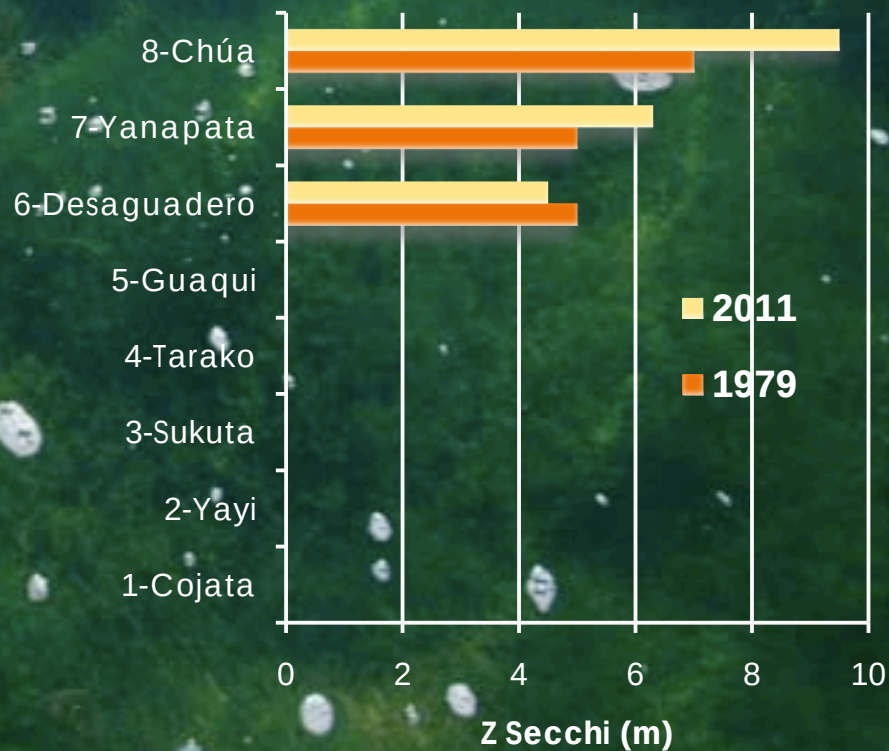


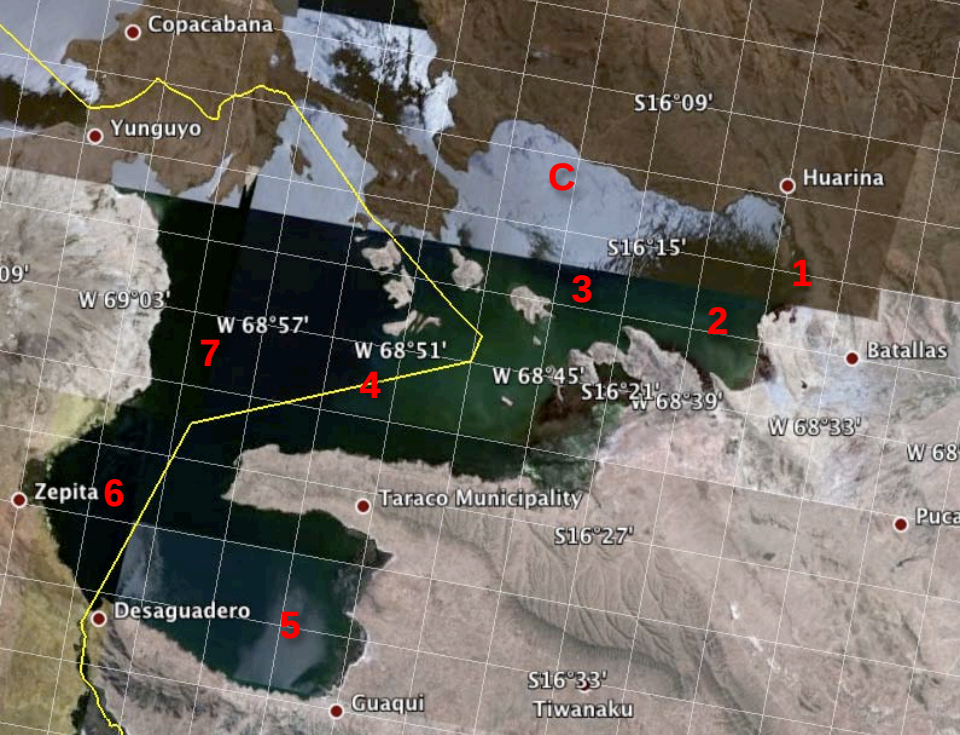


Transparencia: *profundidad de desaparición del disco de Secchi*



Diferencia media
+1,1 ± 0,9 m
+17 ± 14 %

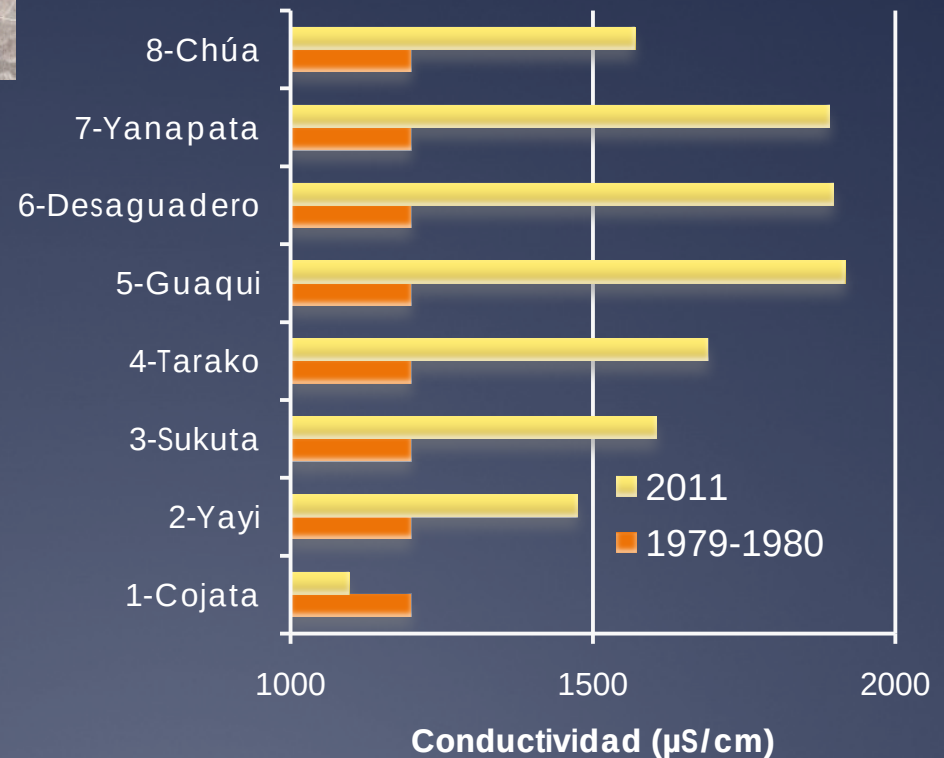


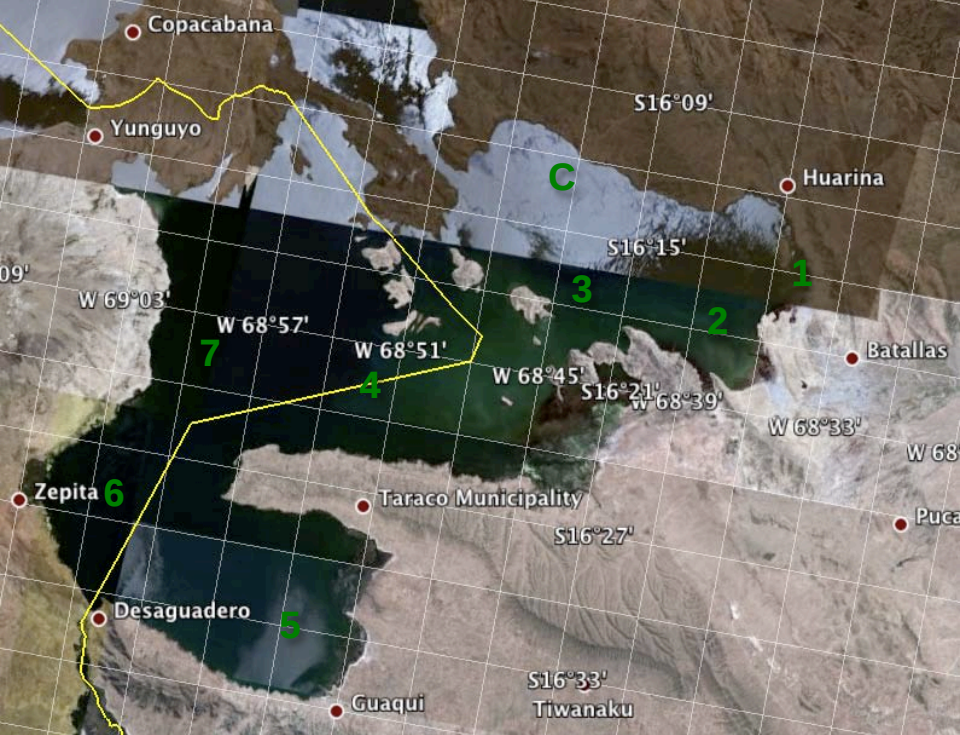


1979-1980
Media
1.200 $\mu\text{S/cm}$

Conductividad

Junio 2011
Media
1.643 $\pm$ 98 $\mu\text{S/cm}$

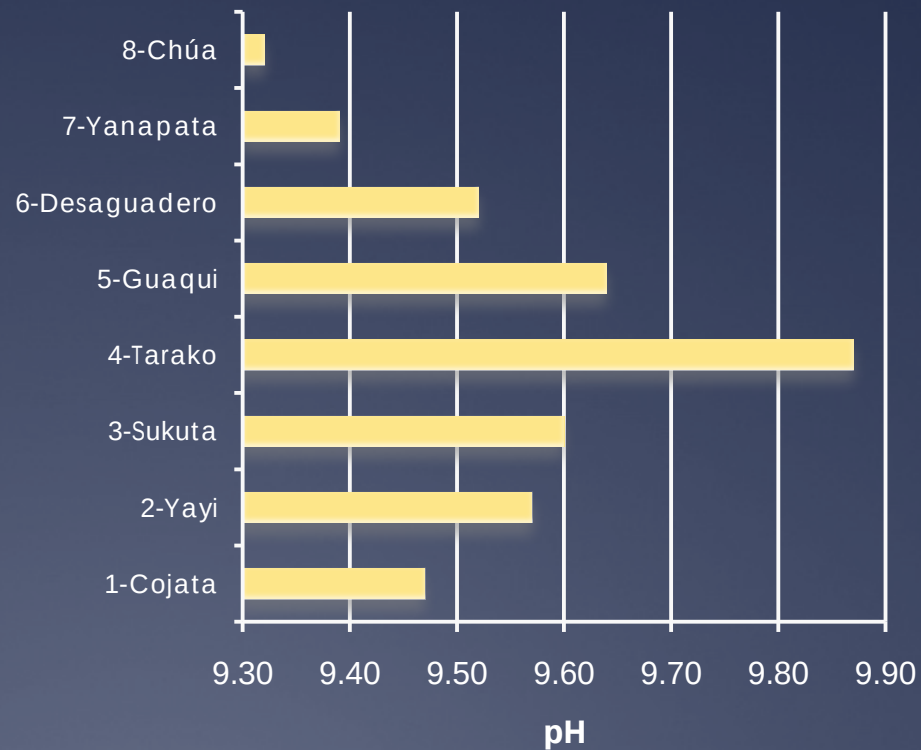


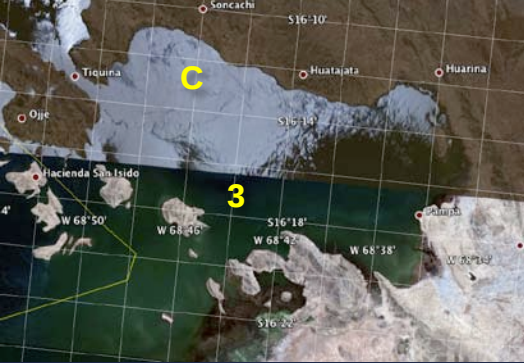


1979-1980
Mínimo - Máximo
8,55 – 8,65

pH

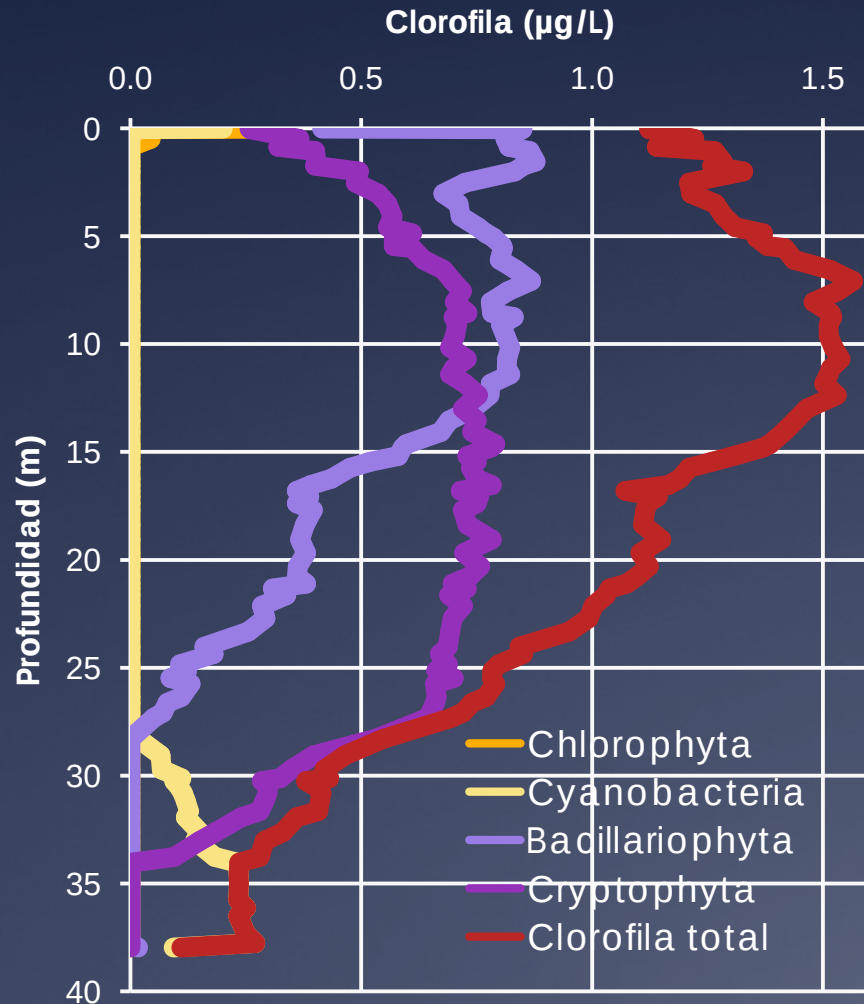
Junio 2011
Media
9,6 ± 0,06



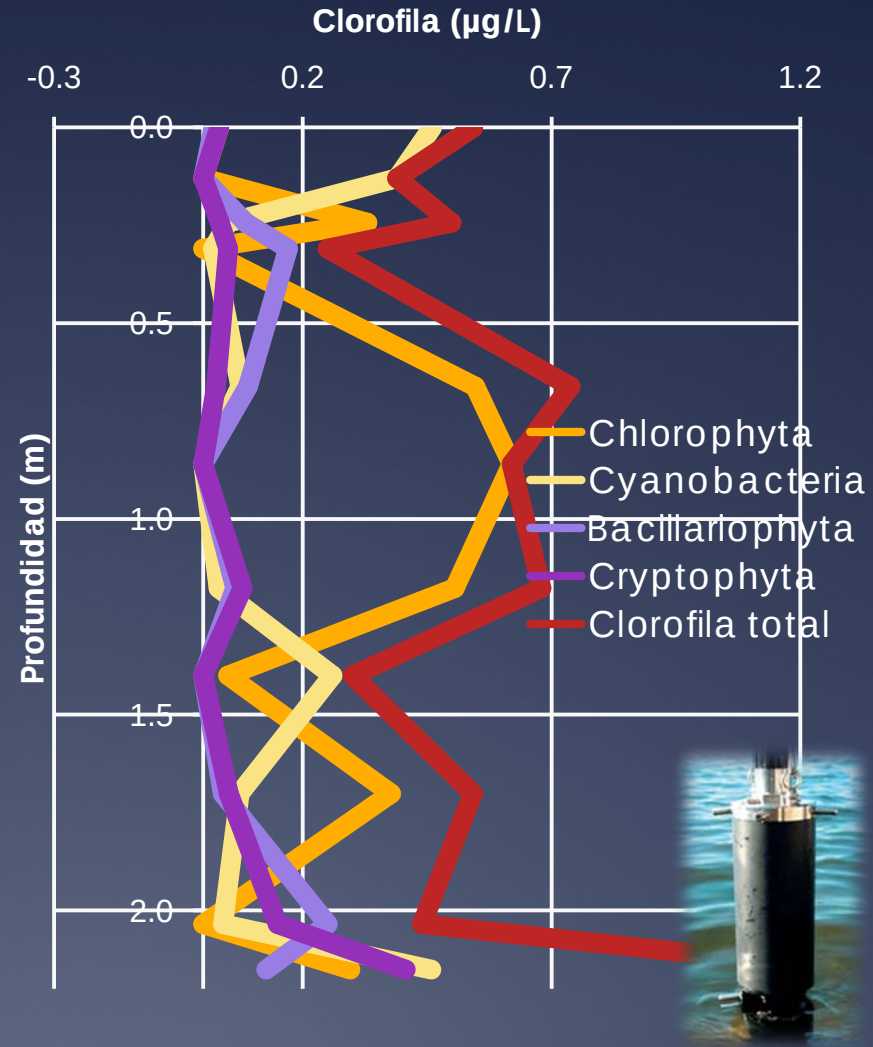


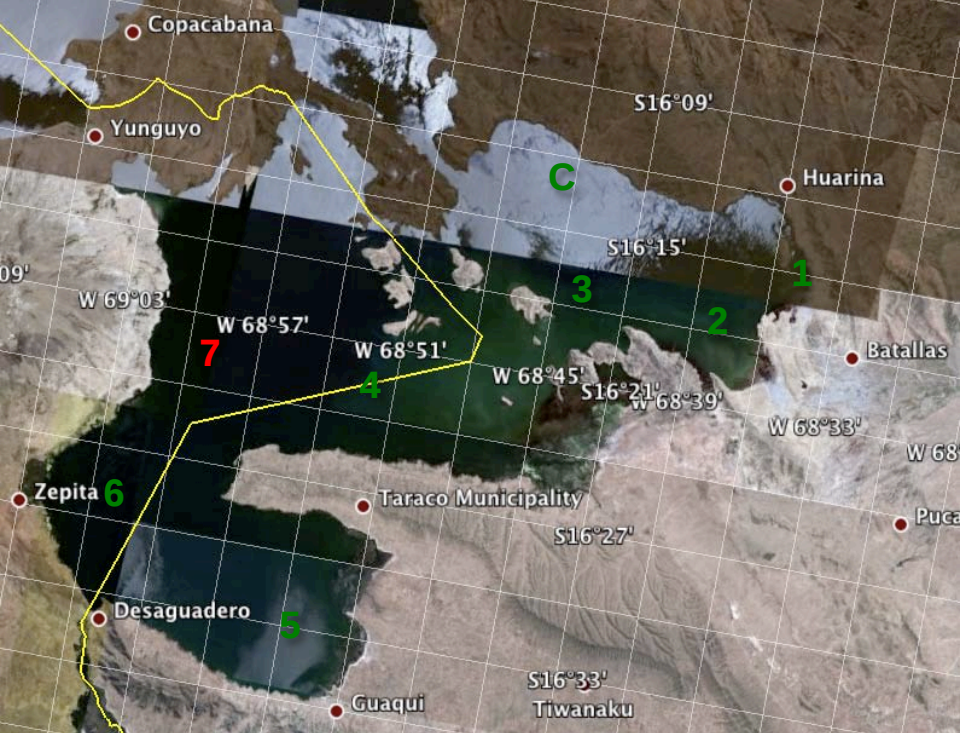
Perfiles verticales de clorofila (sonda bbeFluoroprobe)

C- CHÚA



3- SUKUTA





Clorofila total

Diferencia media

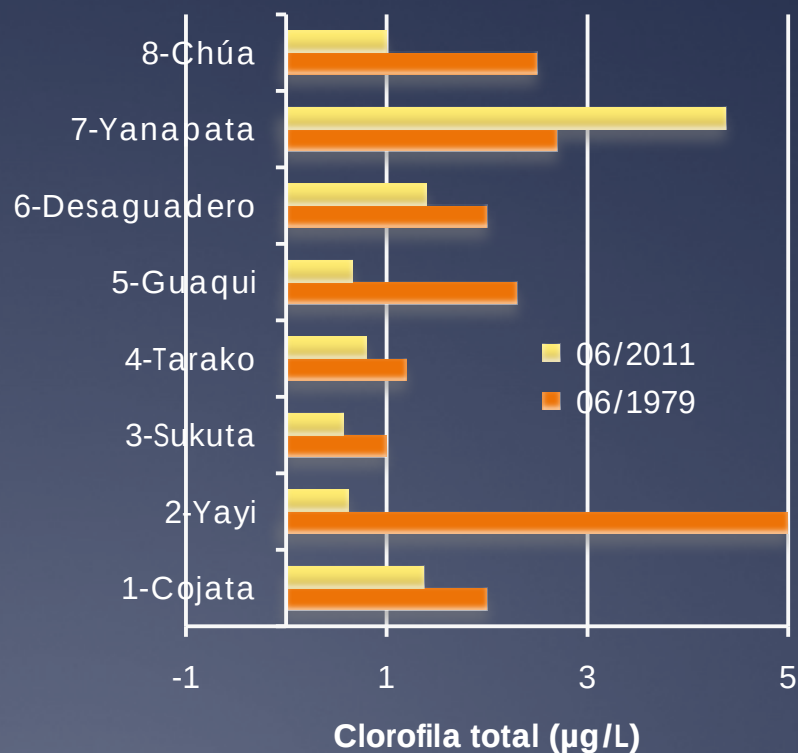
-1,0 ± 0,6 µg/L

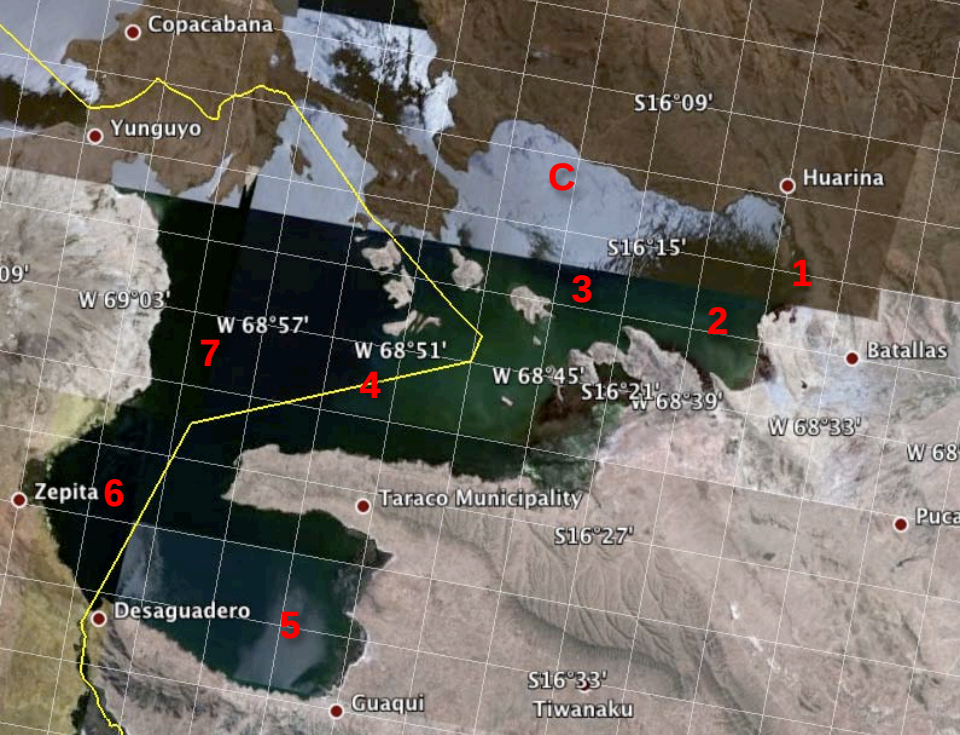
-37 ± 16 %

[extracción con acetona]

Media Junio 1979

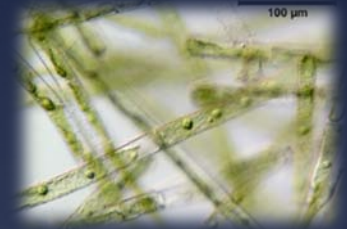
2,34 ± 0,43 µg/L



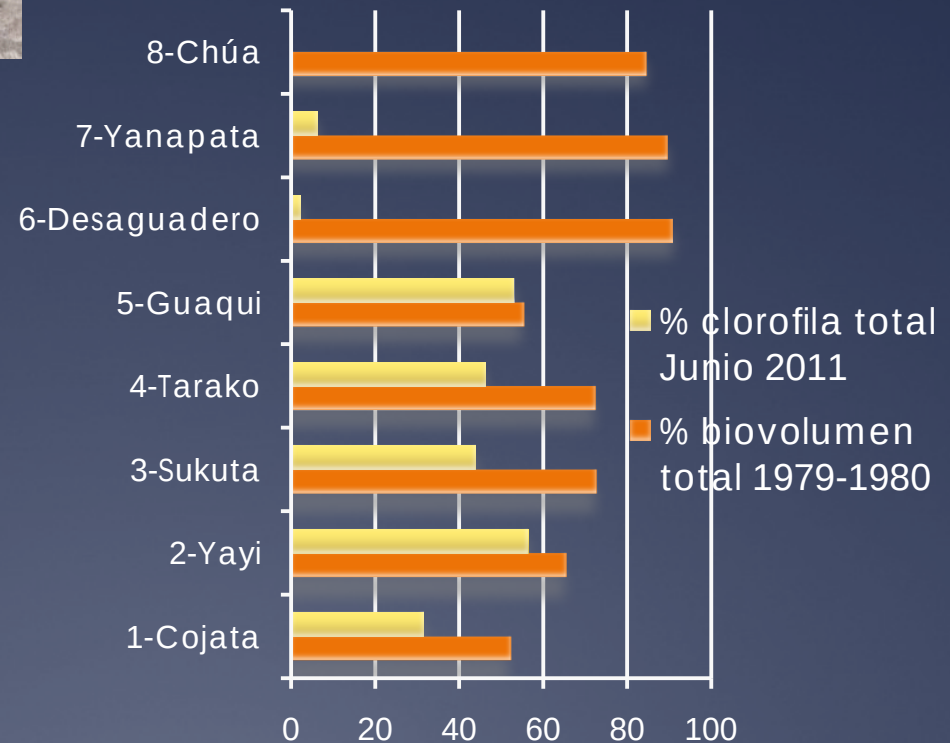


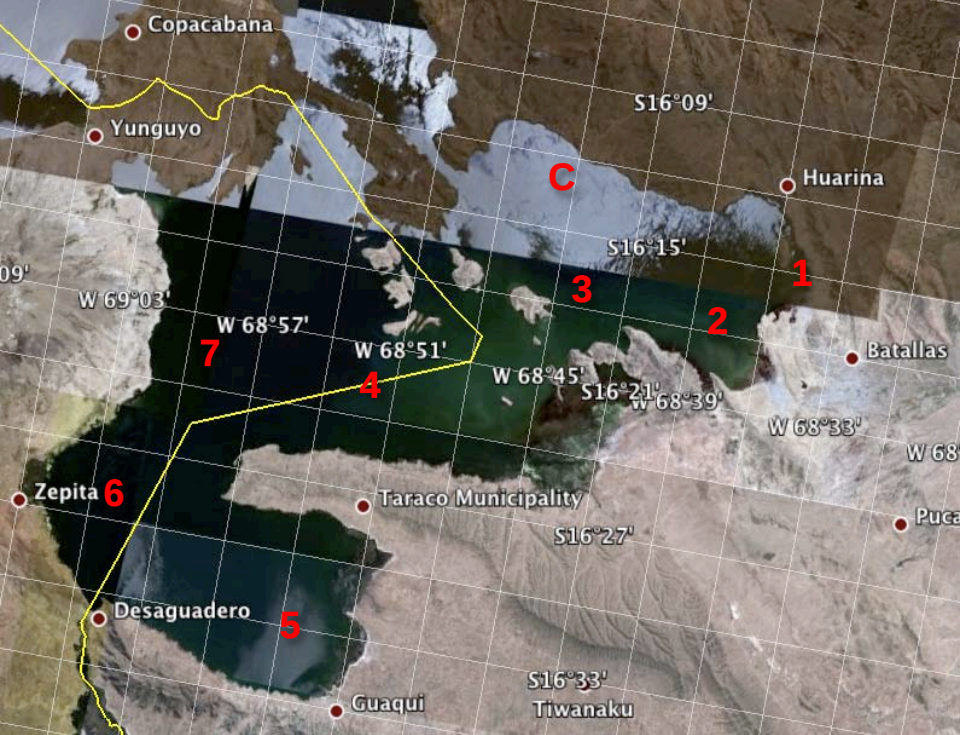
Chlorophyta

(algas verdes)

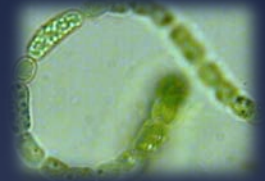


Atención:
1979-1980: Biovolumen ($\mu\text{g/L}$)
Junio 2011: Clorofila ($\mu\text{gcl./L}$)

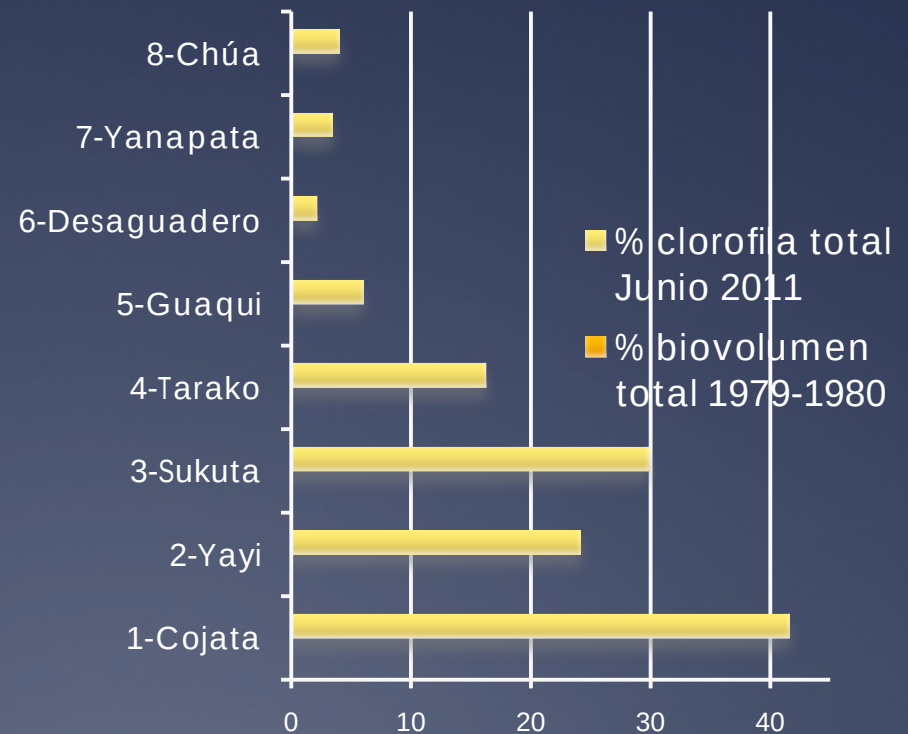


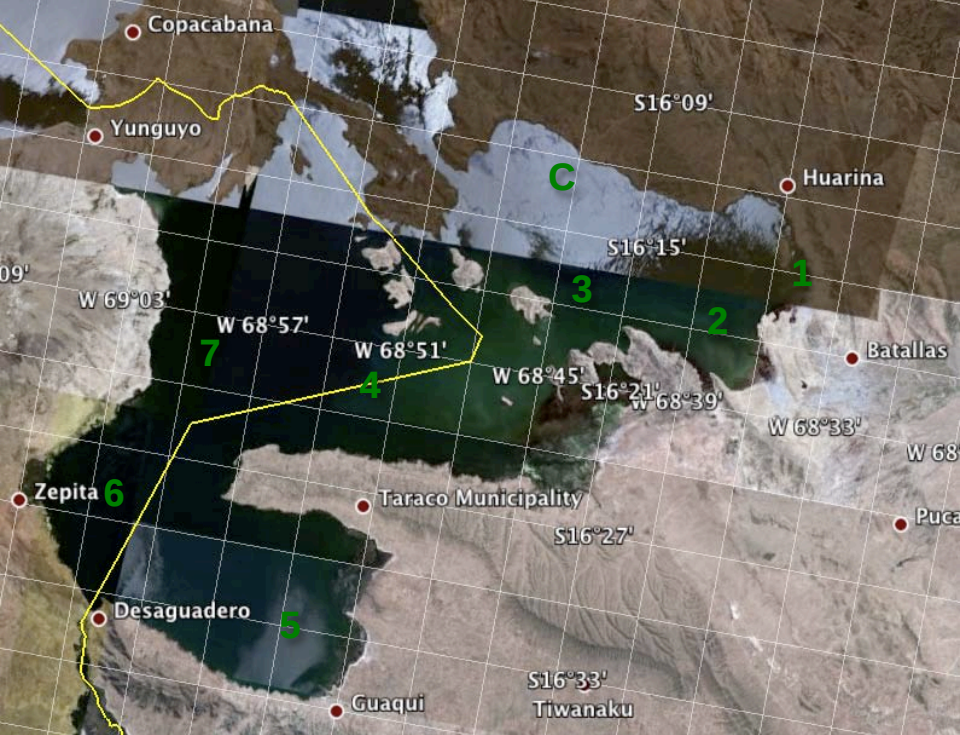


Cyanobacteria(*algas verde-azules*)

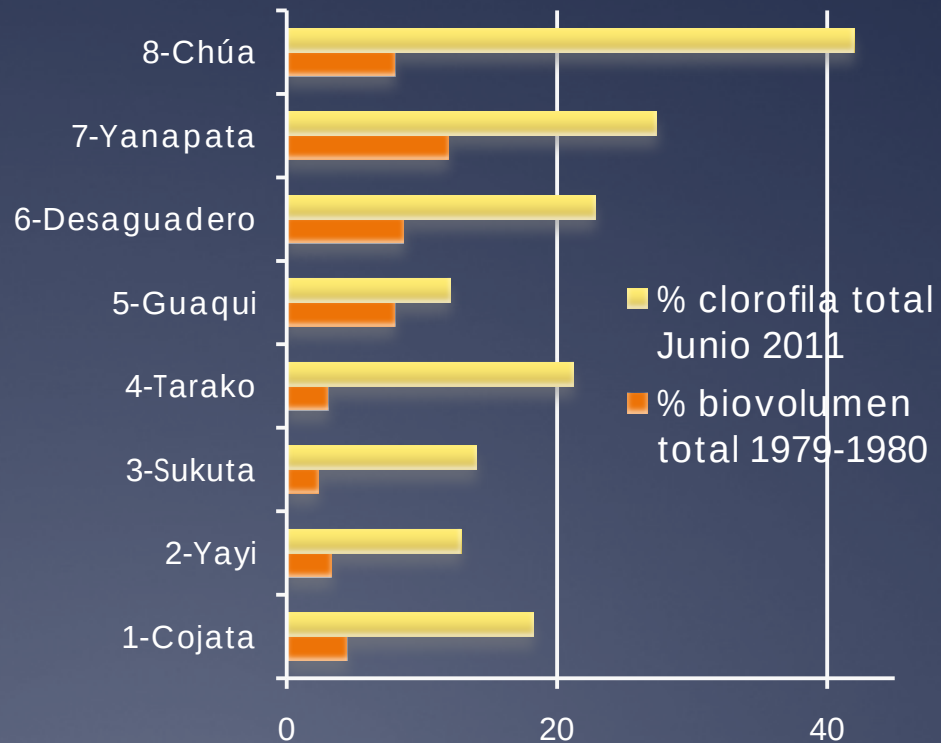
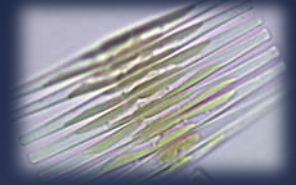


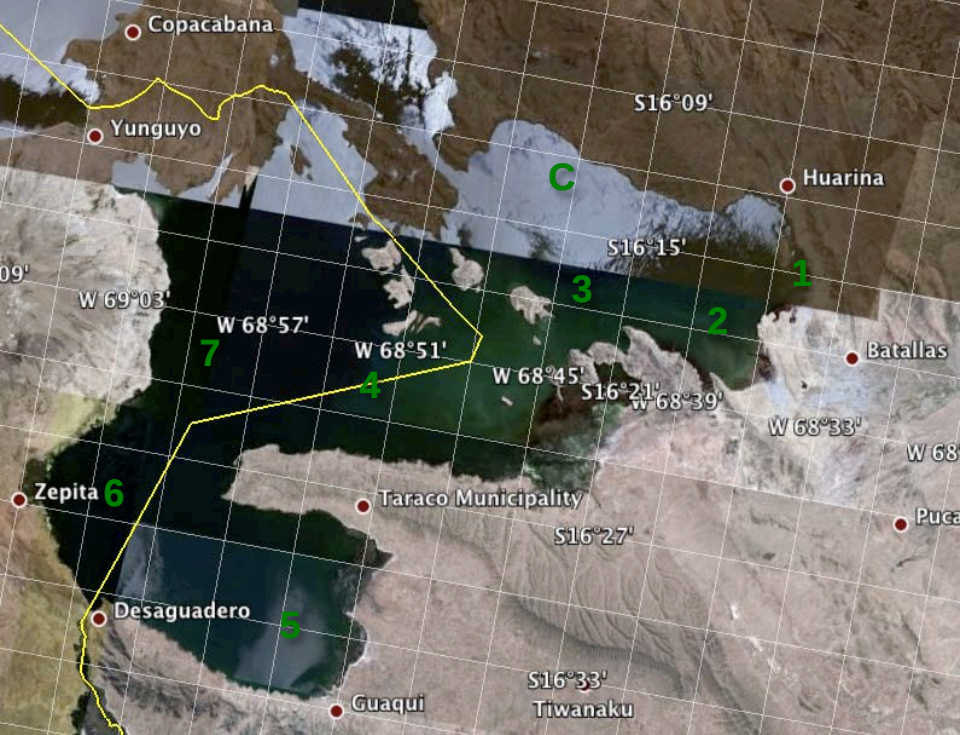
**Nueva presencia
!**



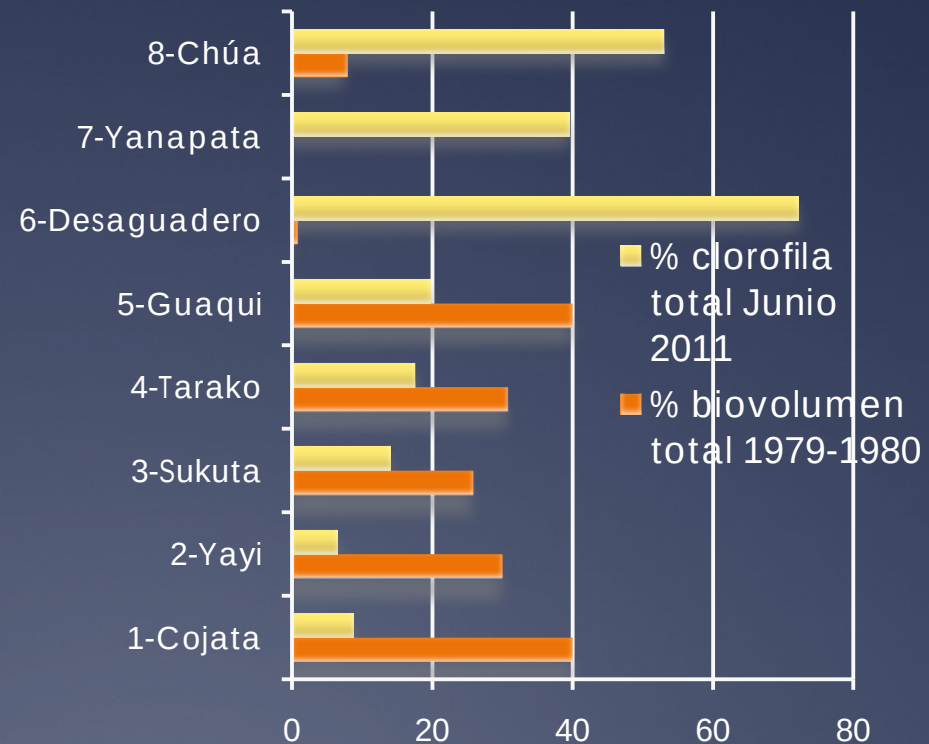
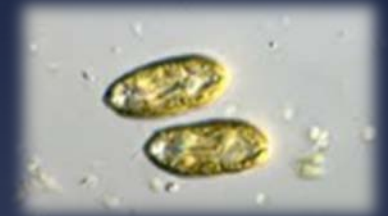


Bacillariophyta (Diatomeas)





Cryptophyta (flagellados)



Polución, contaminación y eutrofización del Lago Titicaca



Áreas litorales someras de las Bahías de Puno y Cohana



Proliferación de *Lemnasp.* en la Bahía de Puno (Ramos et al. 2006)



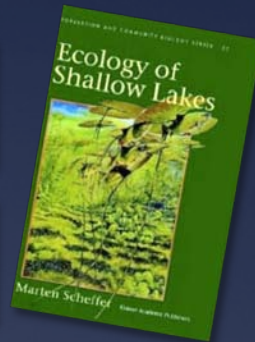
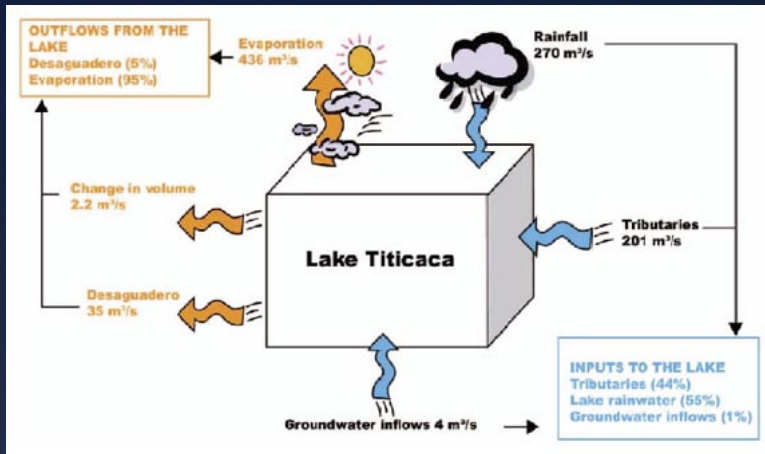
Degradación del paisaje debida a la contaminación antrópica extrema en Bahía Cohana, sept. 2006 (Fontúrbel 2008)

Evaluar la calidad del agua desde el espacio!



NASA, fotografía de astronauta, 5 Mayo 2004

Recomendaciones en el ámbito del proyecto PROPESCA



- Programa binacional exhaustivo
- Monitoreo limnológico de ambos lagos Mayor y Menor, incluyendo la circulación hidrológica
- Experimentos sobre respuestas a procesos claves de eutrofización y contaminación; ingeniería ecológica en zonas litorales y someras
- Modelos predictivos regionales sobre impacto de escenarios, combinando cambios de presión antrópica (uso de la tierra, aumento de las manchas urbanas de El Alto y Puno) y climáticos (CO₂, temperatura, radiación UV)

*Analices de metales,
aniones/cationes
disponibles al fin del año...*

	1979-80 µg/L	2011 µg/L
NO3 media	4,1	≤ 2,5
Min - Max	3,0 - 5,0	
PO4 media	1,8	9,8
Min - Max	≤ 1,0 – 4,0	5,1 - 15,0



Nuestra gratitud para:

- *Max Catari, mayor constructor de balsas*
- *Ramón Catari, técnico de la UL-UMSA*
- *Juan Carlos Delgadillo, auxiliar de la ULRA-UMSS*

Gracias por su atención

Juan Carlos
Delgadillo

Hydrolab
DS5

Max Catari

RamónC
atari

bbeFluoropr
obe

Xavier
Lazzaro

David
Point

LanchaFla
mingo

21-23 Junio 2011