Ministerio de Relaciones Exteriores

Ministerio de Medioambiente y Agua

Piloto PNUD/MRE/MMAyA 05-B-05 'Observatorio permanente del Lago Titicaca' IRD – IE-IIGEO/UMSA

Observatorio Binacional LagoTiticaca

Socialización de los resultados del monitoreo y biorremediación en el Lago Menor del Titicaca de la Cuenca Katari, PI-PDCKyLMT, Hotel Espectacular, El Alto 17/09/2021

Sitio Web: *https://olt.geovisorumsa.com/*

El Observatorio *permanente* del Lago Titicaca (OLT) 2019-2021

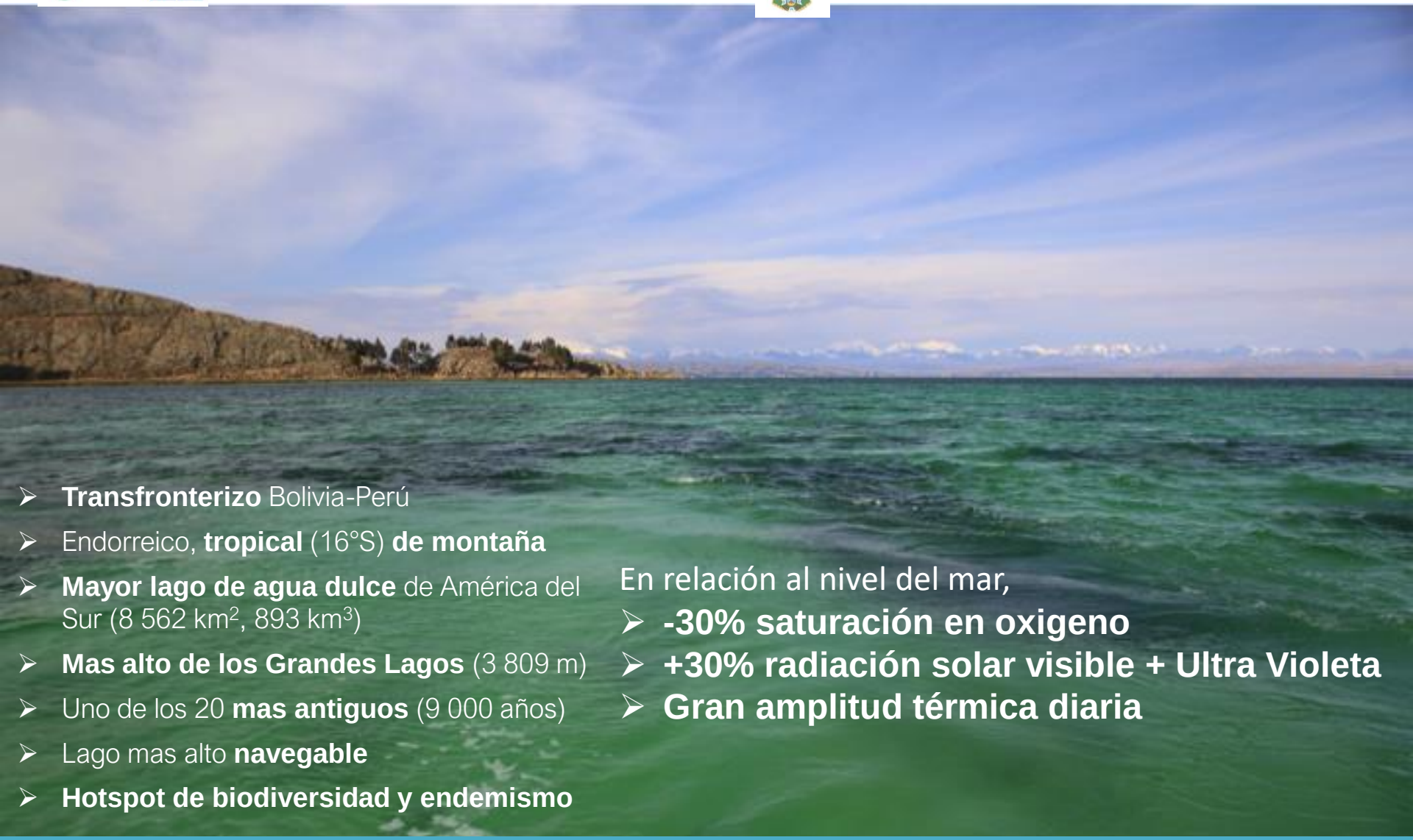
Xavier Lazzaro, IRD

'Mi Boya' – Qamaskiya ch'uwa quta mama

Xavier Lazzaro[1], Pierre Sterling[2], Javier A. Maldonado Alfaro[3], Viviana E. Cruz Hernández[4], William G. Lanza Aguilar[4], Carlos Molina Arzabe[4], Darío Achá Cordero[4], José Luis Soza Santos[3], Marcela Ormachea[3] & Javier Núñez Villalba[3]

[1] IRD, Labo BOREA, Paris, xavier.lazzaro@ird.fr | [2] XYLEM Inc., Brasil-USA | [3] IIGEO, UMSA, La Paz | [4] IE, UMSA, La Paz

Ministerio de Relaciones Exteriores
Ministerio de Medioambiente y Agua



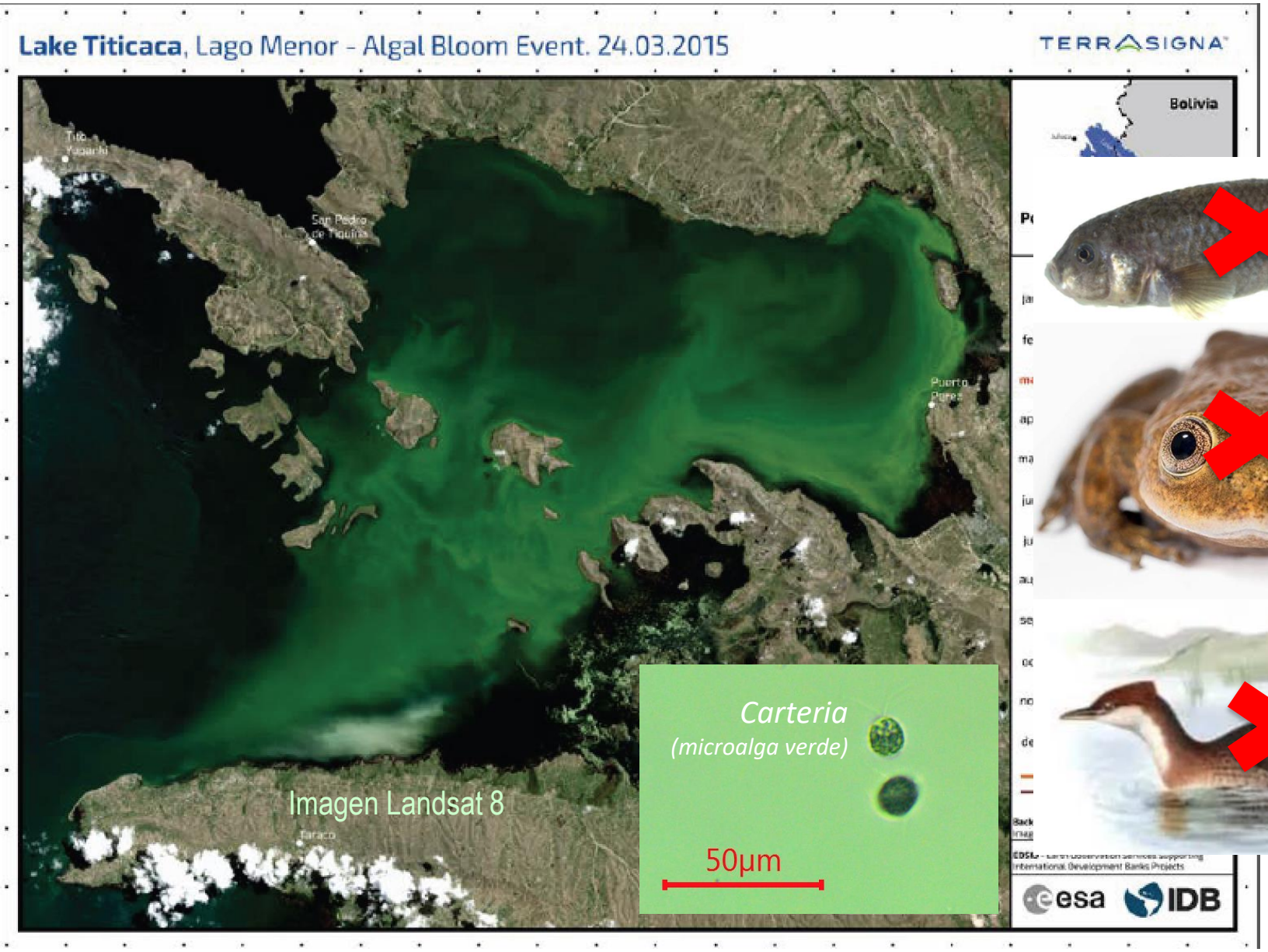
- **Transfronterizo** Bolivia-Perú
- Endorreico, **tropical** (16°S) **de montaña**
- **Mayor lago de agua dulce** de América del Sur (8 562 km^2, 893 km^3)
- **Mas alto de los Grandes Lagos** (3 809 m)
- Uno de los 20 **mas antiguos** (9 000 años)
- Lago mas alto **navegable**
- **Hotspot de biodiversidad y endemismo**

En relación al nivel del mar,

- **-30% saturación en oxigeno**
- **+30% radiación solar visible + Ultra Violeta**
- **Gran amplitud térmica diaria**

El Lago Titicaca es el último de los Grandes Lagos en no contar con un monitoreo continuo a largo plazo

La primera proliferación de microalgas documentada en el Lago Menor en Marzo-Abril 2015

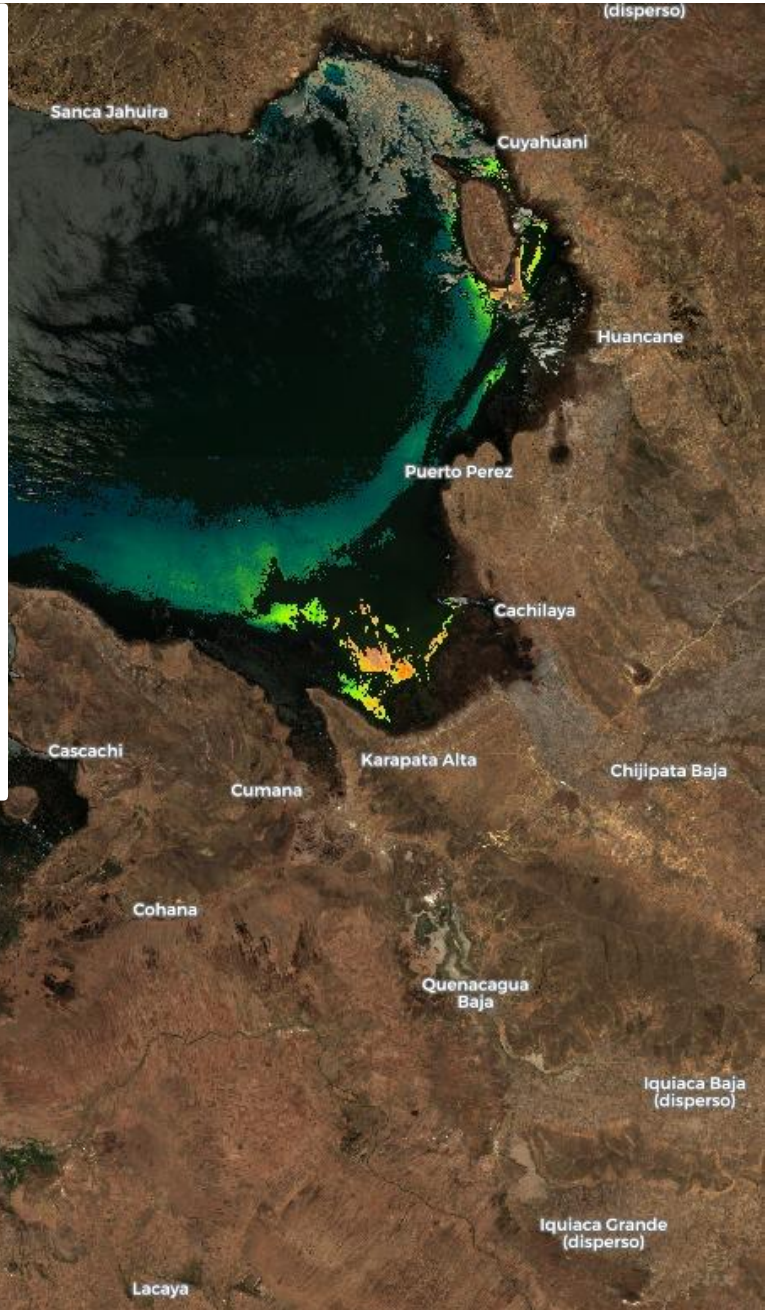


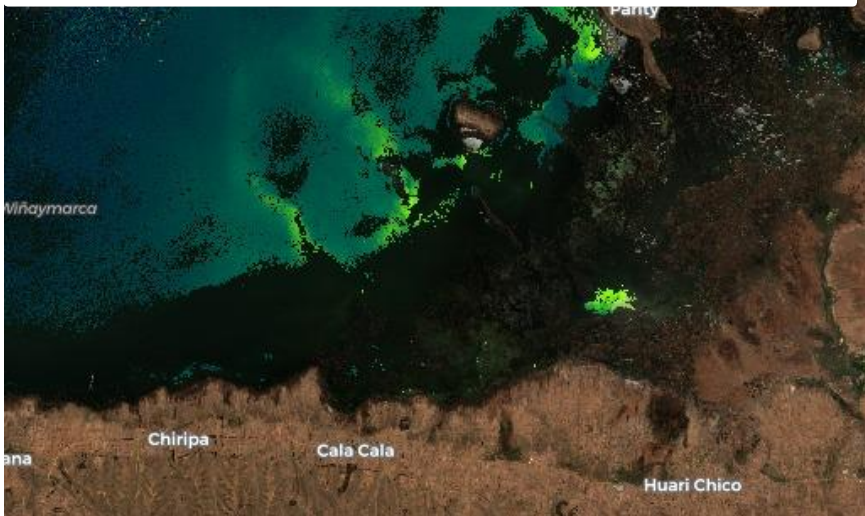
EUTROFIZACIÓN = Aporte excesivo de nutrientes favorece el crecimiento de las microalgas ➔ Proliferación o Bloom

Hydrolab DS5		Biospherical C-OPS	Bacterias sulfato-reductoras	FluoroProbe bbe - Fluorescencia Cl-a (eq. µg/L)				Fitoplancton	Zooplancton	Macroinvertebrados, índice BMWP/Bol			
%DO	Turbidez (NTU)	Zeu PAR (m) [Zmax (m)]	H2S (mg/L)	Cl-a total	Algas verdes	Dinoflagelados/Diatomeas	Ciano-bacterias	(Dominancia vs Ausencia)	(Dominancia vs Ausencia)	Clase	Cond. Biol.	Punctuación	Calidad

➔ **Mayor vulnerabilidad de las áreas poco profundas (< 5 m) !**

La EUTROFIZACIÓN es detectable por imágenes de satélite





La eutrofización es universal

- **Naturalmente** toma miles de años
- El **Cambio Climático** y las **Actividades humanas** la accelera en solo pocas decadas!

We're concerned about the Great Lakes

Most people seldom think about Lakes Michigan, Huron, Superior, Erie, and Ontario. But they should care about them because, the Great Lakes are "arguably the continent's most precious resource." Learn more about the Great Lakes and appreciate the beauty of the landscape with our subscriber exclusive content.

OBJETIVOS DEL OBSERVATORIO OLT

(1) Implementar una **plataforma fija de monitoreo** permanente (boya hidro-meteorológica).

(2) Realizar **campañas de mediciones y colectas *in situ*** en una red de estaciones.

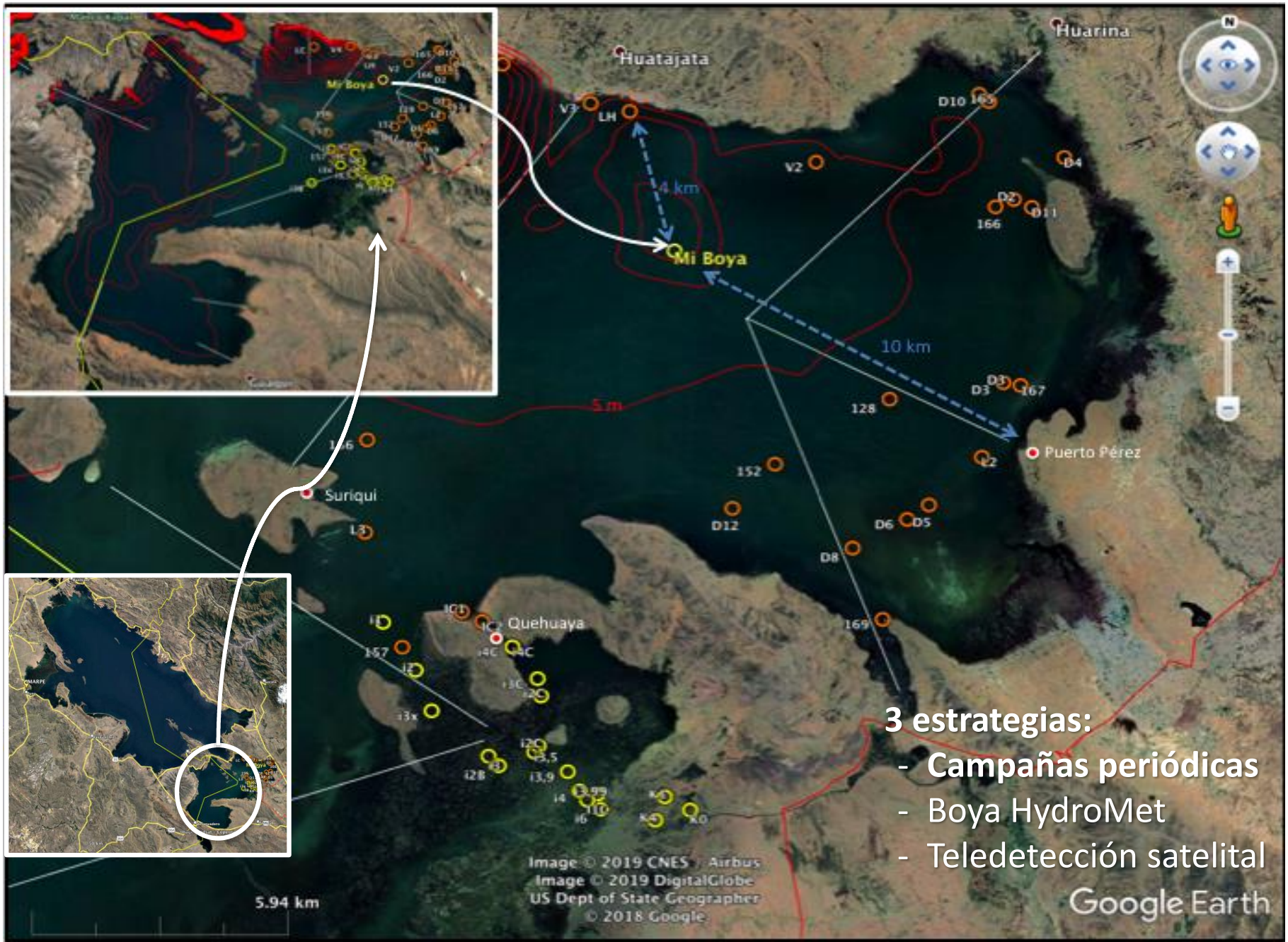
(3) Identificar **indicadores clave y mecanismos** del buen funcionamiento ecológico y biogeoquímico del lago.

(4) Diseñar un **sistema de alerta temprana** para anticipar los fenómenos indeseables de 'eutrofización'.

(5) Utilizar la **percepción remota** validada con mediciones in situ para extrapolar las observaciones puntuales en estaciones hacia la escala del Lago Menor.

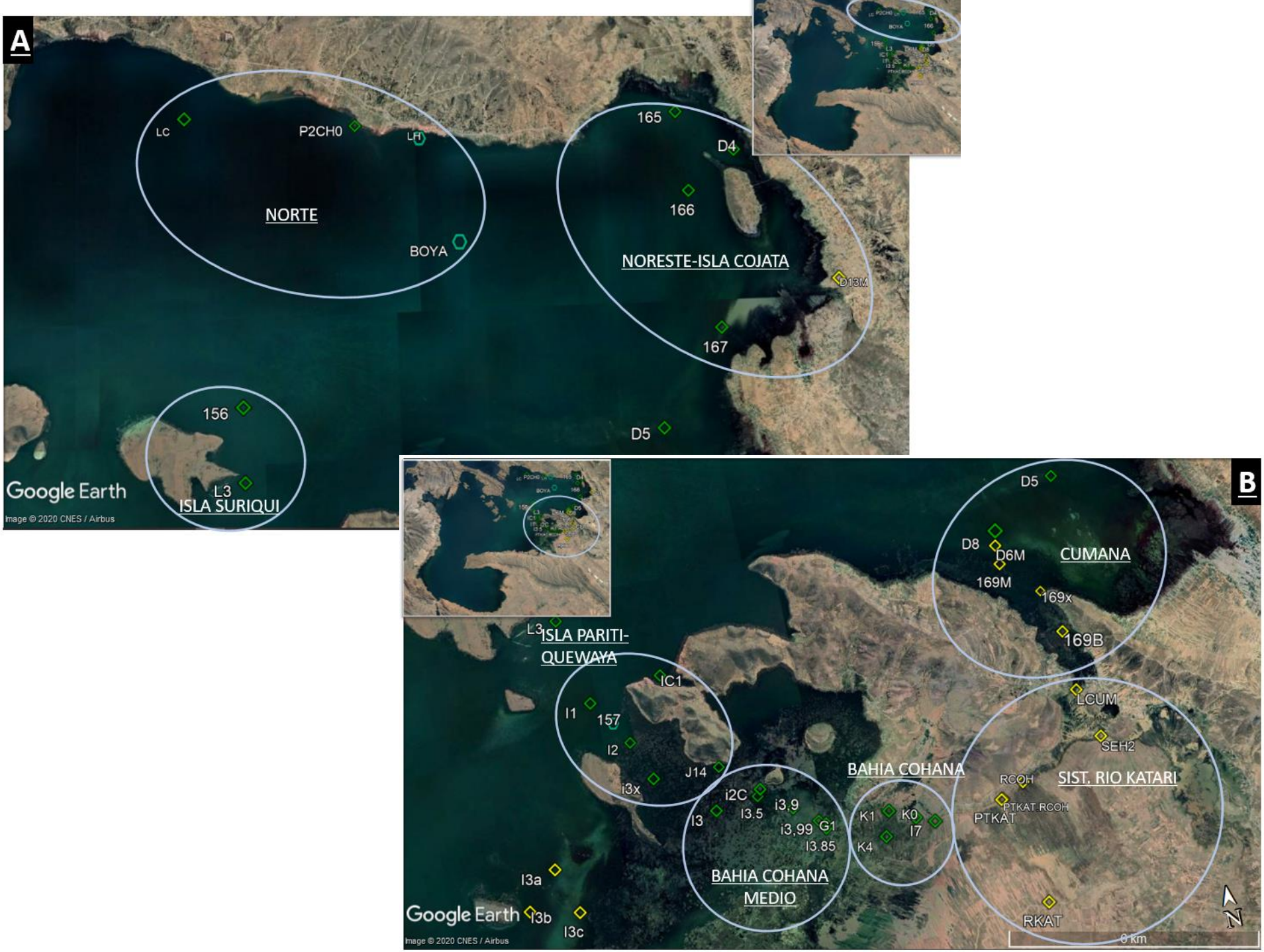
(6) **Capacitar el personal** académico de la UMSA y el personal técnico del MMAyA, SENAMHI y ALT. Compartir experiencias y tecnologías con las instituciones peruanas.

Campañas periódicas en el sector Boliviano poco profundo

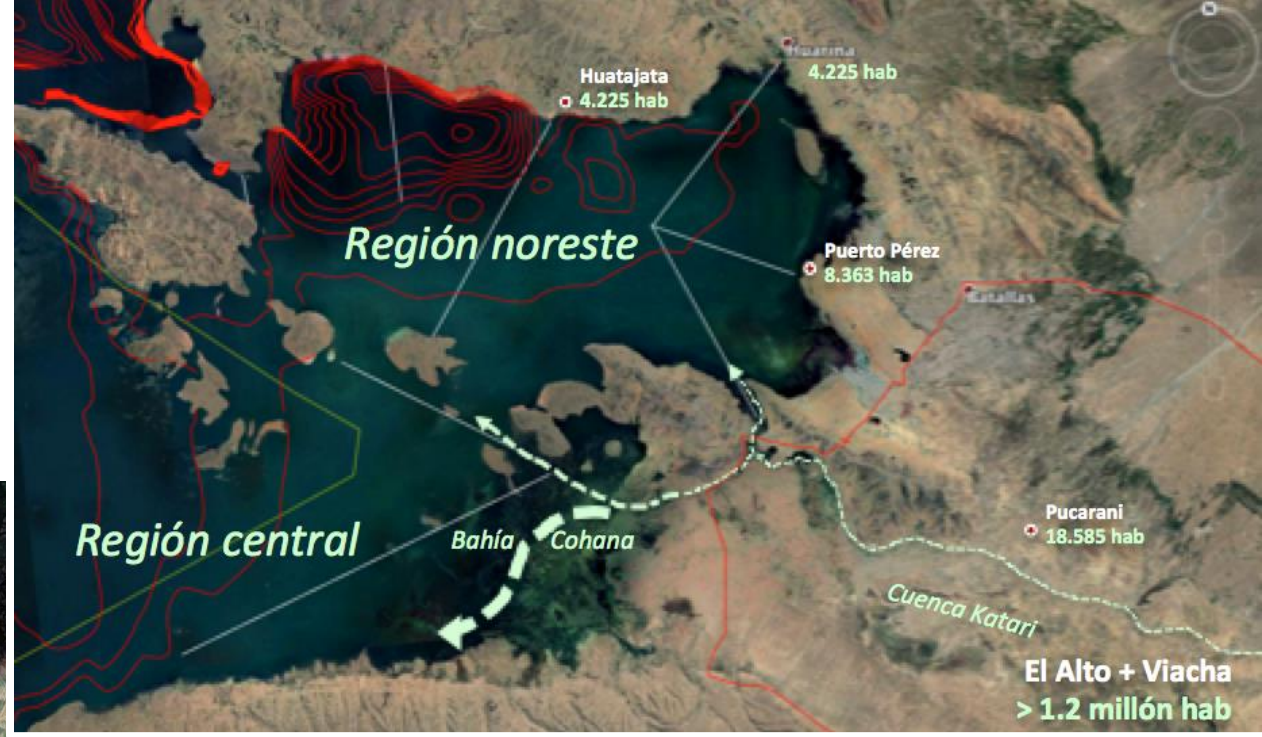


3 estrategias:

- **Campañas periódicas**
- Boya HydroMet
- Teledetección satelital

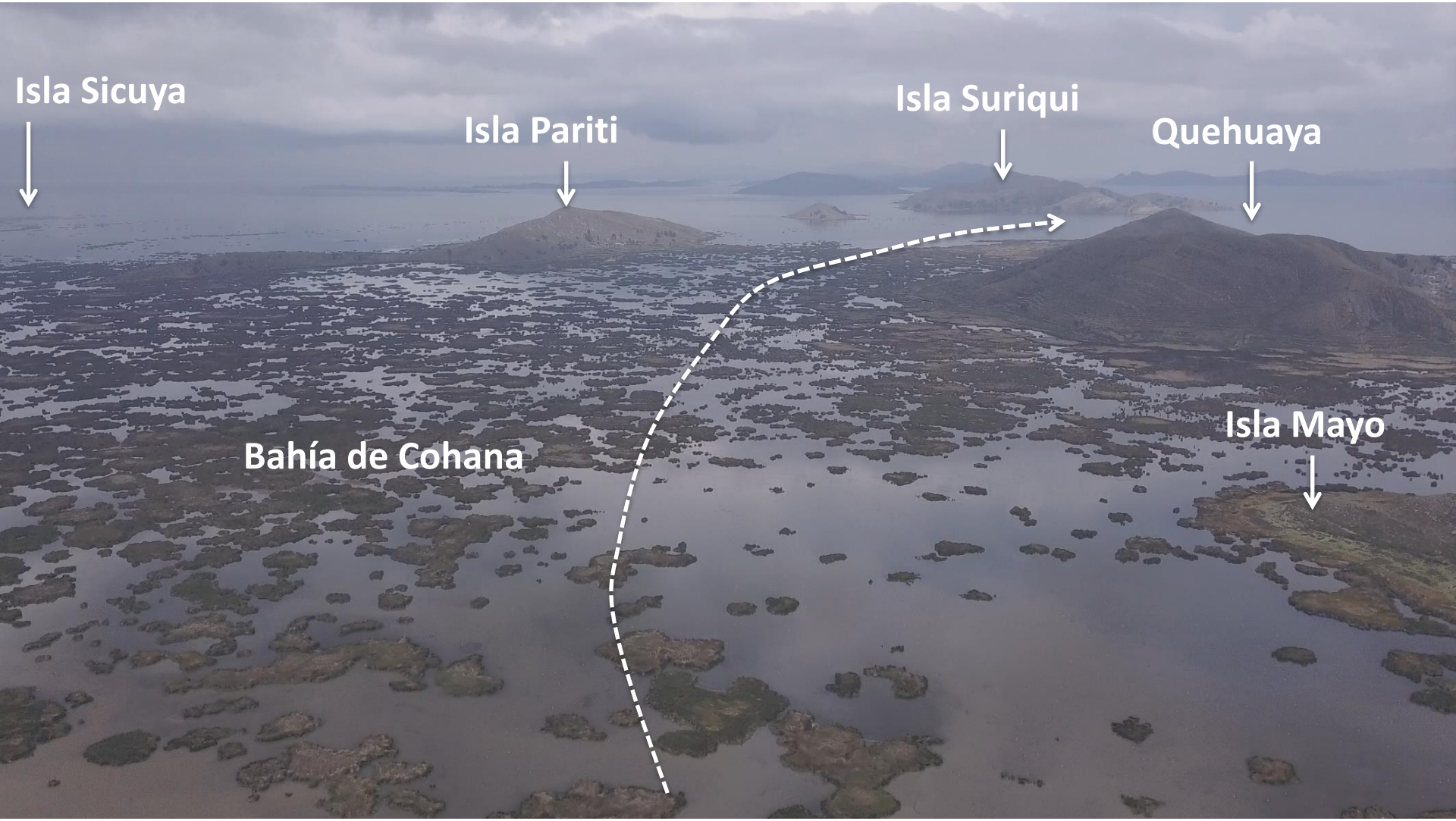

A
LC
P2CH0
LH
NORTE
BOYA
165
D4
166
NORESTE-ISLA COJATA
D13M
167
D5
156
L3
ISLA SURIQUI
Google Earth
Image © 2020 CNES / Airbus
B
D5
D8
D6M
CUMANA
169M
169x
169B
L3
ISLA PARITI-QUEWAYA
IC1
I1
157
I2
i3x
J14
LCUM
SEH2
BAHIA COHANA
RCOH
SIST. RIO KATARI
PTKAT RCOH
PTKAT
i2C
i3.5
i3,9
I3
i3,99
G1
I3.85
K1
K0
I7
K4
BAHIA COHANA MEDIO
I3a
I3b
I3c
RKAT
Google Earth
Image © 2020 CNES / Airbus
N
8 km

RESULTADOS CAMPAÑAS

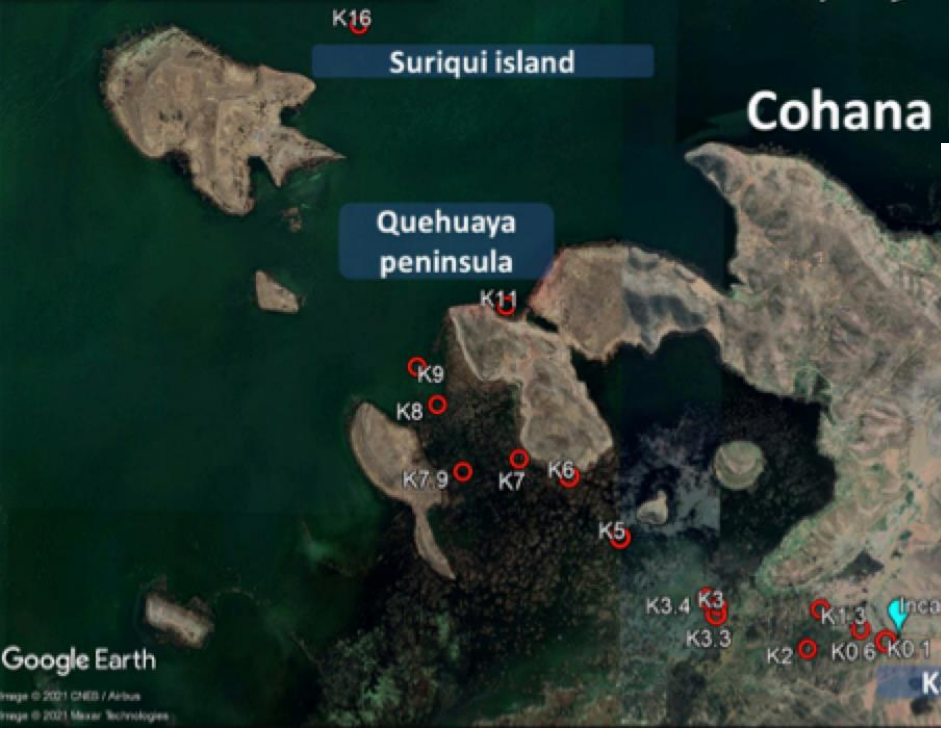


*Las campañas rutinarias sincronizadas con el paso del satélite Sentinel-2 (cada 5 días) han permitido identificar **3 descargas puntuales** de la Cuenca Katari en el Lago Menor*

¿Como varia la calidad del agua a lo largo de un gradiente de eutrofización?

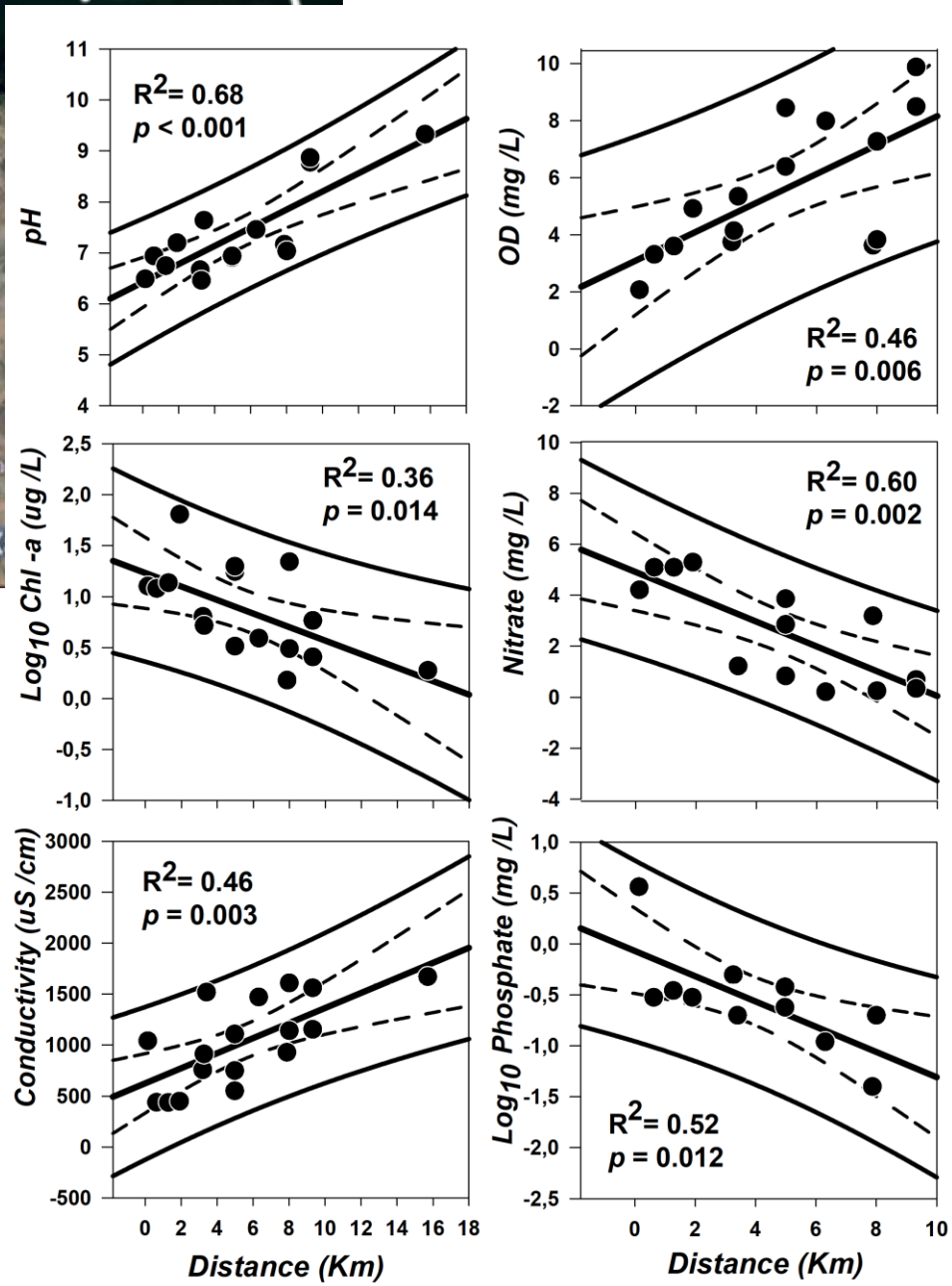


Desembocadura del río Katari



RESULTADOS CAMPAÑAS

Gradiente de eutrofización entre Desembocadura Río Katari e Isla Suriqui

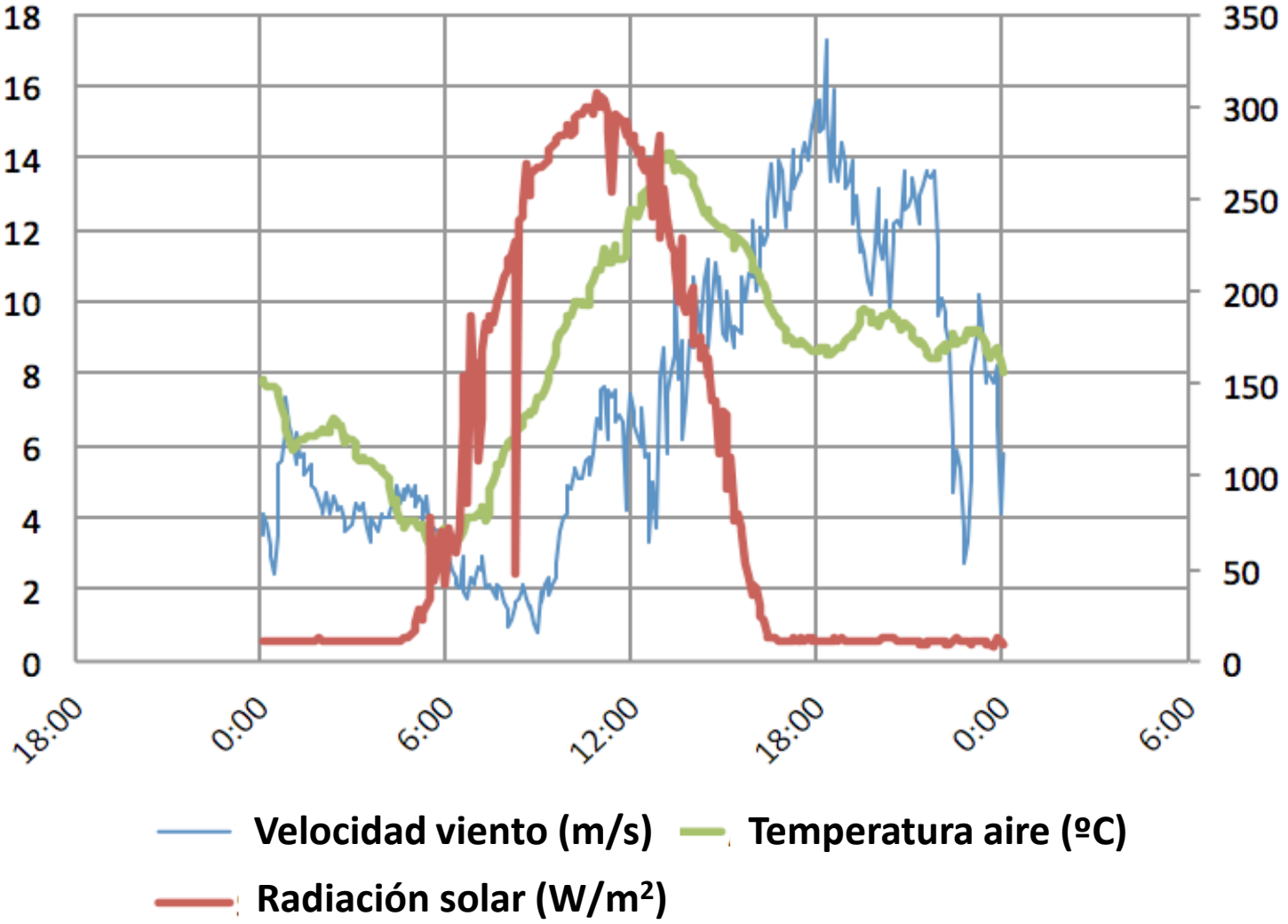


Lanza, Cruz et al. (en prep.)

La primera Boya centinela en el Lago Titicaca

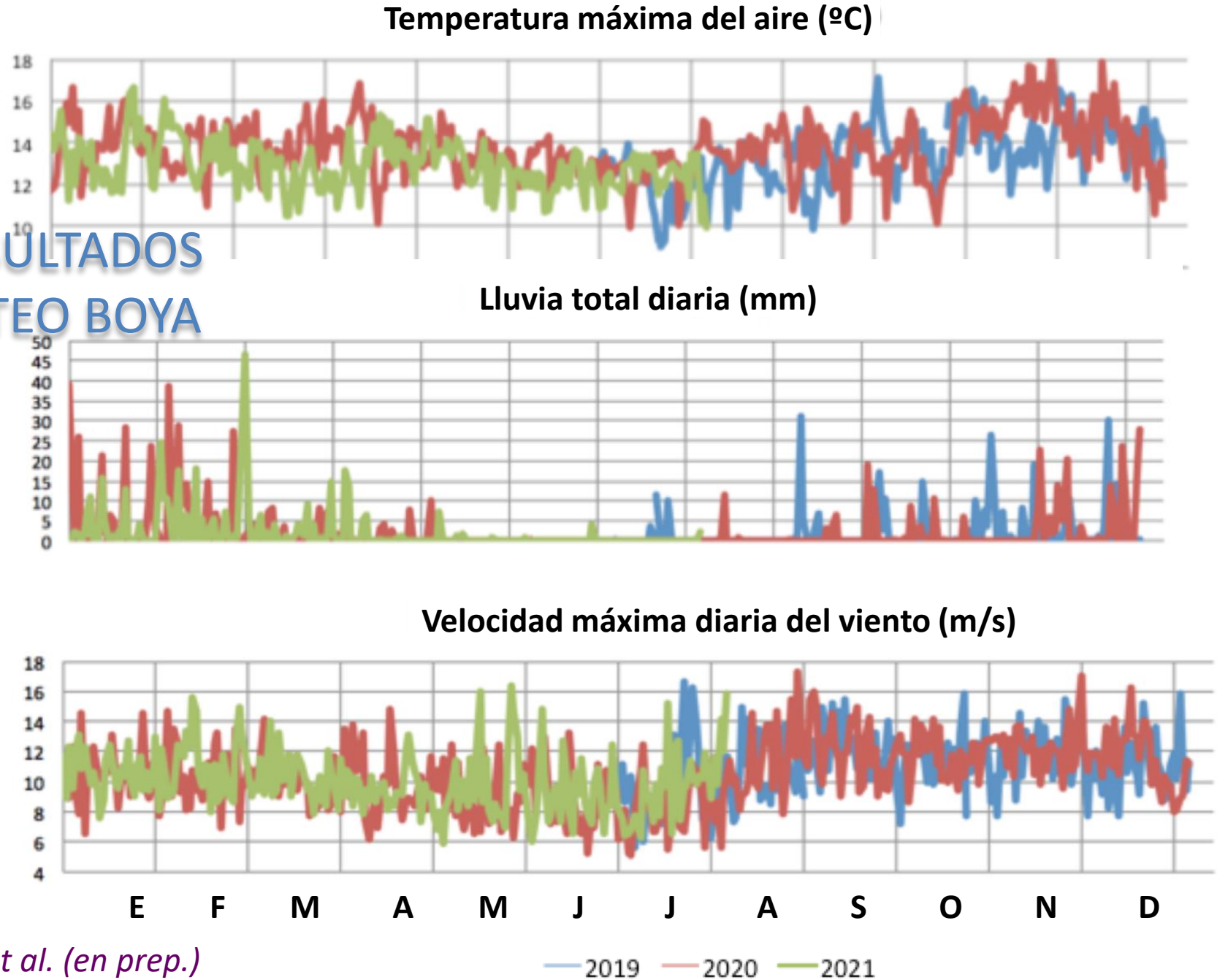
RESULTADOS METEO BOYA

26/08/20



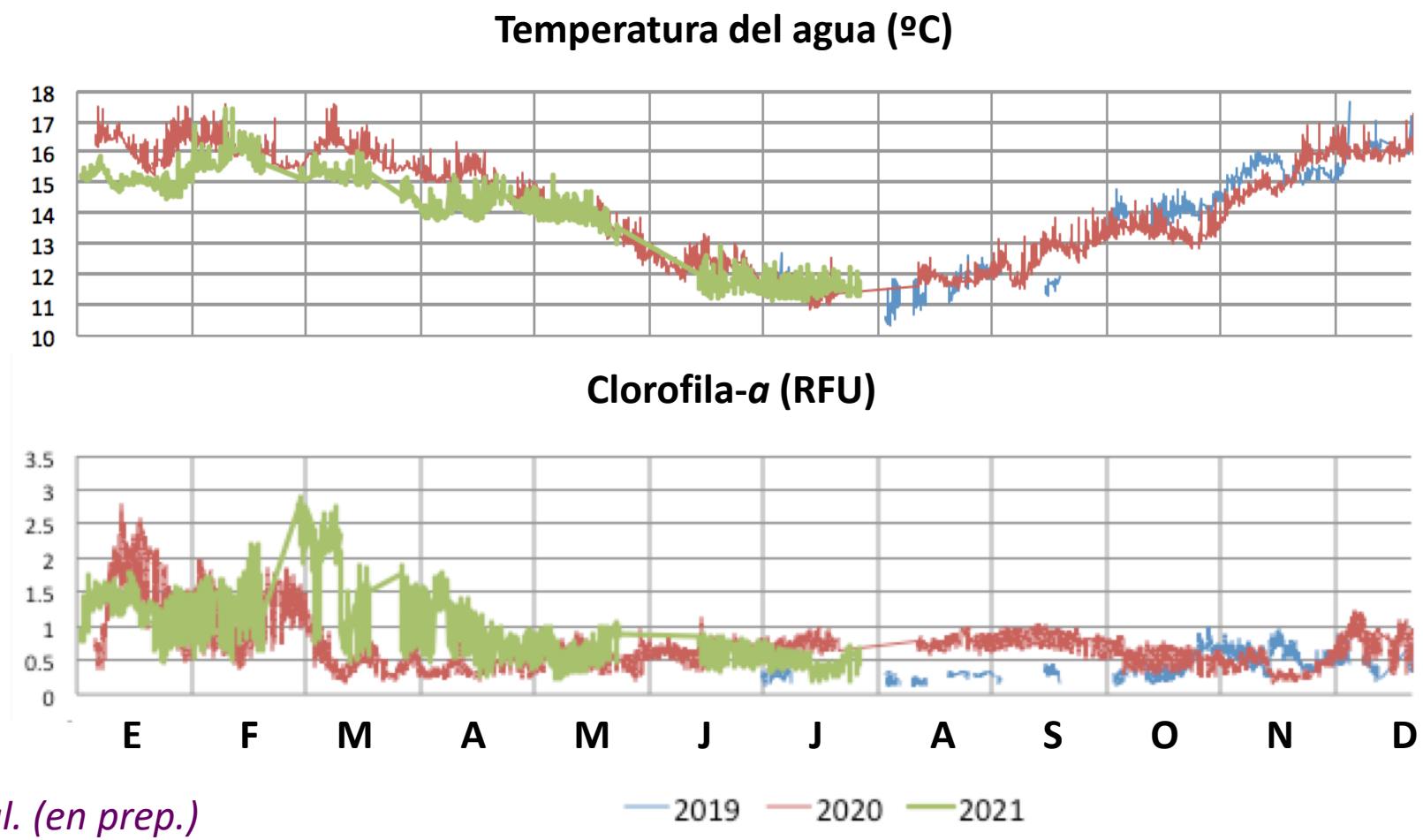
Lazzaro et al. (en prep.)

RESULTADOS METEO BOYA



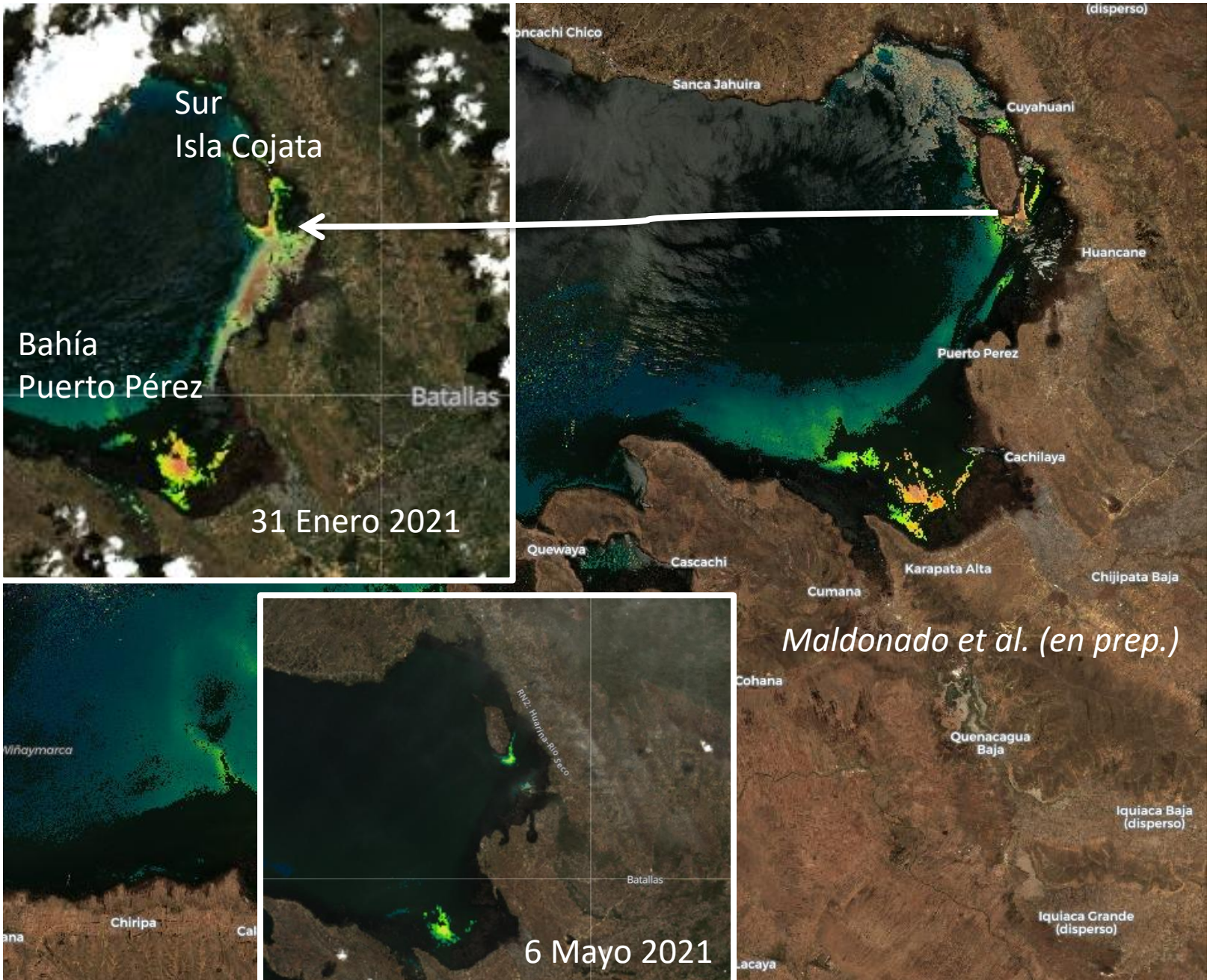
Lazzaro et al. (en prep.)

RESULTADOS CALIDAD DE AGUA BOYA



Lazzaro et al. (en prep.)

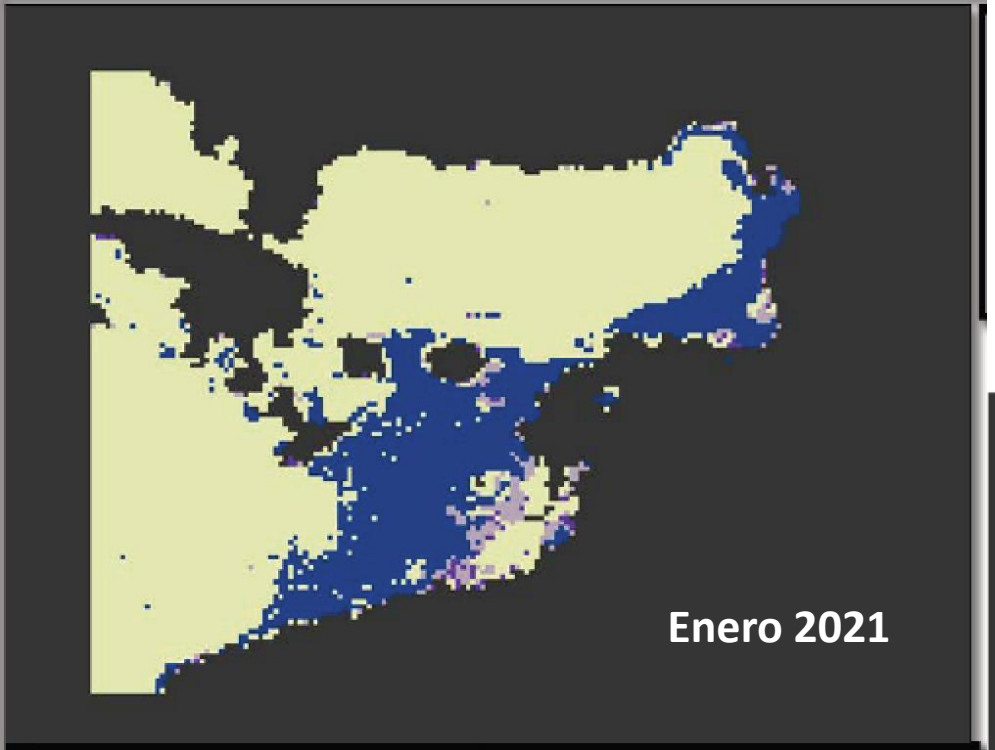
Imágenes satelitales de Sentinel-2 (5 días, 10 m)



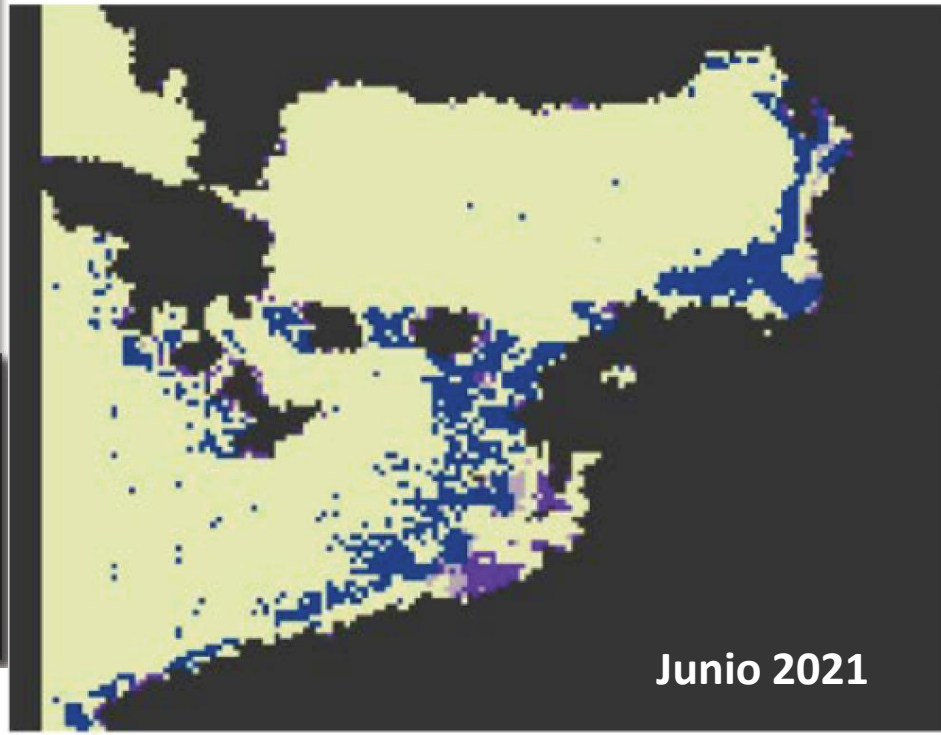
Maldonado et al. (en prep.)

Imágenes satelitales de Sentinel-3 (3 días, 300 m)

Maldonado et al. (en prep.)



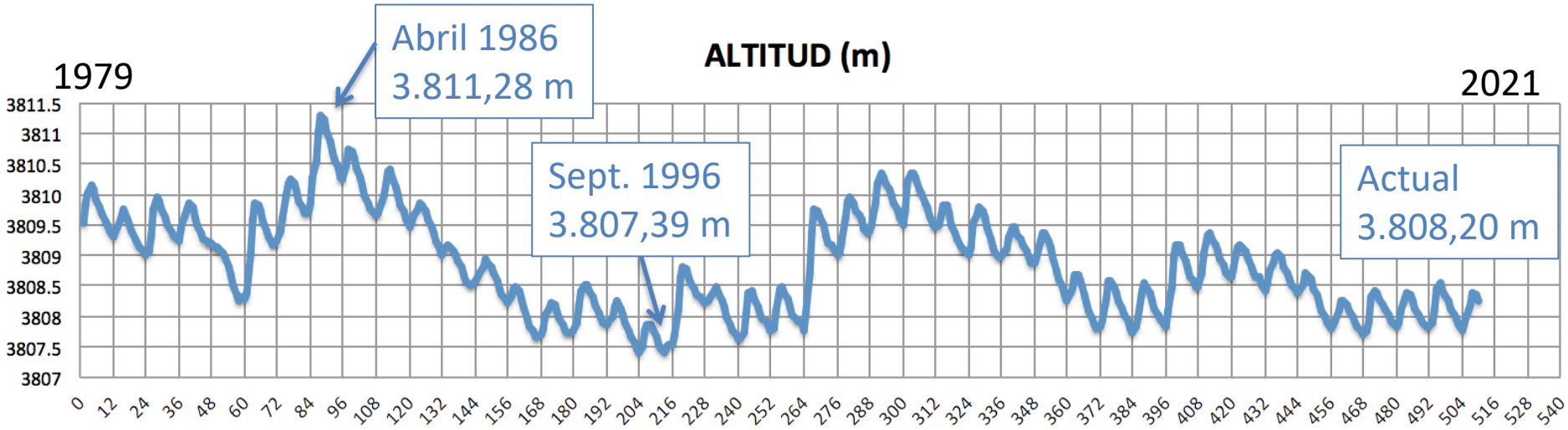
Label	Colour	Value	Frequency	Description
class_1		1	74.330%	Class 1
class_2		2	0.680%	Class 2
class_3		3	2.637%	Class 3
class_4		4	22.353%	Class 4
class_5		5	0.000%	Class 5
class_6		6	0.000%	Class 6

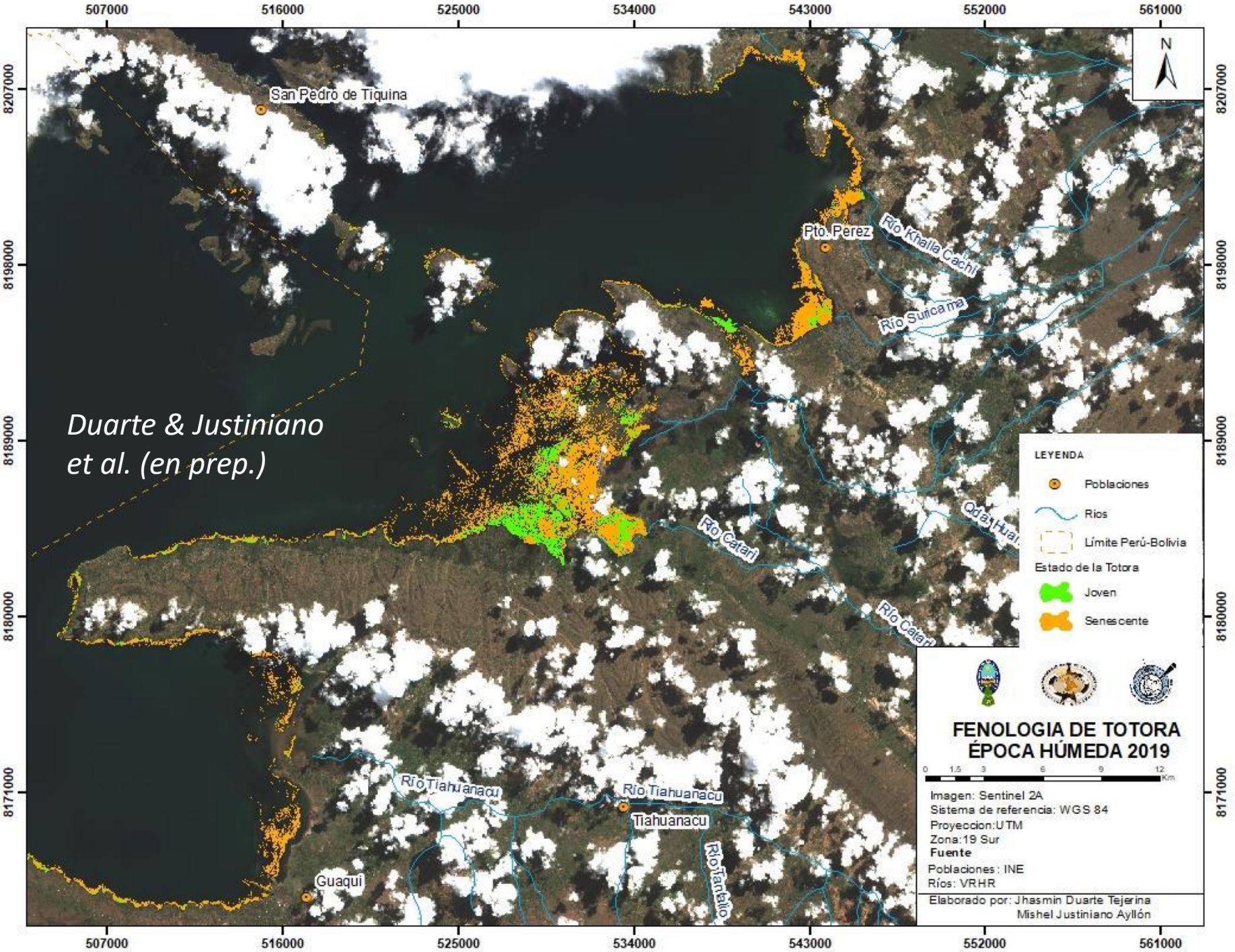


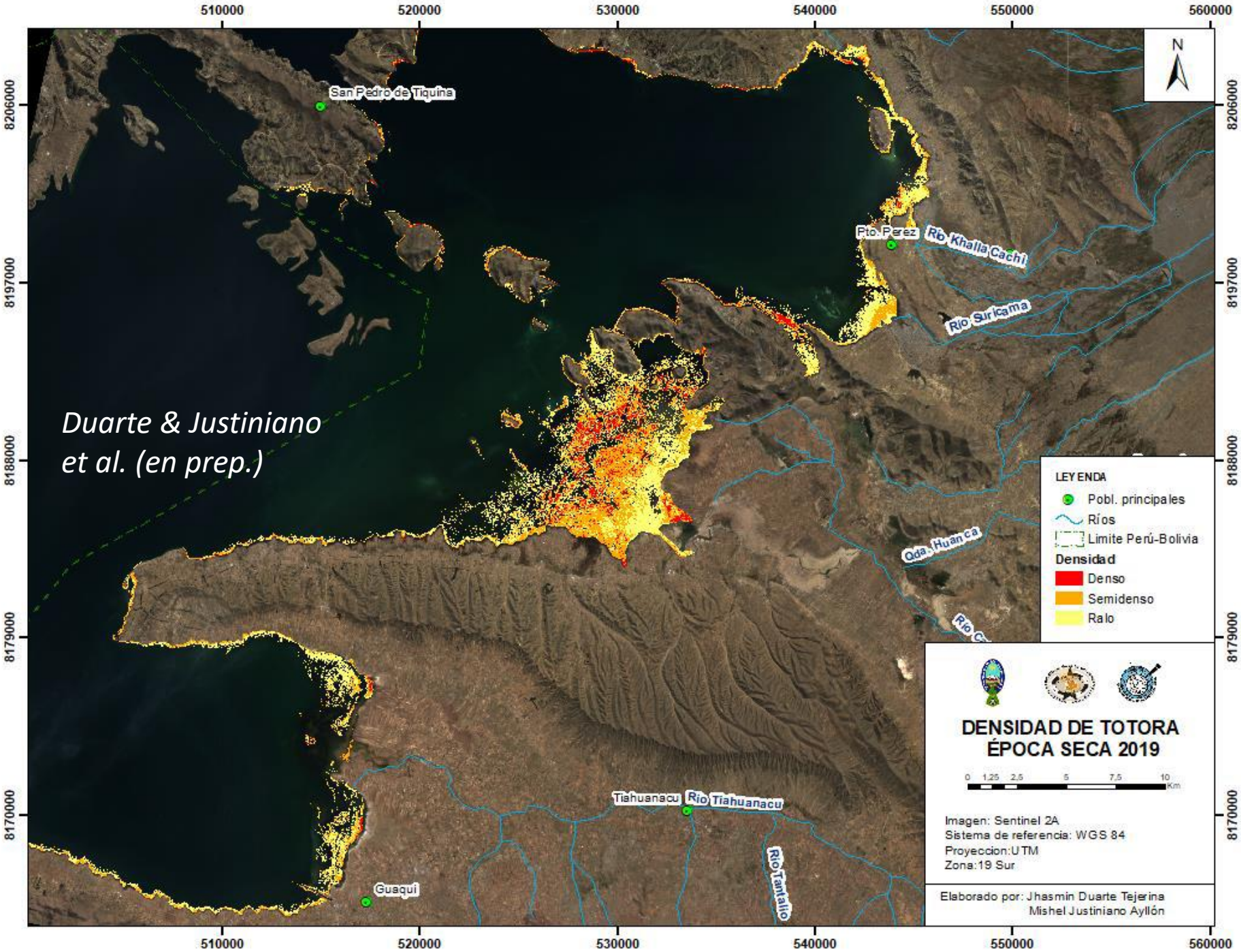
Label	Colour	Value	Frequency	Description
class_1		1	85.001%	Class 1
class_2		2	2.188%	Class 2
class_3		3	1.067%	Class 3
class_4		4	11.744%	Class 4
class_5		5	0.000%	Class 5
class_6		6	0.000%	Class 6

OWT	Chl min	Chl median	Chl max	CDOM min	CDOM median	CDOM max	TSM min	TSM median	TSM max
1	0.1	1.6	12.3	0.04	0.17	1.03	0.15	1.34	14.70
2	0.8	7.2	69.6	0.9	4.8	20.43	0.87	27.18	52.28
3	1.3	24.0	33.0	0.05	2.6	8.0	0.28	16.76	208.9
4	0.9	107.0	705.0	0.27	4.2	18.67	1.70	37.65	190.07
5	0.8	27.0	86.1	0.2	1.17	17.0	3.10	54.03	285.6
6	7.5	22.5	450.0	0.32	0.76	1.03	1.4	67.27	250.36

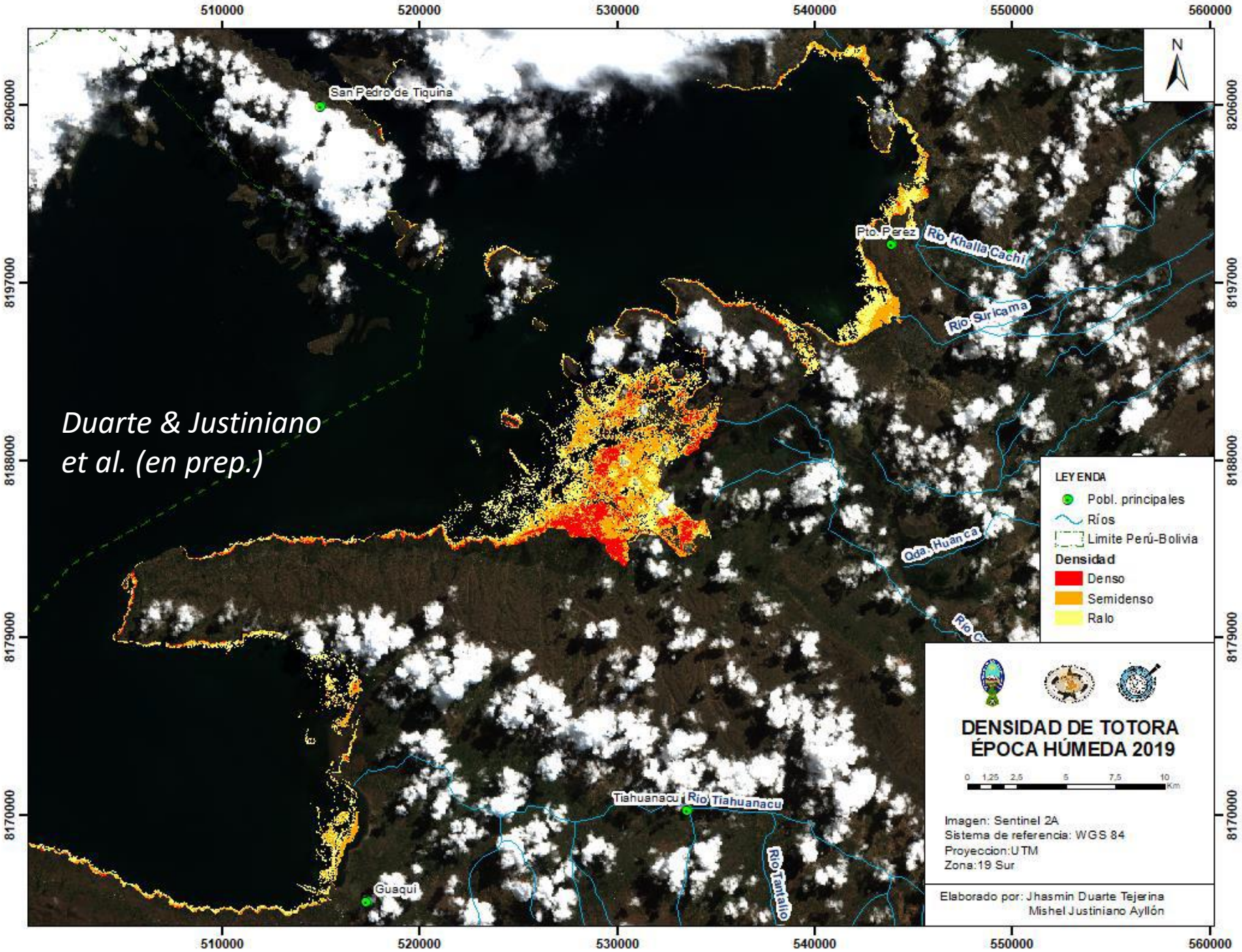
Evolución del nivel del Lago Titicaca de 1979 a 2021




507000
516000
525000
534000
543000
552000
561000
8207000
8198000
8189000
8180000
8171000
N
San Pedro de Tiquina
Pto. Perez
Río Khalla Cachi
Río Suricama
Río Catari
Río Catari
Río Tiahuanacu
Río Tiahuanacu
Tiahuanacu
Río Jacatallo
Guaqui
Duarte & Justiniano
et al. (en prep.)
LEYENDA
Poblaciones
Ríos
Límite Perú-Bolivia
Estado de la Totora
Joven
Senescente
FENOLOGIA DE TOTORA
ÉPOCA HÚMEDA 2019
0 1.5 3 6 9 12 Km
Imagen: Sentinel 2A
Sistema de referencia: WGS 84
Proyeccion:UTM
Zona:19 Sur
Fuente
Poblaciones : INE
Ríos: VRHR
Elaborado por: Jhasmin Duarte Tejerina
Mishel Justiniano Ayllón



Duarte & Justiniano et al. (en prep.)


510000
520000
530000
540000
550000
560000
8206000
8197000
8188000
8179000
8170000
N
San Pedro de Tiquina
Pto. Perez
Río Khalla Cachi
Río Suricama
Qda. Huanca
Río C
Tiahuanacu
Río Tiahuanacu
Río Tantallo
Guaqui
Duarte & Justiniano
et al. (en prep.)
LEYENDA
Pobl. principales
Ríos
Limite Perú-Bolivia
Densidad
Denso
Semidenso
Ralo
DENSIDAD DE TOTORA
ÉPOCA HÚMEDA 2019
0 1.25 2.5 5 7.5 10
Km
Imagen: Sentinel 2A
Sistema de referencia: WGS 84
Proyeccion:UTM
Zona:19 Sur
Elaborado por: Jhasmin Duarte Tejerina
Mishel Justiniano Ayllón

Webmaster : M. Ormachea, 2021

Sitio Web del Observatorio OLT: https://olt.geovisorumsa.com

PROYECTO PILOTO PNUD 05-B-05 (2019-2021): Observatorio permanente del Lago Titicaca (OLT)

Sitio Web del Observatorio OLT: https://olt.geovisorumsa.com

Observatorio Permanente del Lago Titicaca

Observatorio Binacional Titicaca

Inicio Sitios WEB Investigadores Videos Contactos

Nuestros Sitios WEB

Mi boya
Monitoreo de alta frecuencia

Estación meteo de Huatajata
Monitoreo litoral

Campañas lacustres
Monitoreo periódico

Sensoramiento remoto
Monitoreo en escala global

Sitio Web del Observatorio OLT: https://olt.geovisorumsa.com

¿QUÉ RECORDAR?

- **Áreas poco profundas, litorales**, más suscptibles en eutrofizarse/deteriorarse ➔ **Alerta Temprana**, enfocar **vigilancia**, **remediación**
- **Monitoreo remoto con alta frecuencia en tiempo real** (Boya + Satélite) solo necesita **pocas campañas *in situ*** para validación/verificación ➔ **Reducción costos**
- Monitoreo Boya + Satélite ➔ **Conocimiento actualizado funcionamiento Lago + Verificar mejoras esperadas** de puesta en marcha **PTARs +** proteger/desarrollar **cordón totorales/humedales artificiales**
- **Desarrollar humedales** ➔ Identificar / mapear **áreas de inundación** durante temporadas de lluvias, crecidas ➔ Aumentar capacidad **filtración biológica natural** ➔ **Red binacional de monitoreo (Boyas HydroMet)**
- **Sustenabilidad:** Boya HydroMet + Red estaciones = **monitoreo permanente a largo plazo**
- **IE & IIGEO a cargo** de investigación y monitoreo a partir de **2022**
- **Indispensable: Especialistas** capacitados + **presupuesto** para mantenimiento, **procesamiento datos**, compartir **sitio Web OLT**
- Implementar **Comité de Cuenca** con todos los **actores**, para concienciar, incentivar **dialogo entre sociedad x científicos x politicos** ➔ **Eficiencia**

Agradecemos nuestros colaboradores locales, sin los cuales nuestro estudio no sería posible !

ZONAS MÁS EUTROFIZADAS (DETERIORADAS)

- Sur Isla Cojata
- Bahía Puerto Pérez
- Bahía Cumana (temporadas lluvias)
- Bahía Cohana: desde desembocadura Katari Quehuaya; islas Suriqui, Pariti, Sicuya
- Sur Bahía Cohana: Chojasivi
- Norte Península Taraco