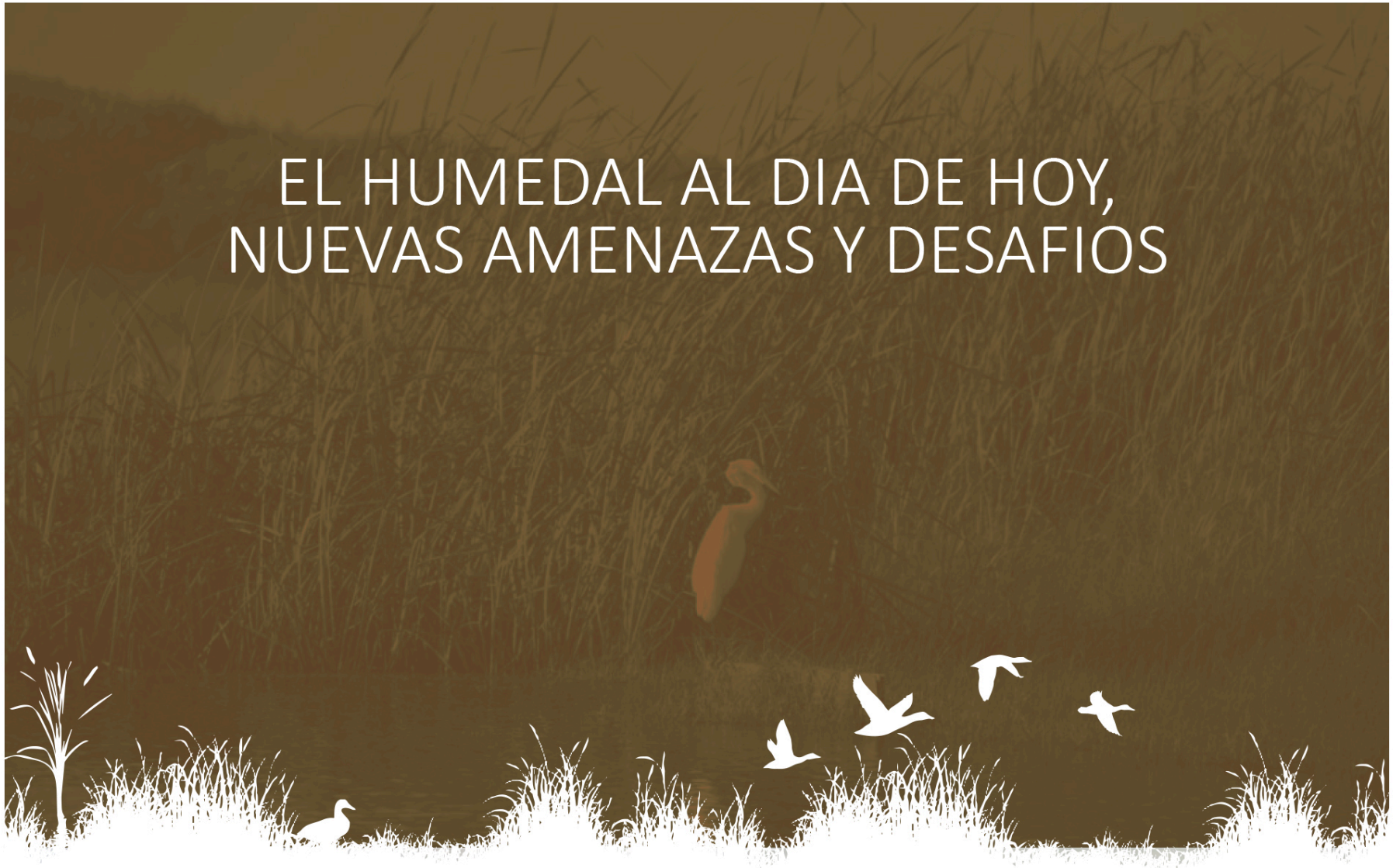
EL HUMEDAL AL DIA DE HOY, NUEVAS AMENAZAS Y DESAFIOS



Instituto de Ciencias
Ciencias de la Tierra
Facultad de Ciencias

Programa de Monitoreo
Humedal Río Cruces
y sus ríos tributarios

Eduardo Jaramillo

23 Junio 2025

LA GENTE

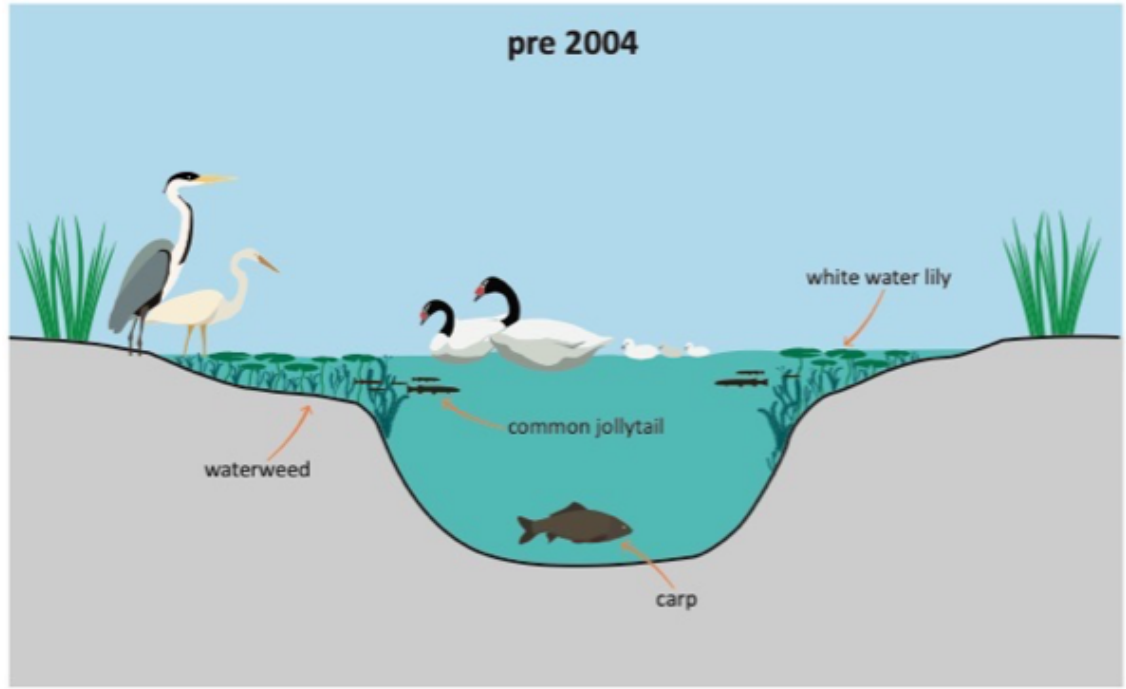
LOS DATOS

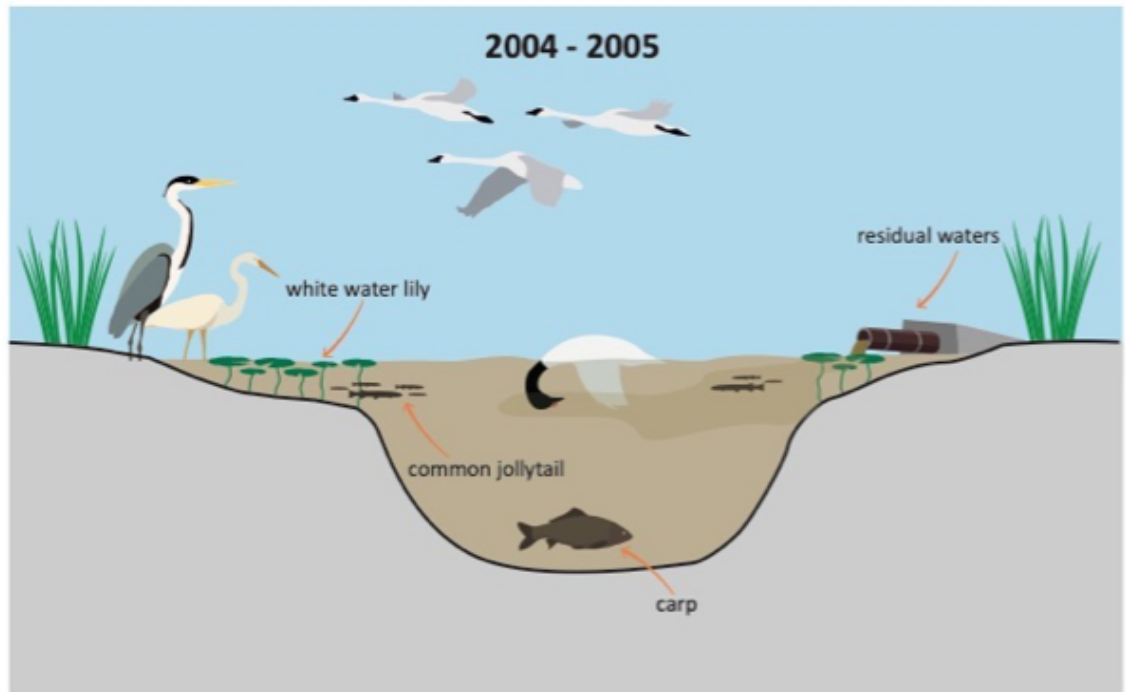
CIENCIA Y

VERDAD

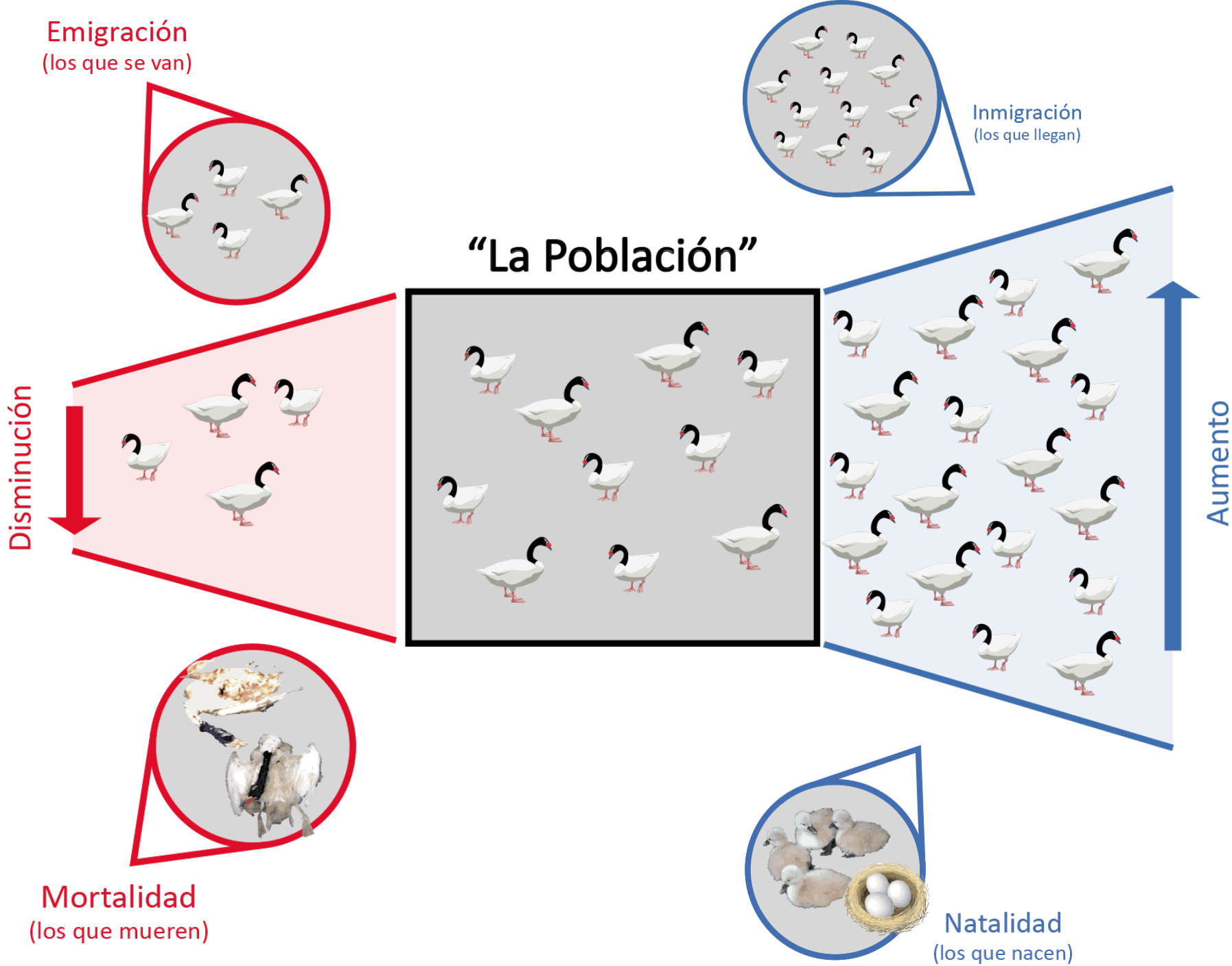
EL

NOMBRE


pre 2004
white water lily
common jollytail
waterweed
carp


2004 - 2005
residual waters
white water lily
common jollytail
carp

EMIGRACION O MORTANDAD MASIVA DE CISNES ?


Emigración
(los que se van)
Inmigración
(los que llegan)
"La Población"
Disminución
Aumento
Mortalidad
(los que mueren)
Natalidad
(los que nacen)

DESDE LA PRIMAVERA DEL AÑO 2004: APARICIÓN DE CISNES EN HUMEDALES DONDE ANTES NO OCURRÍAN

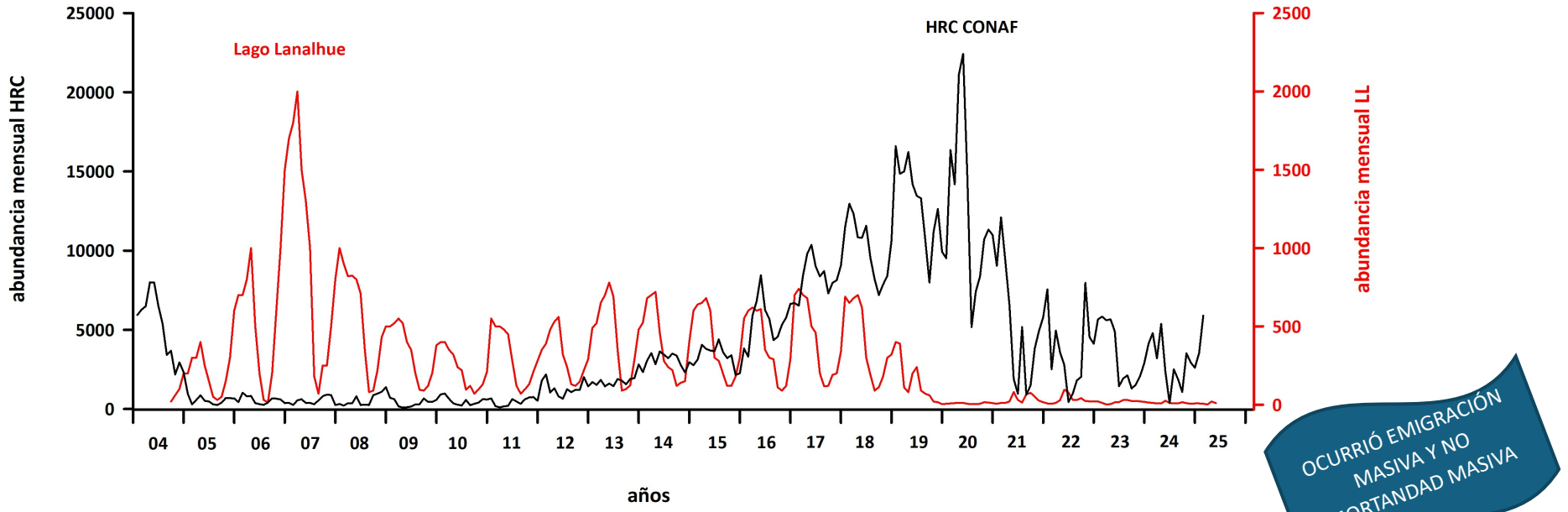
DONDE ?





Este grave hecho origina la migración masiva a distintos lugares de Chile.

En Octubre de 2004 comienza a llegar una inusual cantidad de cisnes a las tranquilas aguas del lago Lanalhue, atraídos por la abundancia de luchecillo (egeria densa).



OCURRIÓ EMIGRACIÓN MASIVA Y NO MORTANDAD MASIVA

WETLANDS, Vol. 28, No. 4, December 2008, pp. 938–950
© 2008, The Society of Wetland Scientists

ENVIRONMENTAL PROCESSES, WATER QUALITY DEGRADATION, AND DECLINE OF WATERBIRD POPULATIONS IN THE RIO CRUCES WETLAND, CHILE

Nelson A. Lagos[1], Pedro Paolini[2], Eduardo Jaramillo[3], Charlotte Lovengreen[4], Cristian Duarte[3], and Heraldo Contreras[3]

[1]*Centro de Investigación en Ciencias Ambientales (CIENCIA-UST), Universidad Santo Tomás*
Ejército 146
Santiago, Chile 650449
E-mail: nlagoss@ust.cl

[2]*Centro de Estudios Espaciales, Universidad de Chile*
Tupper 2007
Santiago, Chile 8370451

[3]*Instituto de Zoología*
Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile
Independencia 64
Valdivia, Chile 657

[4]*Instituto de Física*
Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile
Independencia 64
Valdivia, Chile 657

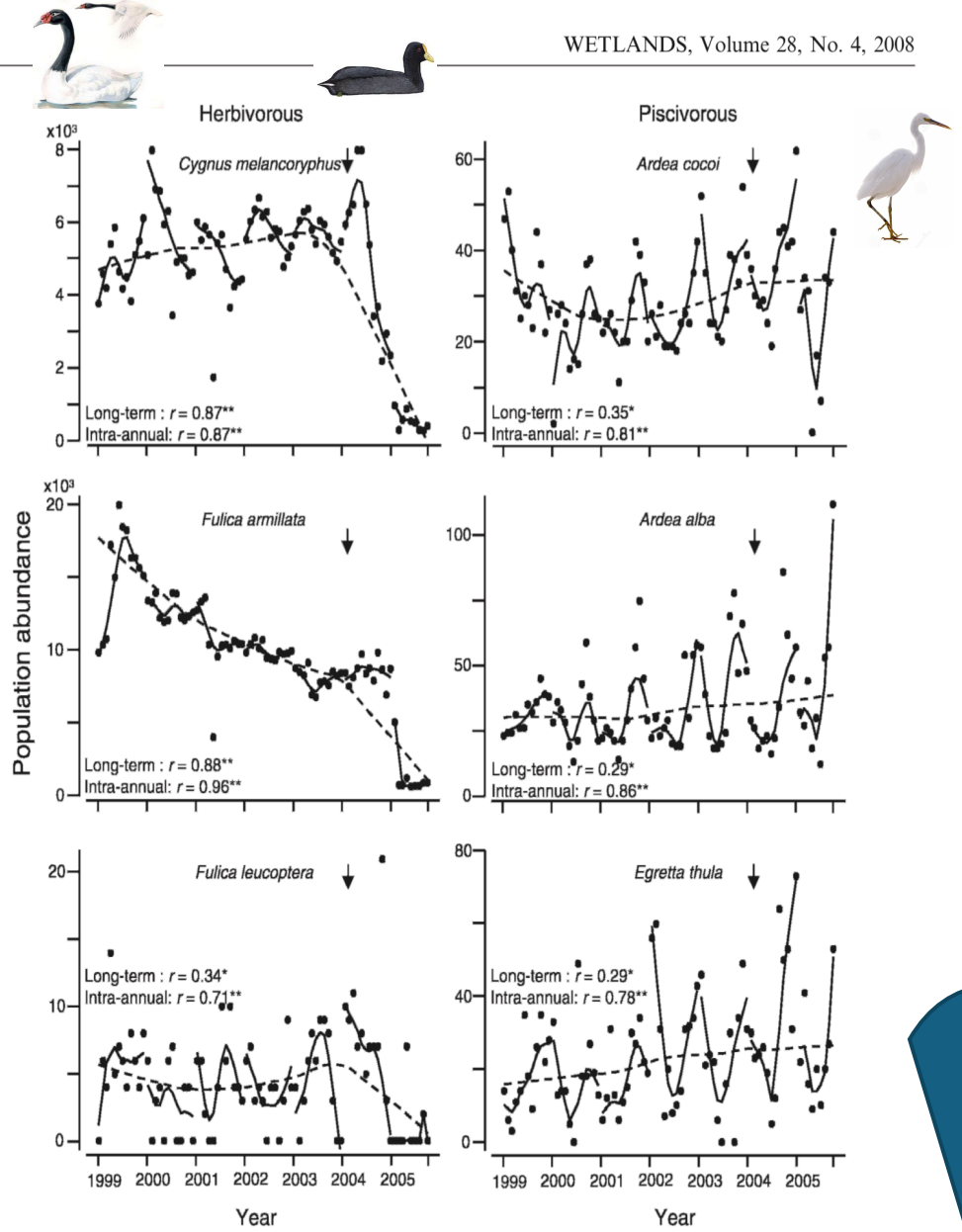


Figure 6. Patterns of temporal variability in the population abundance of selected herbivorous and piscivorous birds inhabiting the wetland of Rio Cruces. Dashed line = long-term trend; solid line = intra-annual trend for the corresponding year. In all cases, trends correspond to a LOWESS fitted over the corresponding temporal scale. The arrows indicate the start of discharges of the pulp mill effluent into the waters of Rio Cruces. r = Pearson correlation between raw data (black dots) with the fitted values (lines) at the corresponding temporal scale. * $P < 0.001$; ** $P < 0.0001$.

No hubo un cambio catastrófico o desastre ambiental… ocurrió un cambio ambiental significativo

SOLO LAS AVES HERBÍVORAS FUERON AFECTADAS, NO ASÍ LAS CARNÍVORAS

2004 = Afectación negativa de tres macrófitas acuáticas

Egeria densa (Luchecillo)



Potamogeton pusillus (Huiro café)



Potamogeton lucens (Huiro verde)



NO OCURRIO UNA CATASTROFE O DESATRE AMBIENTAL… OCURRIEORN CAMBIOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation

Marten Scheffer[1] and Stephen R. Carpenter[2]

[1]Department of Aquatic Ecology and Water Quality Management, Wageningen University, PO Box 8080, 6700 DD Wageningen, The Netherlands
[2]Center for Limnology, University of Wisconsin, 680 North Park Street, Madison, WI 53706, USA

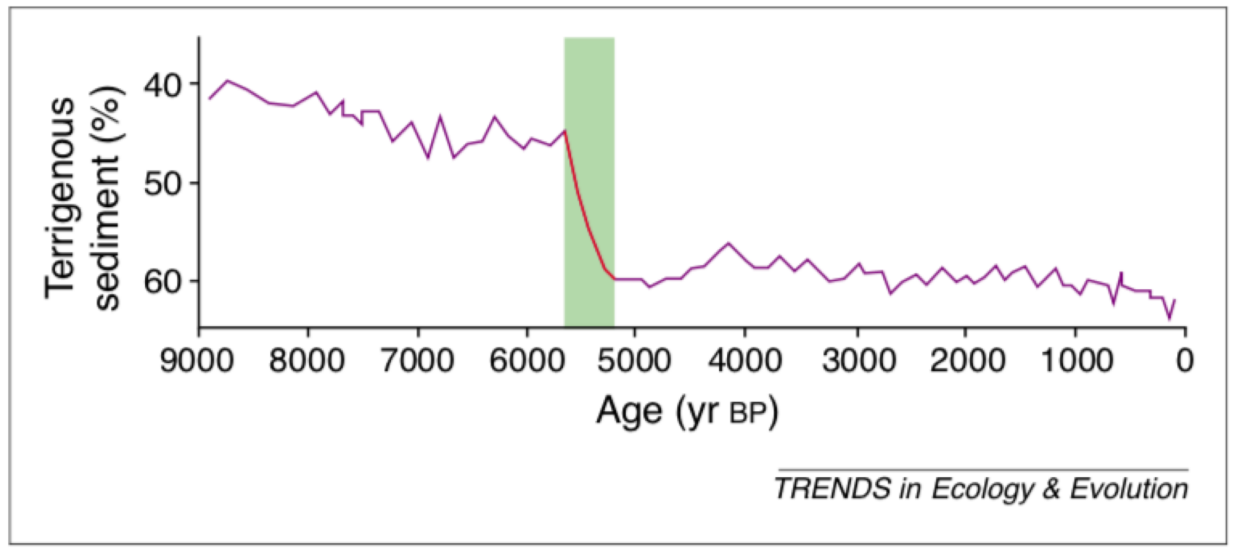
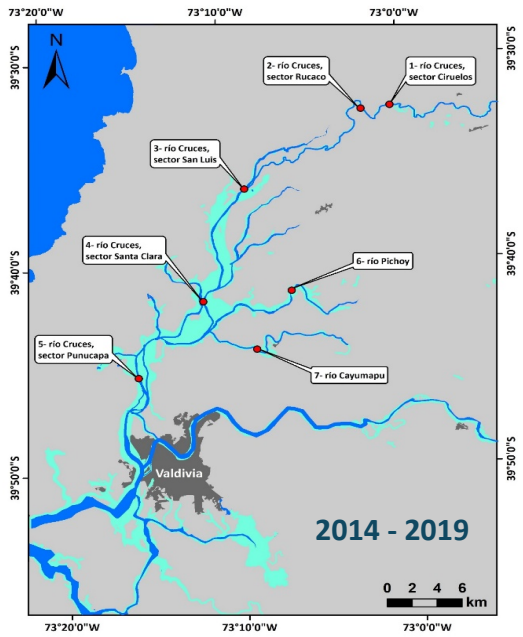
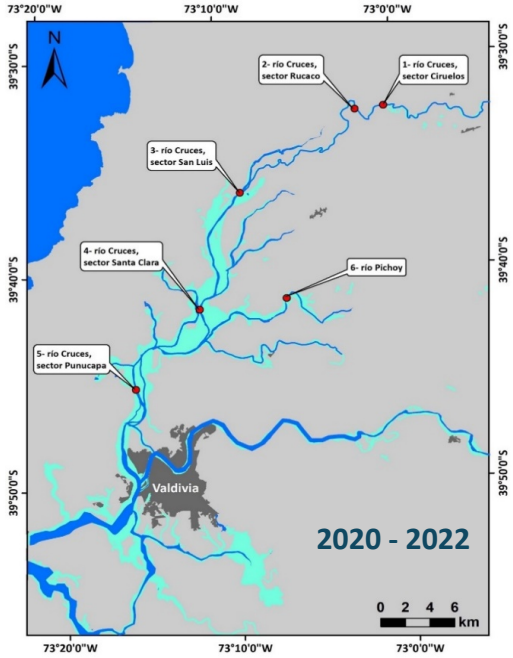


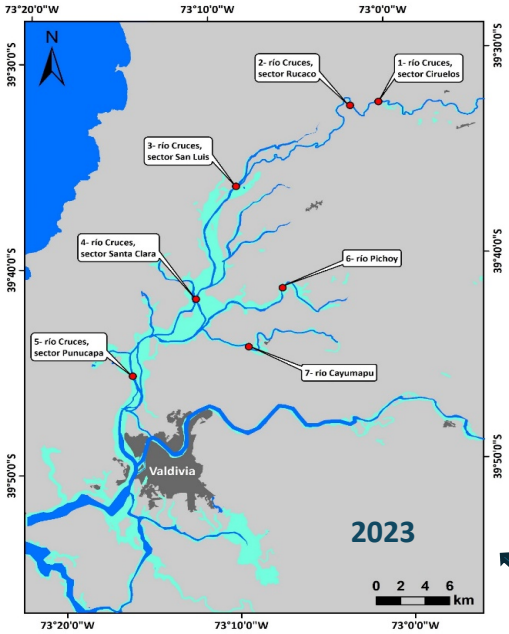
Figure 1. The collapse of Saharan vegetation as an example of an ancient regime shift. After millennia of fluctuations around a smoothly decreasing trend of vegetation cover, an abrupt collapse over the Sahara occurred between 5000 and 6000 years ago, as reflected in the contribution of terrigenous dust (axis reversed) to oceanic sediment at a sample site near the African coast. Modified with permission from [61].

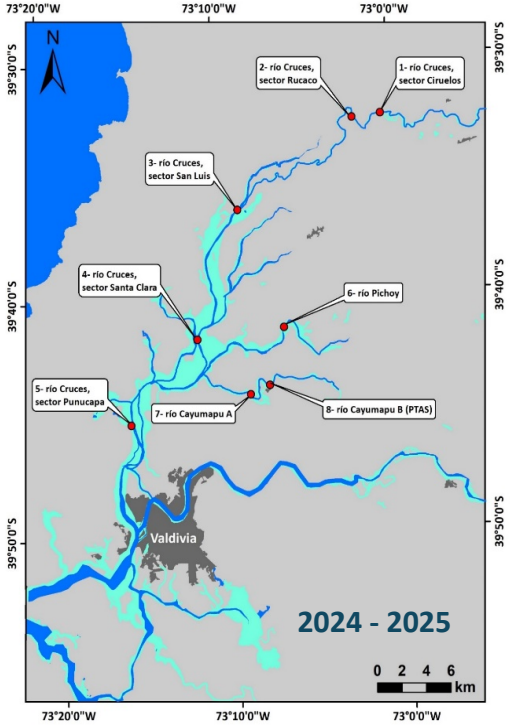
EL HUMEDAL AL DIA DE HOY:
20 AÑOS DESPUES

AGUA SUPERFICIAL
SEDIMENTOS SUBACUATICOS



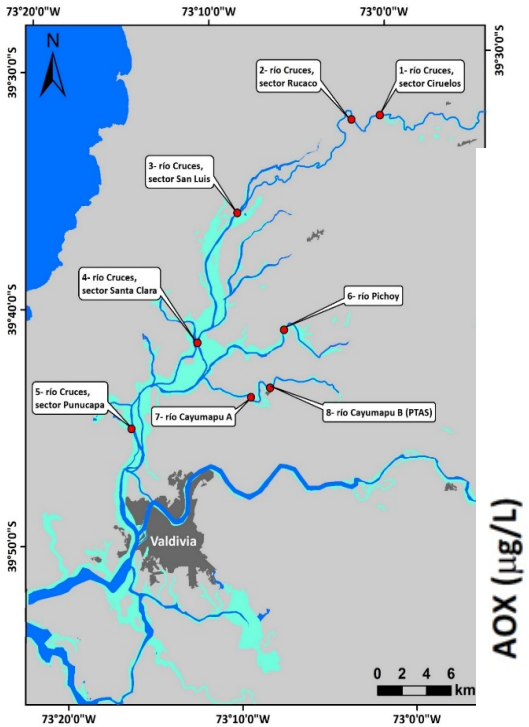


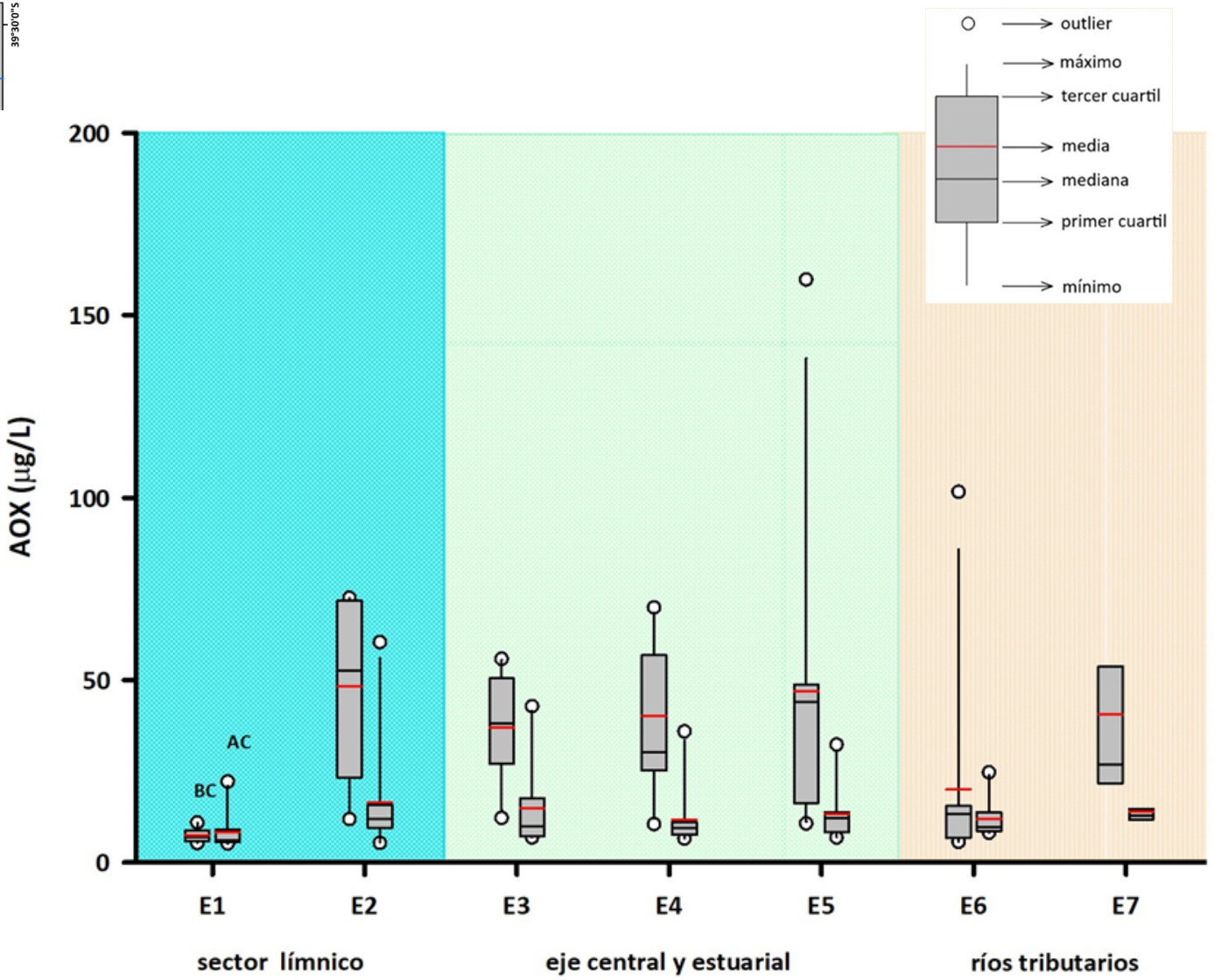




MONITOREO DE TIPO ADAPTATIVO

AGUA SUPERFICIAL

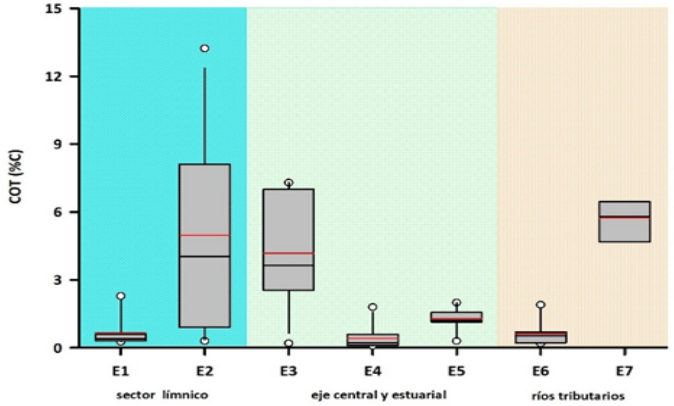


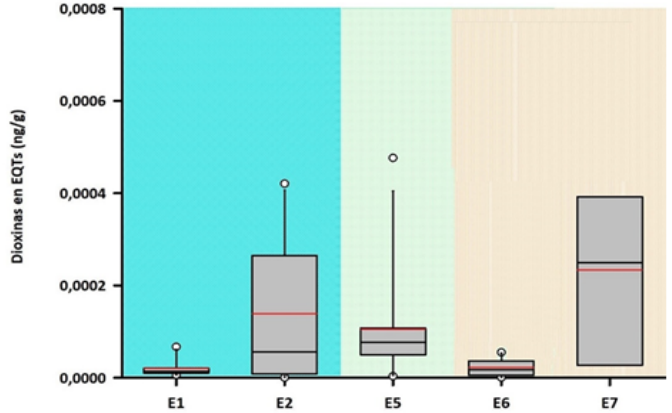


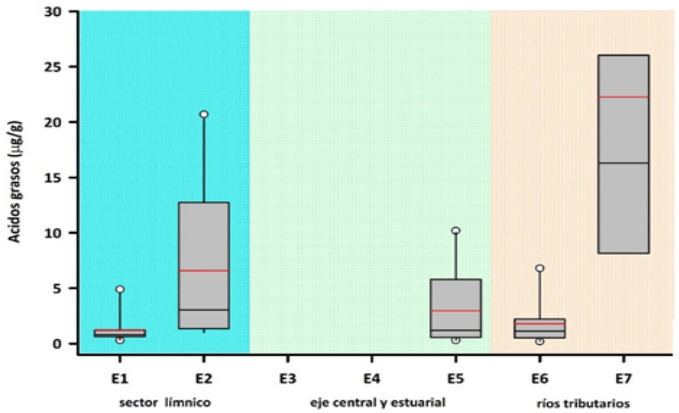
BC = Bajo Caudal (abril)

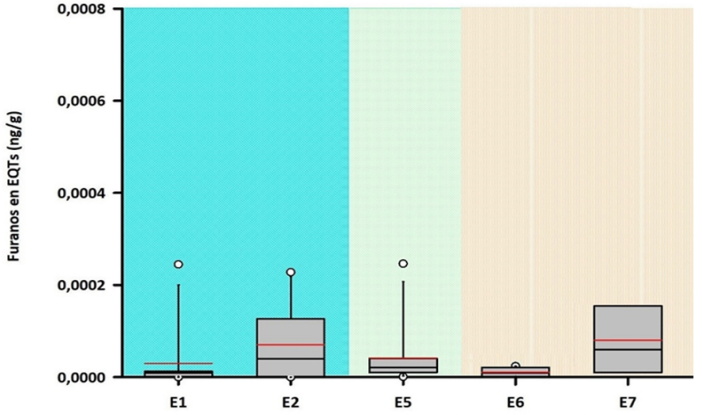
AC = Alto Caudal (julio)

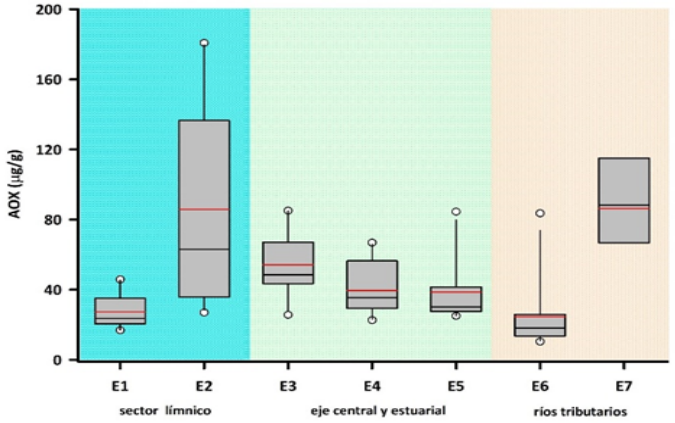
SEDIMENTOS SUBACUATICOS

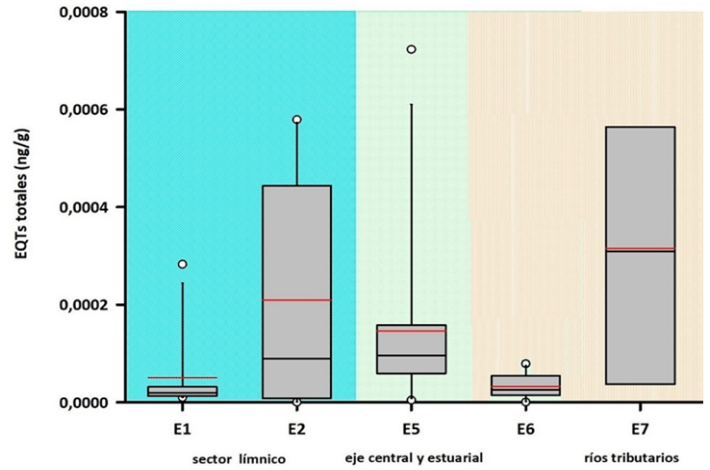








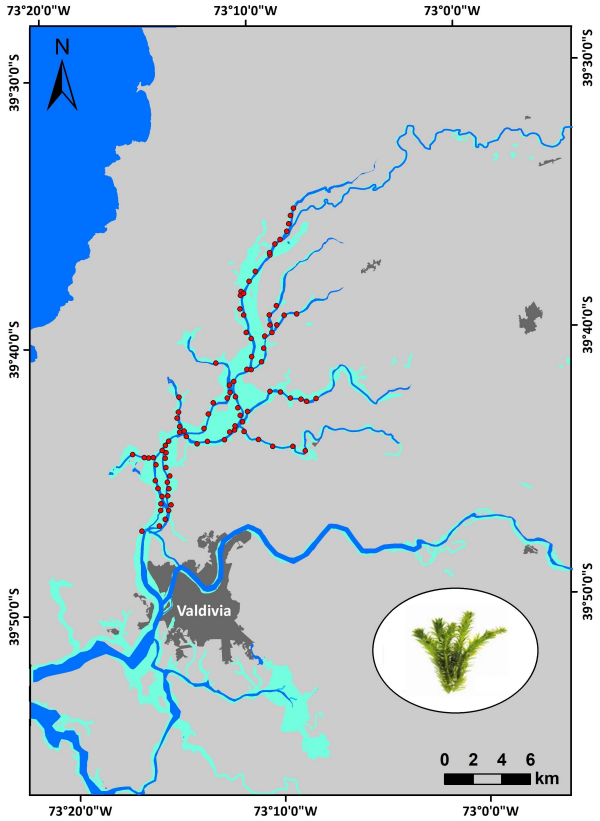




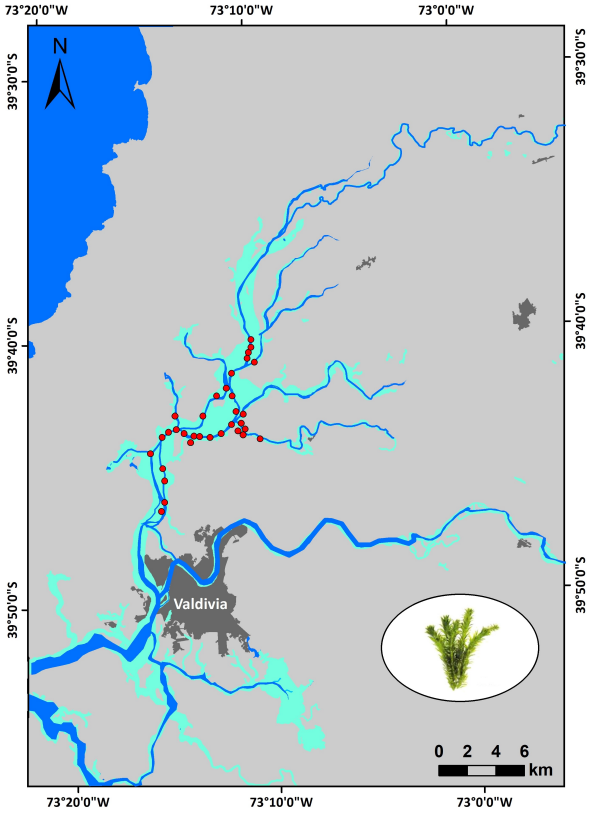
MACROFITAS ACUATICAS

ESTADO DEL LUCHECILLO

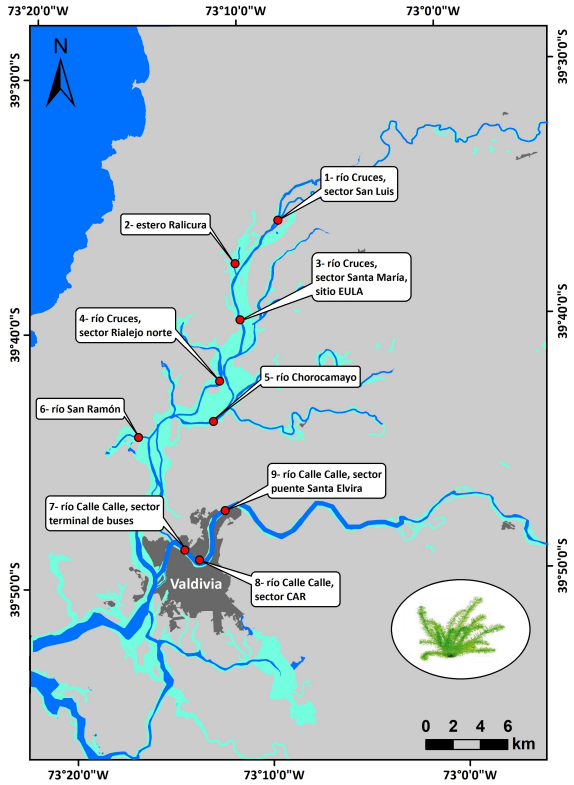
92 sitios para color

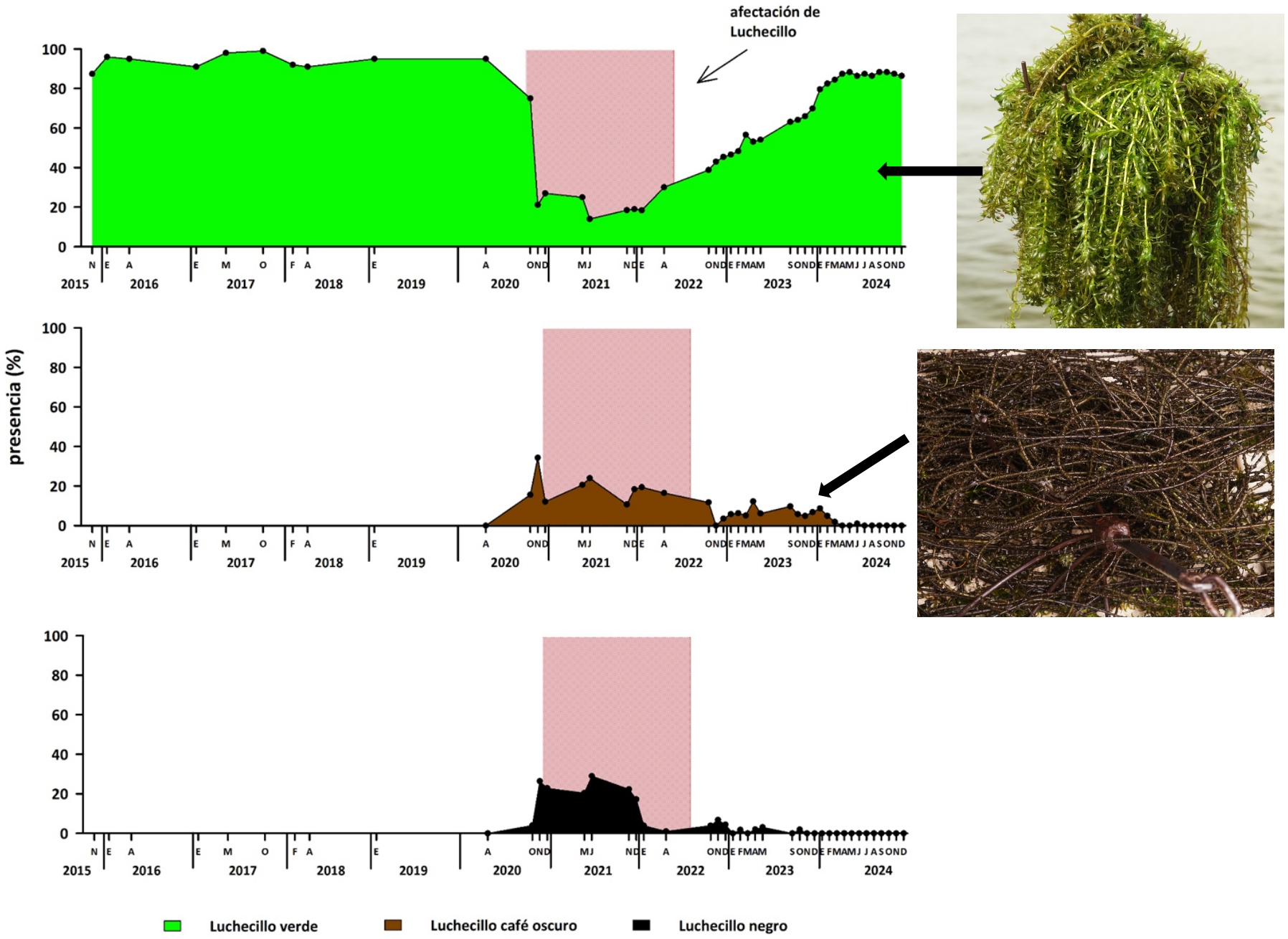


33 sitios para biomasa fresca



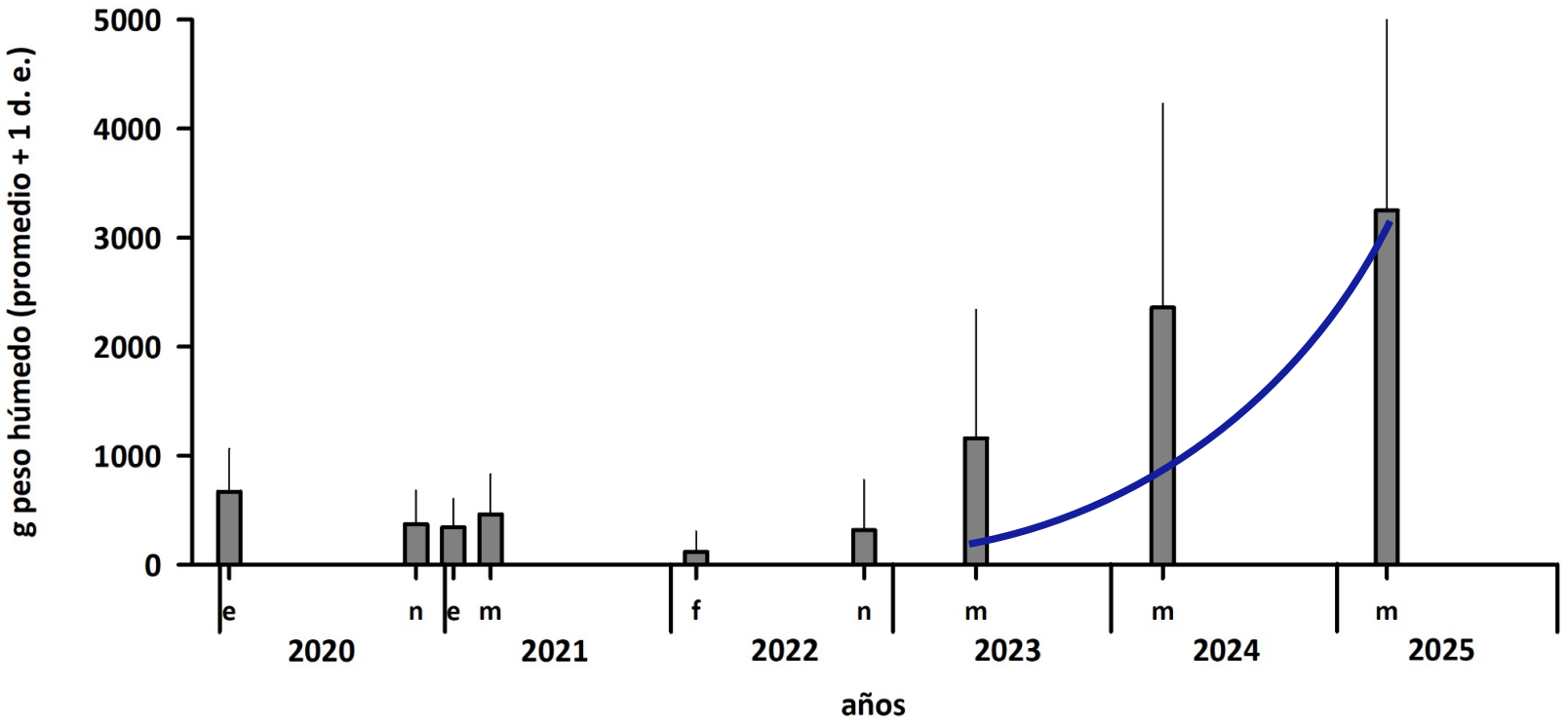
9 sitios para contenidos de Hierro



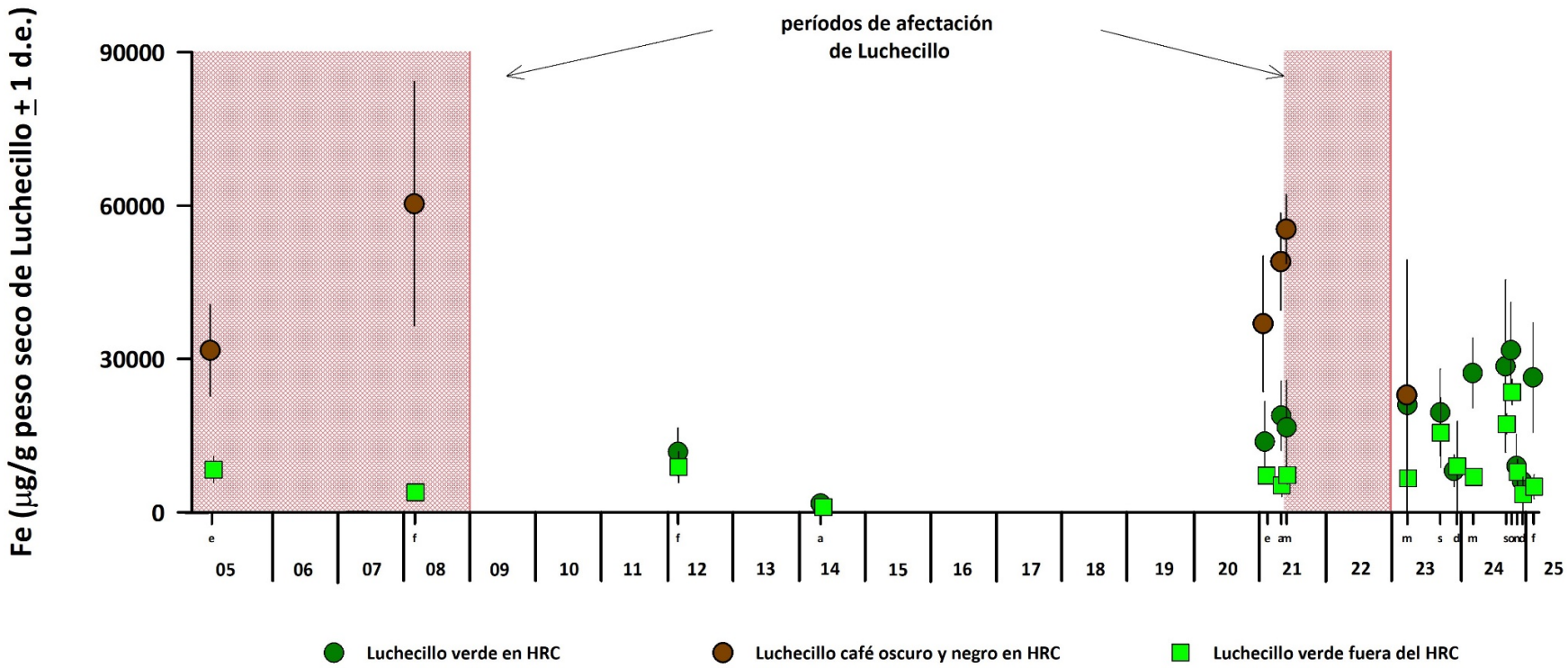

afectación de
Luchecillo
presencia (%)
100
80
60
40
20
0
N E A E M O F A E A OND MJ ND E A OND E FMAM SOND E FMAM J J A SOND
2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024
Luchecillo verde
Luchecillo café oscuro
Luchecillo negro



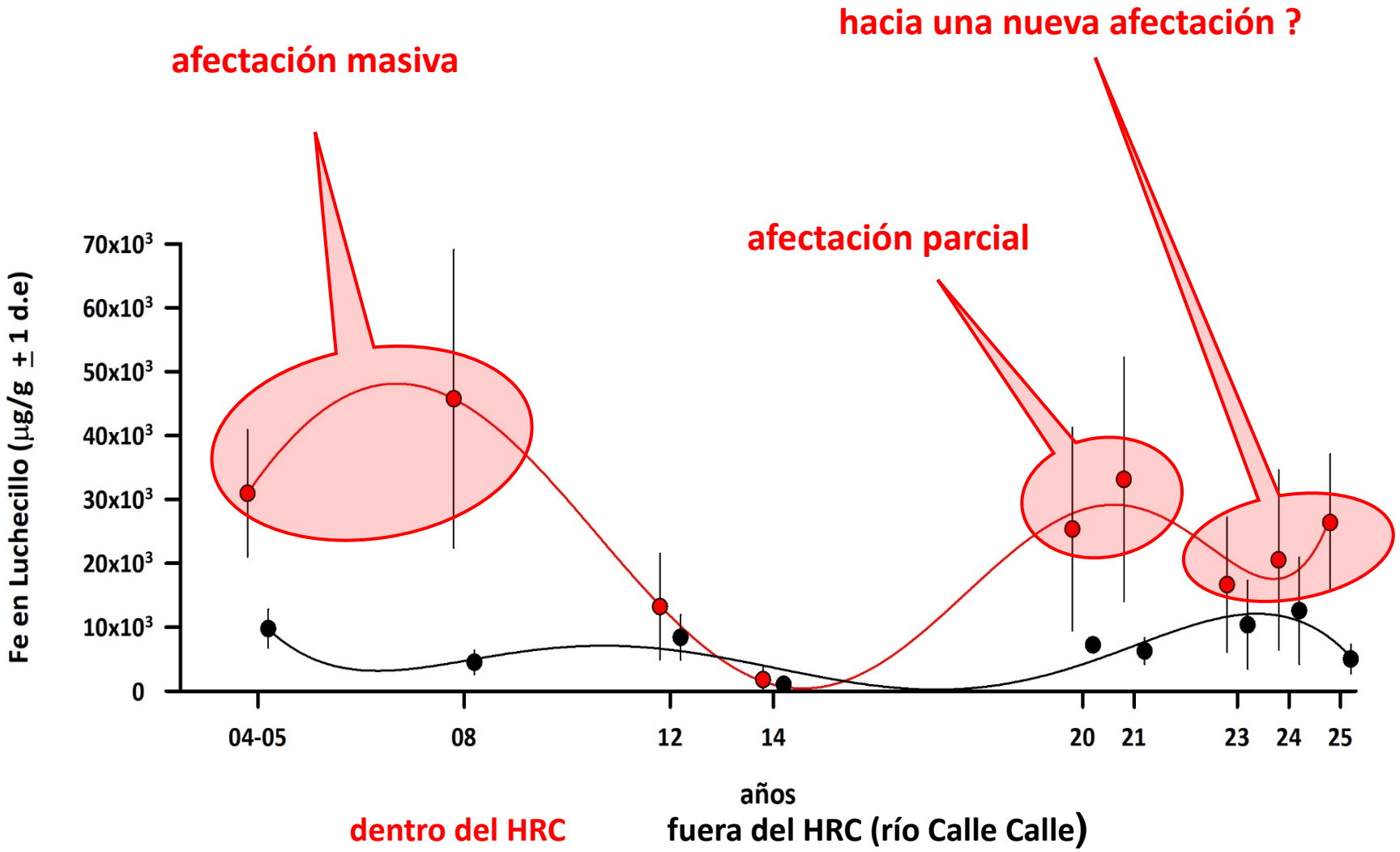
recolección anual de Luchecillo en 33 sitios del HRC



CONCENTRACIONES DE HIERRO: UN PROXY DEL ESTADO DE SALUD DEL LUCHECILLO

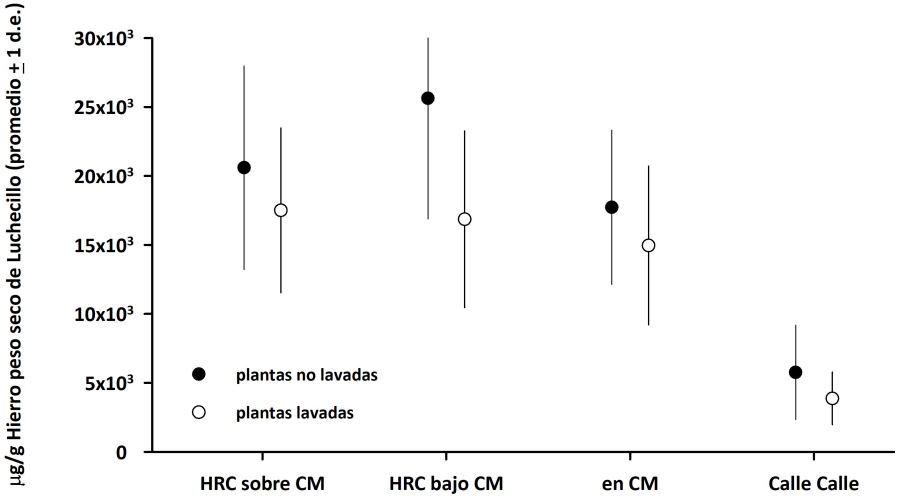


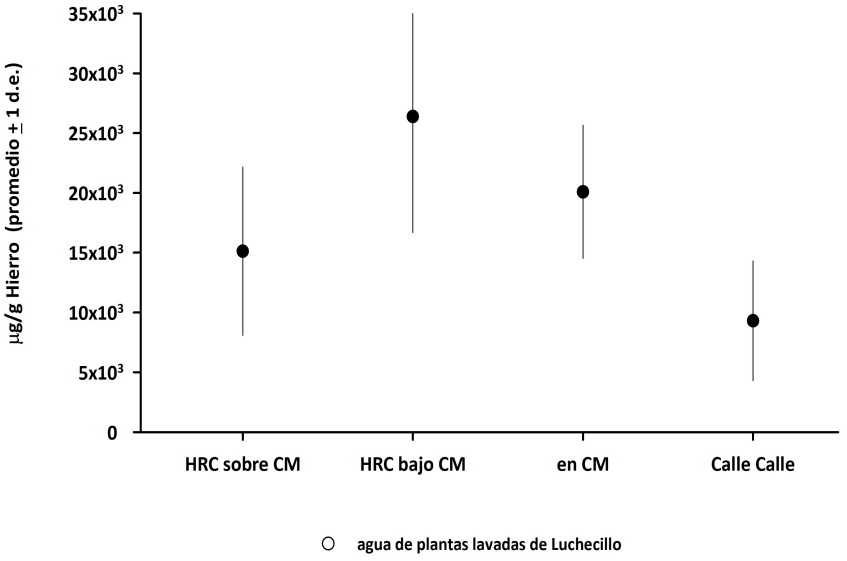
CONTENIDOS DE HIERRO EN PLANTAS DE LUCHECILLO



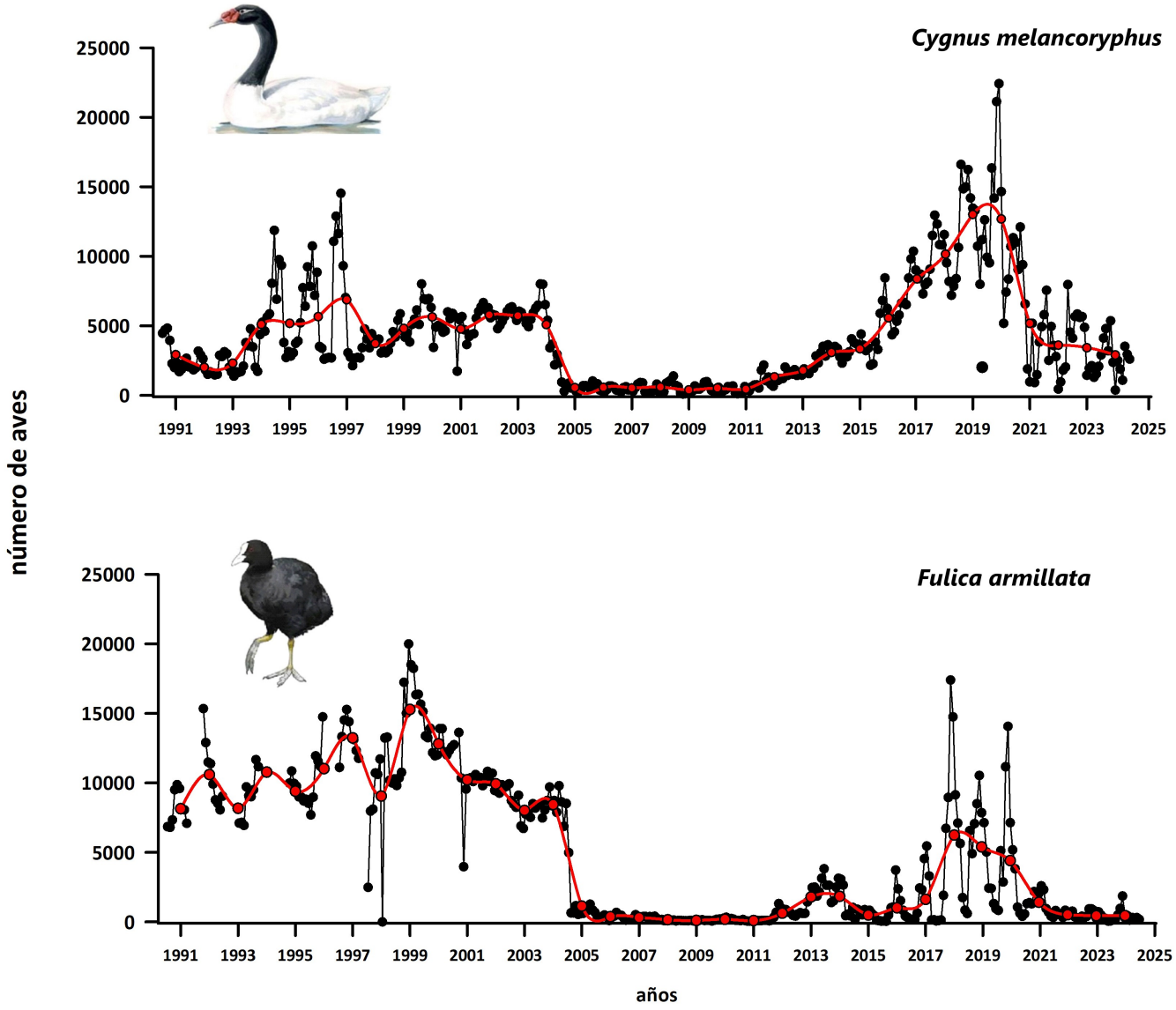


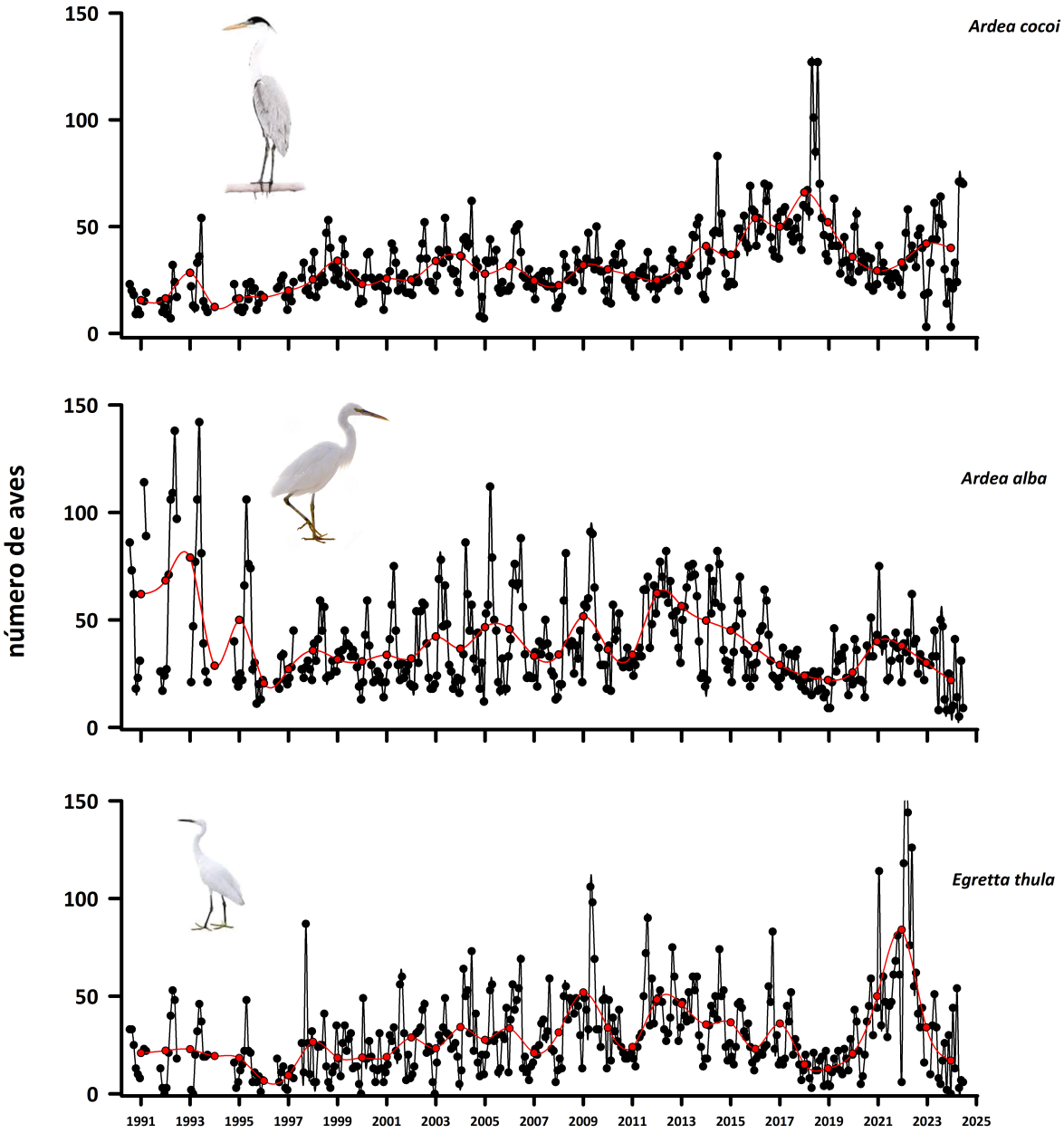




µg/g Hierro peso seco de Luchecillo (promedio ± 1 d.e.)
30x10³
25x10³
20x10³
15x10³
10x10³
5x10³
0
plantas no lavadas
plantas lavadas
HRC sobre CM
HRC bajo CM
en CM
Calle Calle

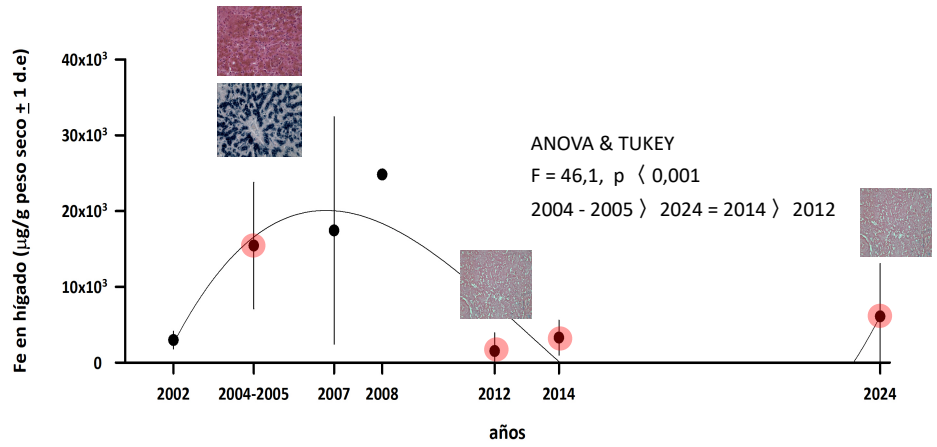

µg/g Hierro (promedio ± 1 d.e.)
35x10³
30x10³
25x10³
20x10³
15x10³
10x10³
5x10³
0
HRC sobre CM
HRC bajo CM
en CM
Calle Calle
agua de plantas lavadas de Luchecillo

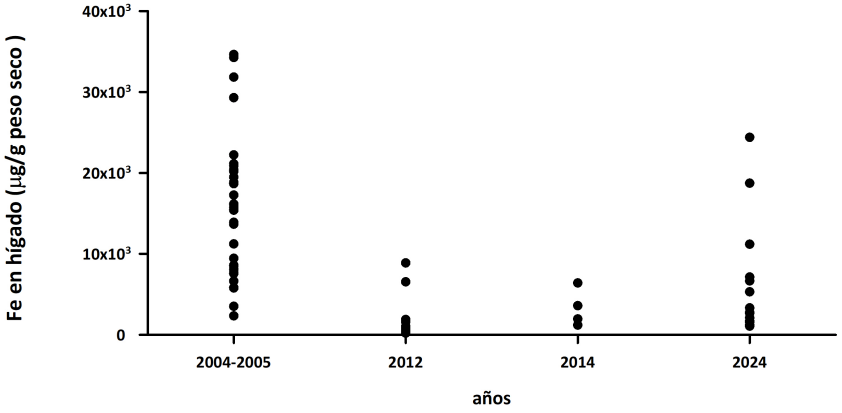
AVIFAUNA ACUATICA

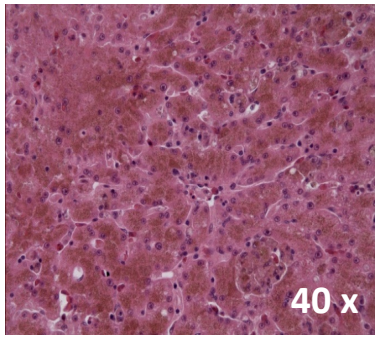

Cygnus melancoryphus
Fulica armillata
número de aves
25000
20000
15000
10000
5000
0
1991
1993
1995
1997
1999
2001
2003
2005
2007
2009
2011
2013
2015
2017
2019
2021
2023
2025
años

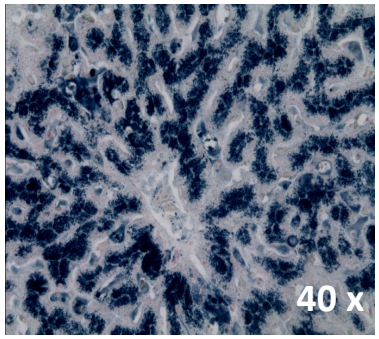

número de aves
150
100
50
0
Ardea cocoi
Ardea alba
Egretta thula
1991
1993
1995
1997
1999
2001
2003
2005
2007
2009
2011
2013
2015
2017
2019
2021
2023
2025

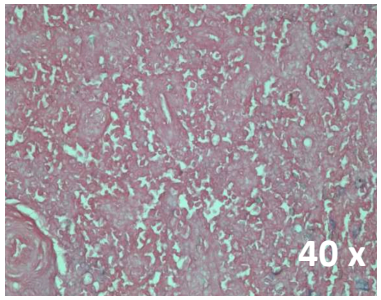
CONTENIDOS DE HIERRO EN HIGADOS DE CISNES

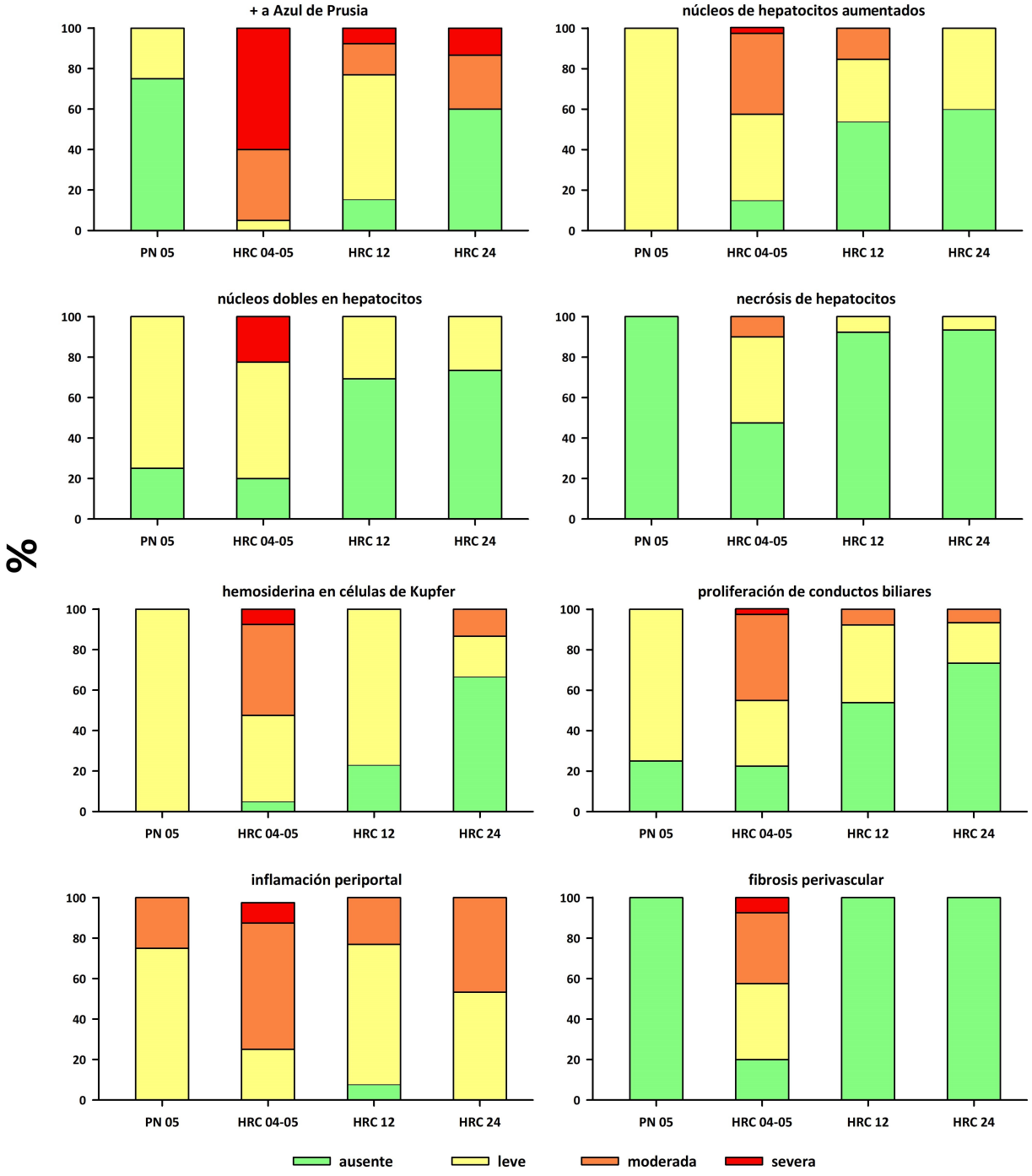








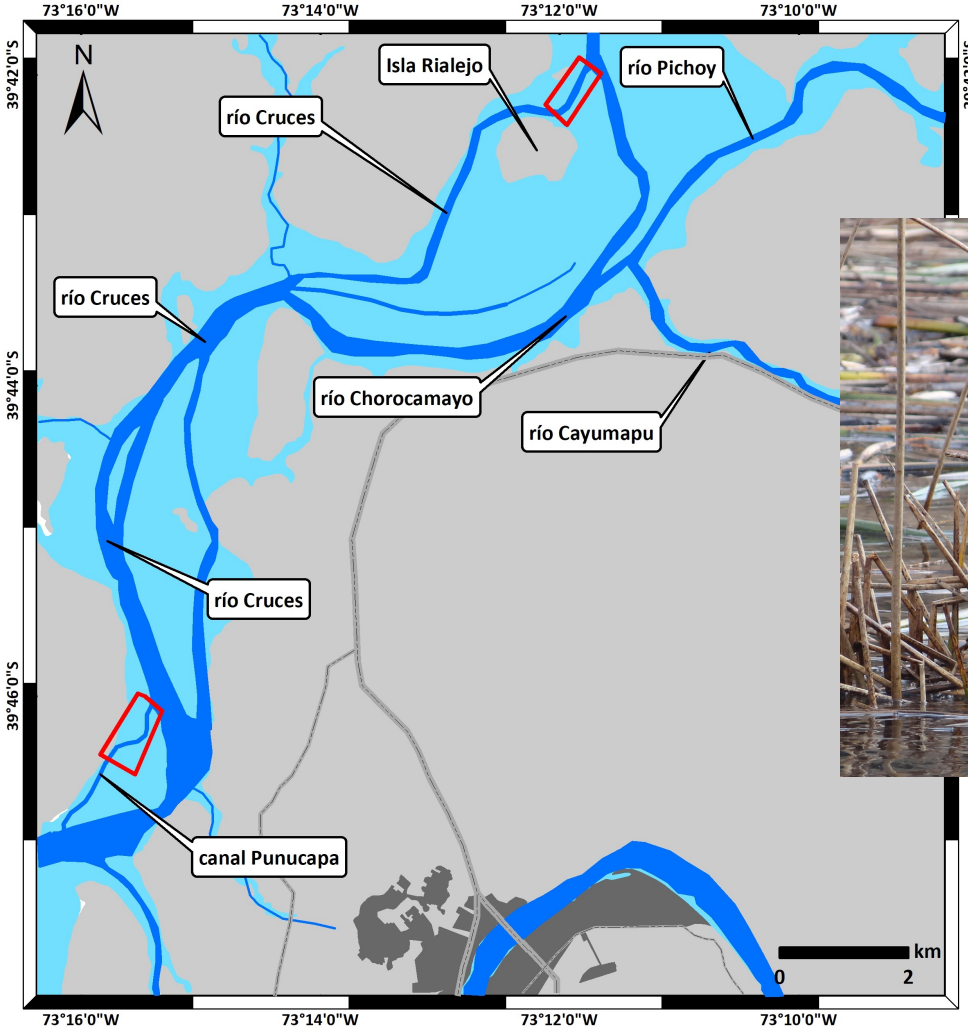



+ a Azul de Prusia
núcleos de hepatocitos aumentados
núcleos dobles en hepatocitos
necrósis de hepatocitos
hemosiderina en células de Kupfer
proliferación de conductos biliares
inflamación periportal
fibrosis perivascular
%
0
20
40
60
80
100
PN 05
HRC 04-05
HRC 12
HRC 24
ausente
leve
moderada
severa

NUEVAS AMENAZAS

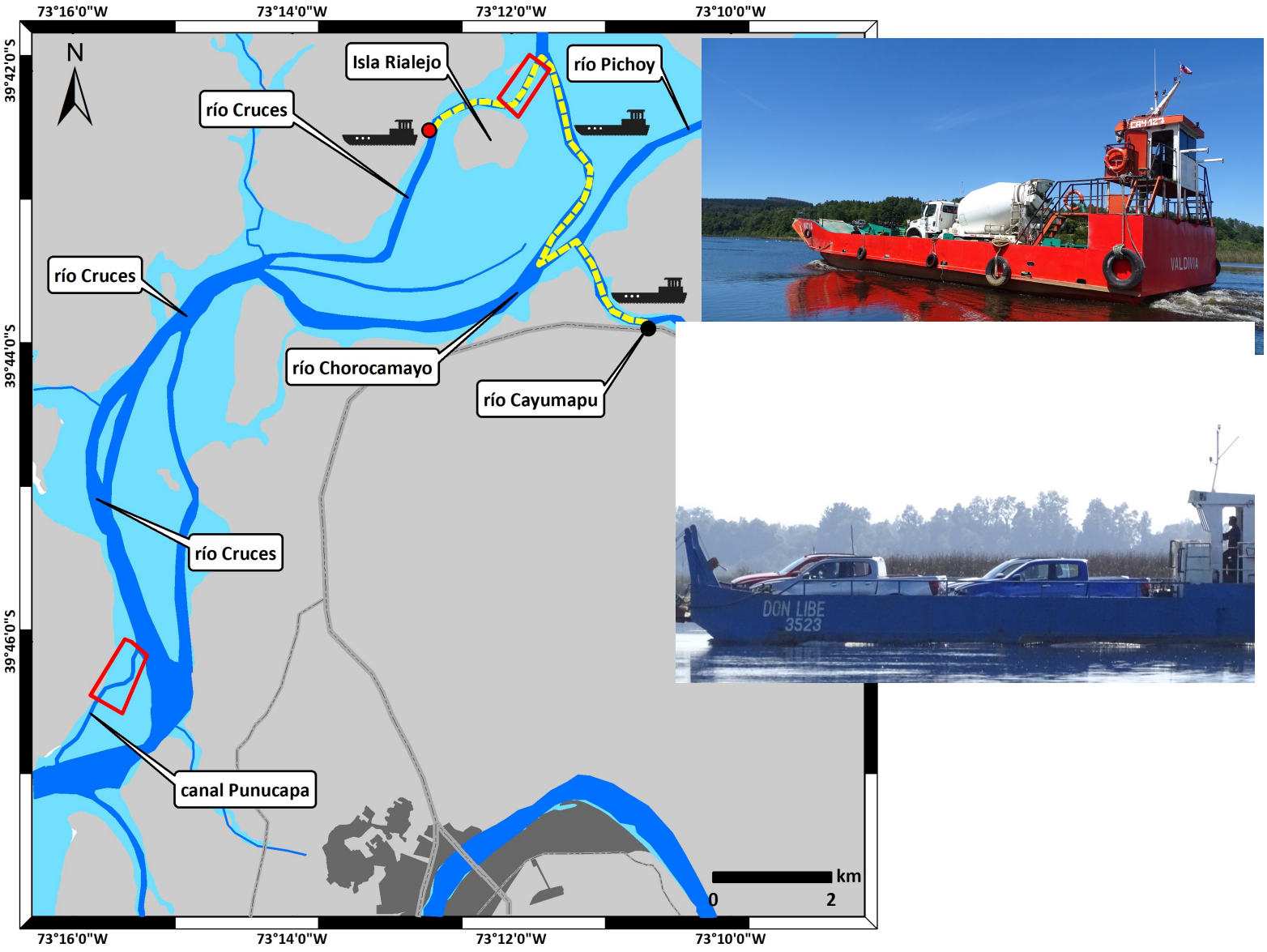
AMENAZAS LOCALES O QUE SE ORIGINAN DENTRO DEL HUMEDAL

INCREMENTO DEL TRAFICO BARCAZAS & EVENTUAL AFECTACION HABITAT COIPOS



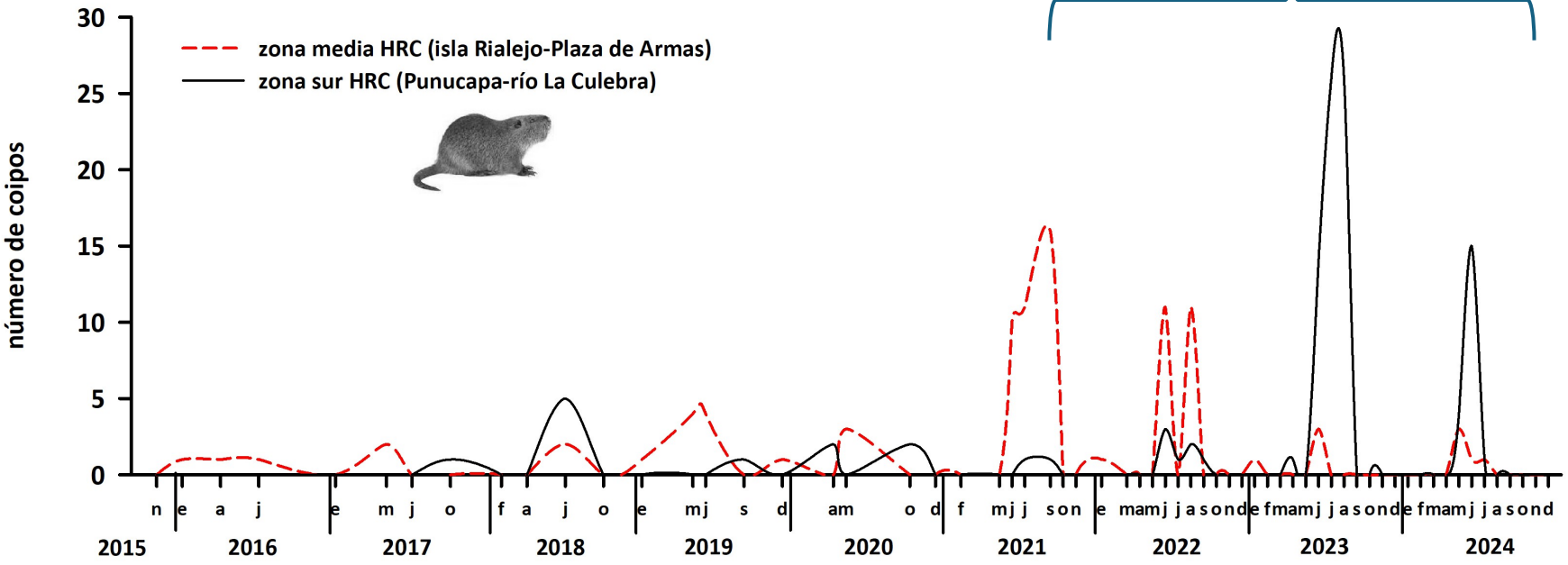
Áreas de coipos



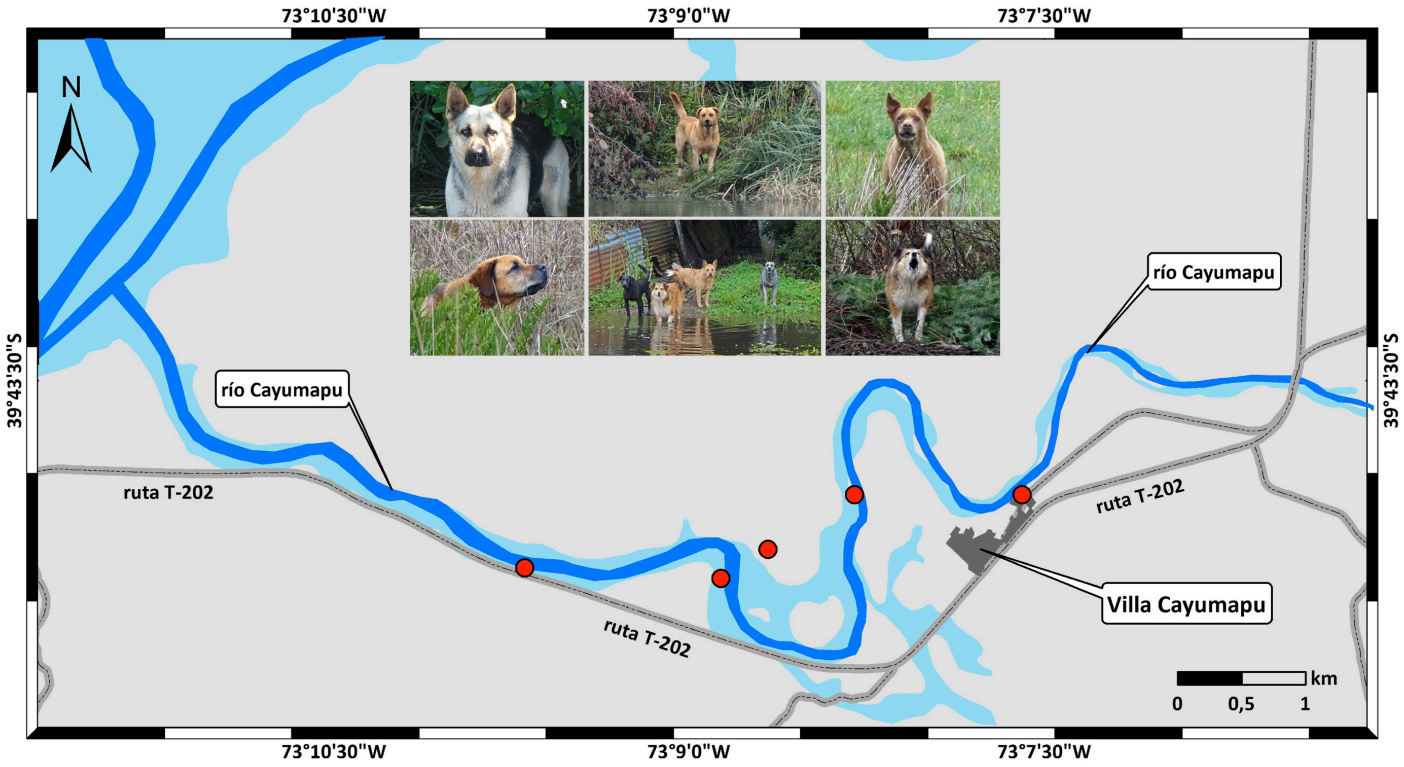

73°16'0"W
73°14'0"W
73°12'0"W
73°10'0"W
39°42'0"S
39°44'0"S
39°46'0"S
N
Isla Rialejo
río Pichoy
río Cruces
río Cruces
río Chorocamayo
río Cayumapu
río Cruces
canal Punucapa
km
0
2
VALDIVIA
DON LIBE
3523

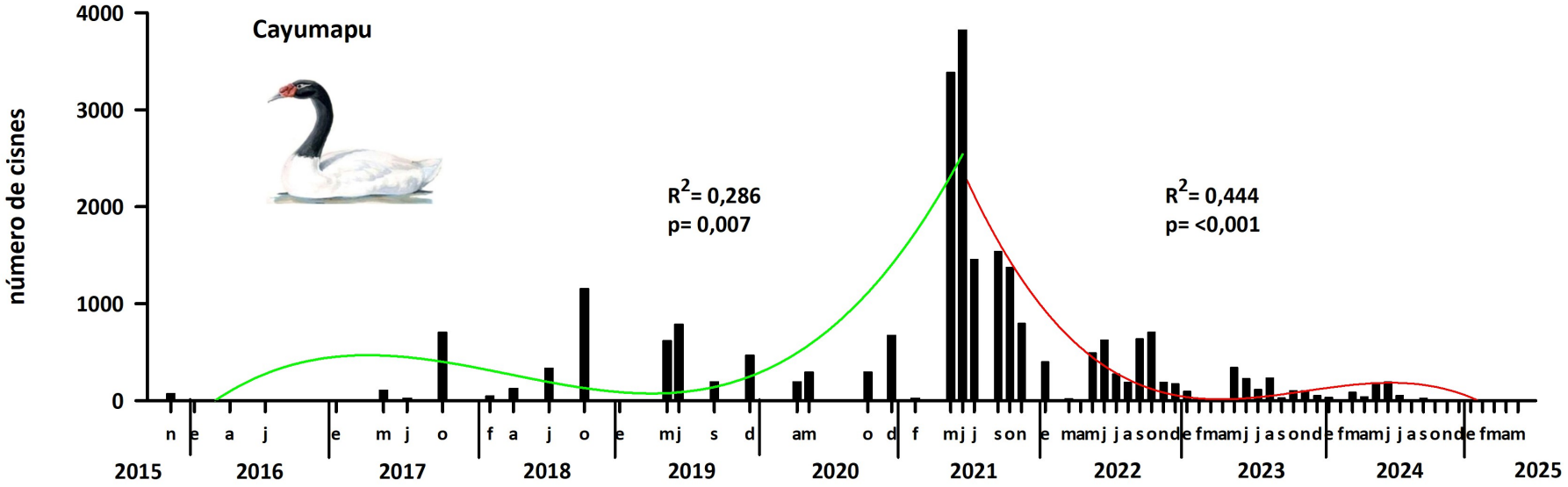

VALDIVIA


DON LIBE
3523

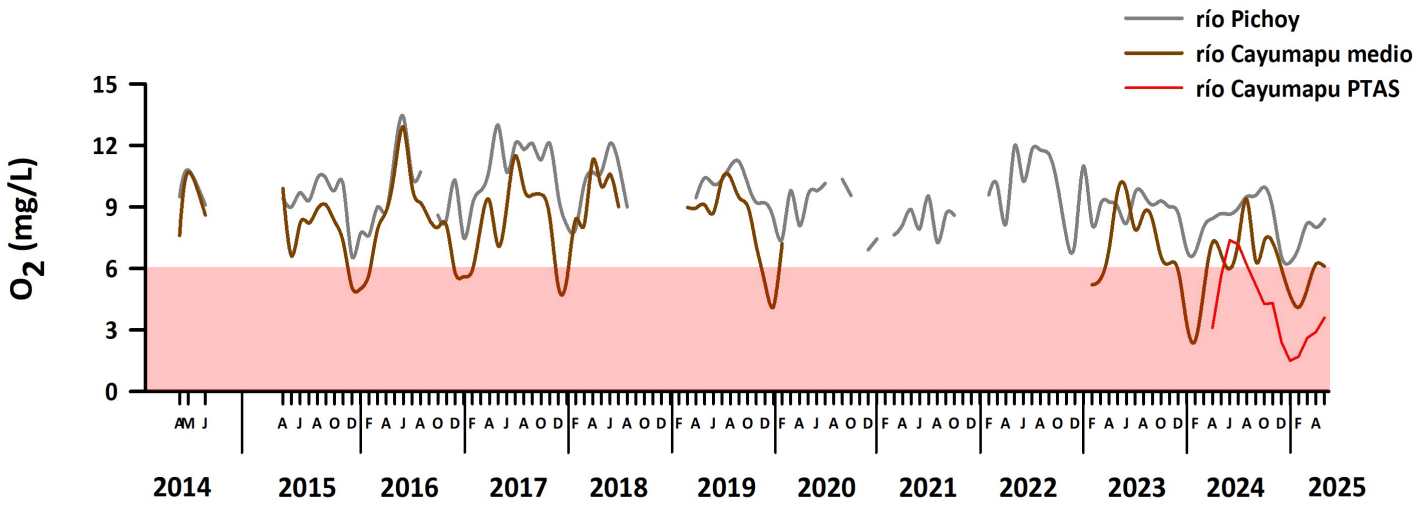

zona media HRC (isla Rialejo-Plaza de Armas)
zona sur HRC (Punucapa-río La Culebra)
número de coipos
30
25
20
15
10
5
0
n e a j e m j o f a j o e mj s d am o d f mj j son e mamj j asond e fmamj j asond e fmamj j asond
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024

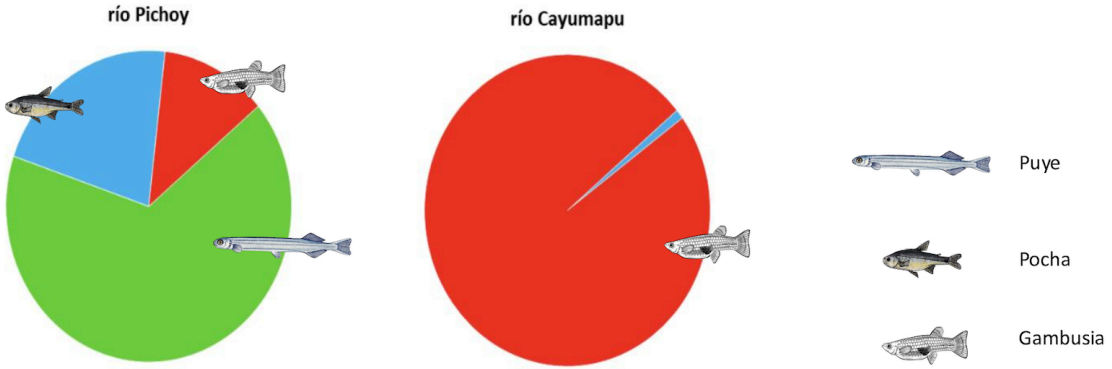
PERROS DOMESTICOS EN AGUAS SOMERAS Y DISMINUCIÓN DE CISNES EN RIO CAYUMAPU




Cayumapu
número de cisnes
4000
3000
2000
1000
0
R^2= 0,286
p= 0,007
R^2= 0,444
p= <0,001
n e a j e m j o f a j o e mj s d am o d f mj j son e mamj j asond e fmamj j asond e fmamj j asond e fmam
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

BAJA DE OXIGENO EN PUNTOS ESPECIFICOS DEL HUMEDAL





2021 - 2025

Mortandad de carpas durante períodos estivales

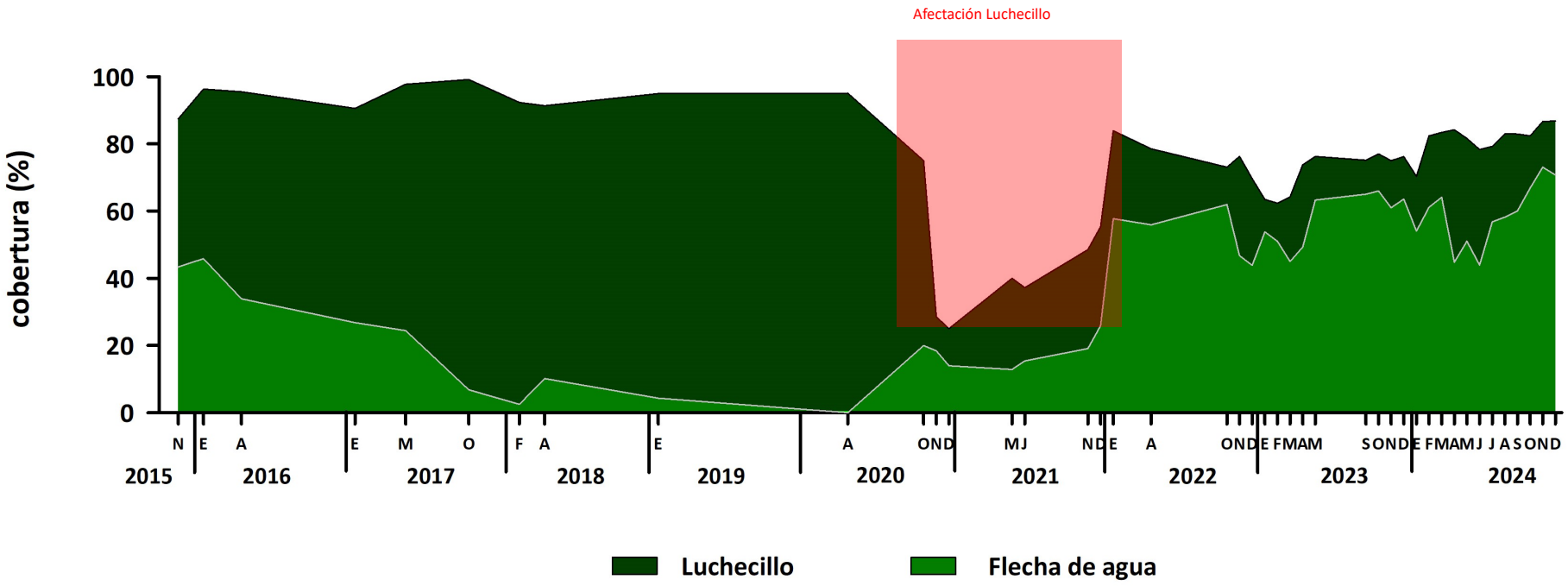




COMPETENCIA ENTRE LUCHECILLO Y FLECHA DE AGUA (*Sagittaria montevidensis*) ?



COMPETENCIA ENTRE LUCHECILLO Y LA FLECHA DE AGUA ?





Planicie sedimentaria Santa María este

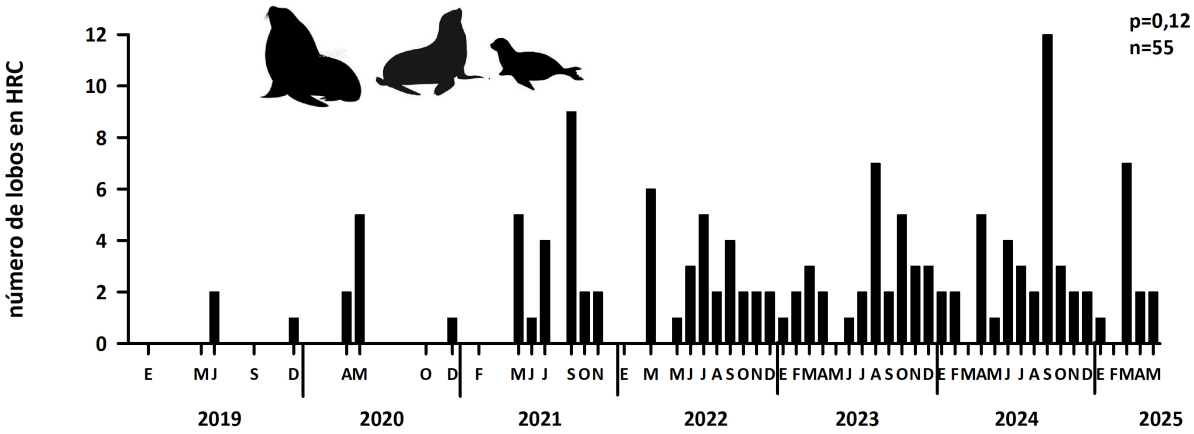
LIBERACIÓN DE SUSTRATO SEDIMENTARIO: UNA APUESTA POR UNA INVASORA

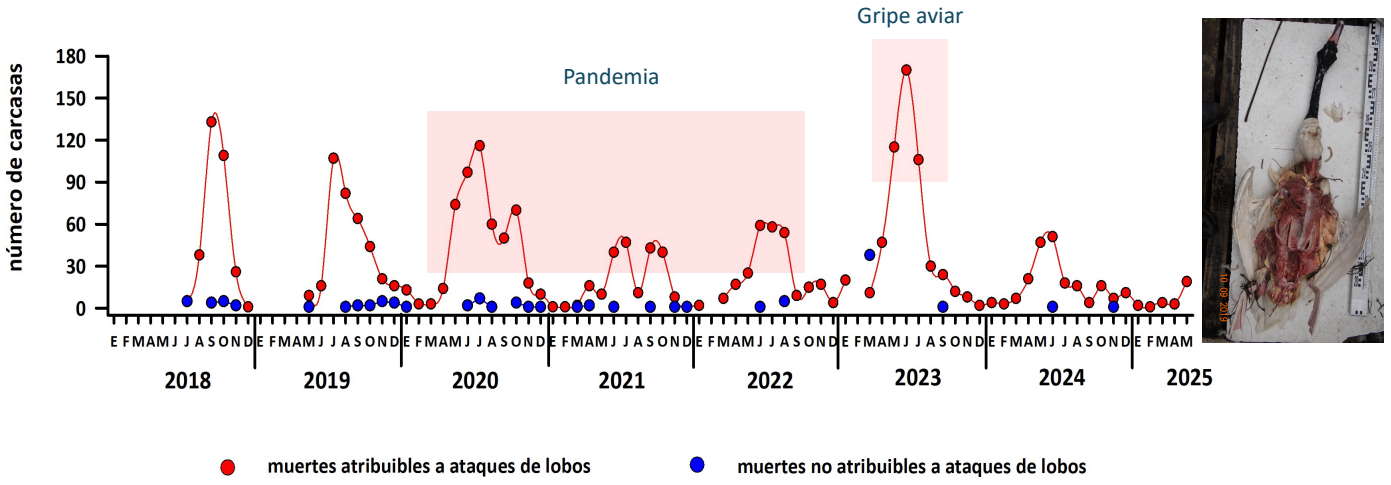


DEPREDACION DE CISNES POR LOBOS MARINOS DENTRO DEL HUMEDAL



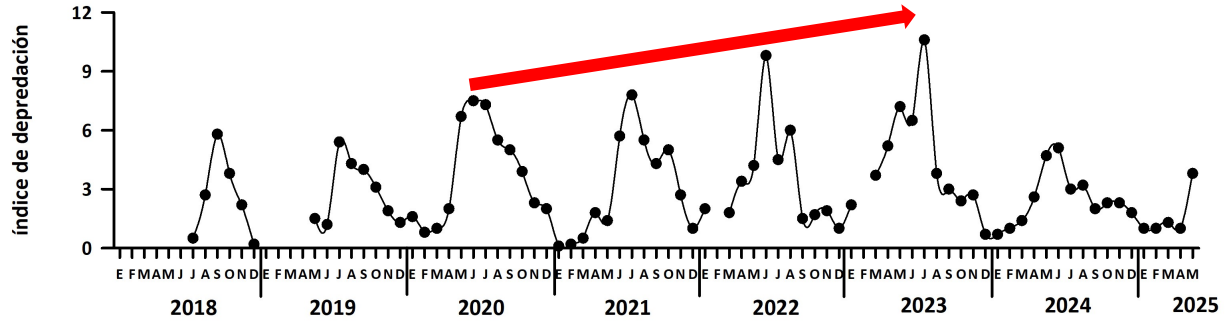


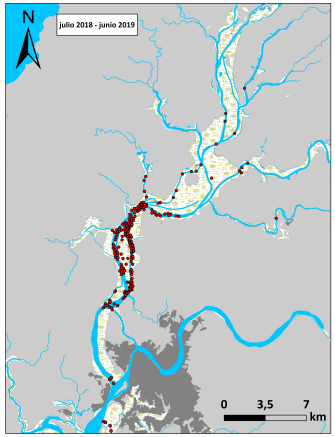


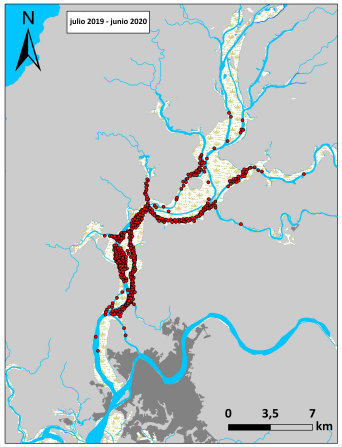


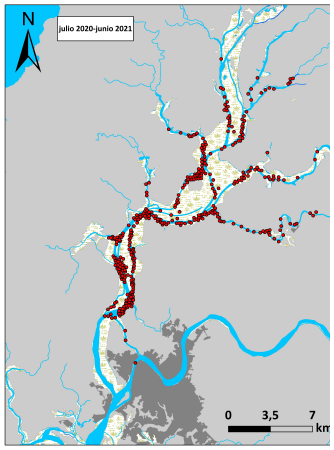
2465/ 102 = 24,2

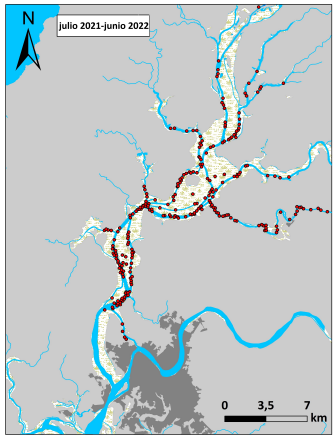
Índice de depredación = número de carcasas / número de días en terreno

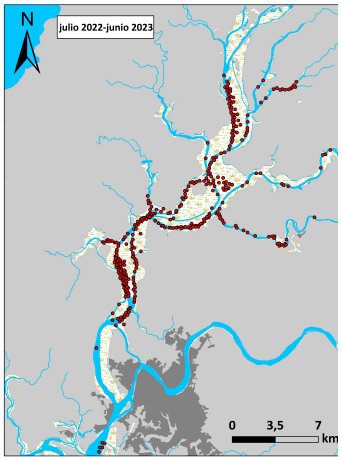


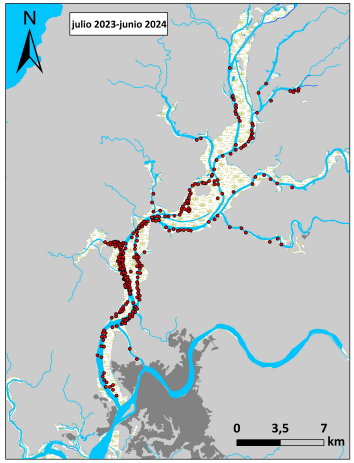

N
julio 2018 - junio 2019
0 3,5 7
km

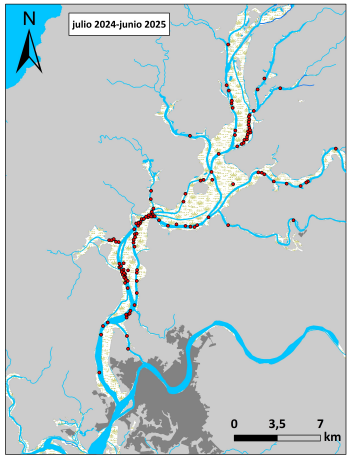

N
julio 2019 - junio 2020
0 3,5 7
km

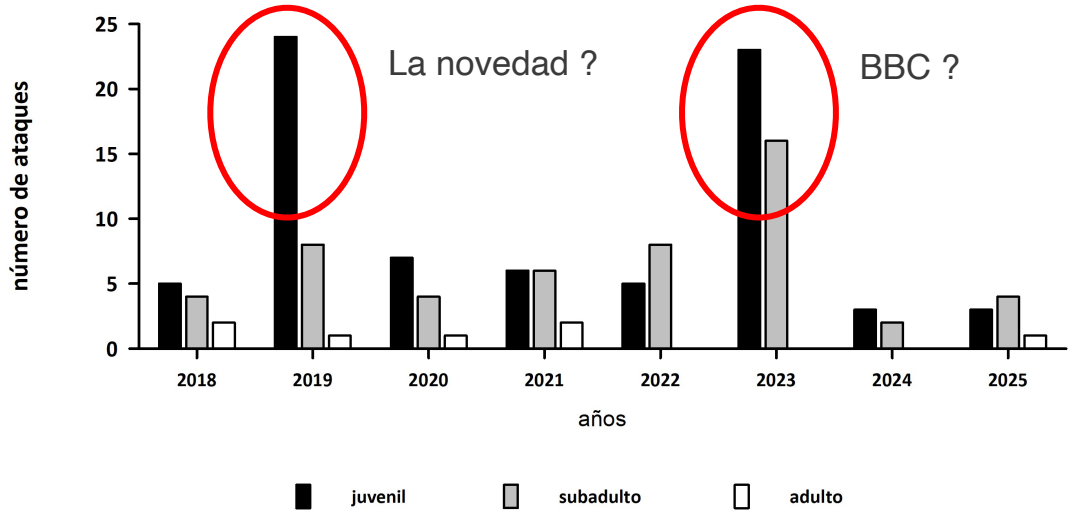

N
julio 2020-junio 2021
0 3,5 7
km

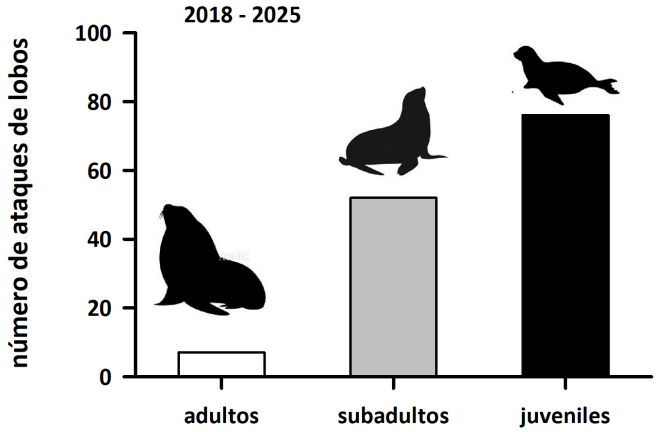

N
julio 2021-junio 2022
0 3,5 7
km


N
julio 2022-junio 2023
0 3,5 7
km


N
julio 2023-junio 2024
0 3,5 7
km


N
julio 2024-junio 2025
0 3,5 7
km


número de ataques
25
20
15
10
5
0
La novedad ?
BBC ?
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
años
juvenil
subadulto
adulto


2018 - 2025
número de ataques de lobos
100
80
60
40
20
0
adultos
subadultos
juveniles

AMENAZAS REGIONALES O GLOBALES CUYOS EFECTOS ABARCAN MÁS ALLÁ DEL HUMEDAL

MENOS AGUA ? MAS TIERRA ?

SECTOR PAICO & SAN LUIS ABRIL 2006



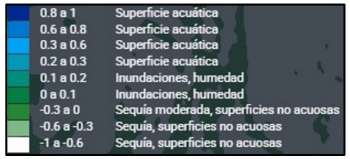


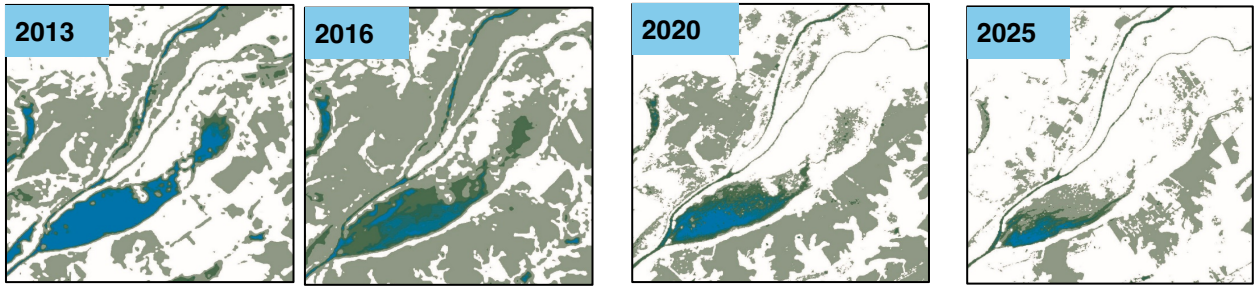
SECTOR PAICO & SAN LUIS (desde el NO) ABRIL 2025 (19 años después)

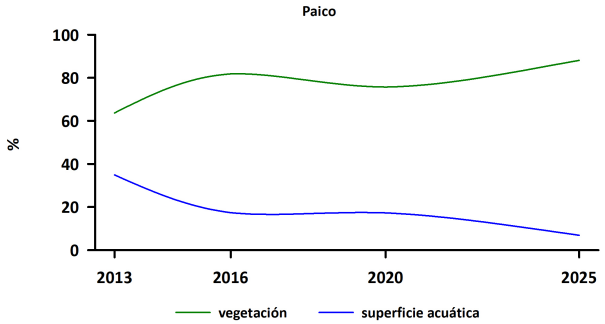


SECTOR PAICO

NDWI - **N**ormalized **D**ifference **W**ater **I**ndex (**I**ndice **N**ormalizado de **D**iferencias de **A**gua)

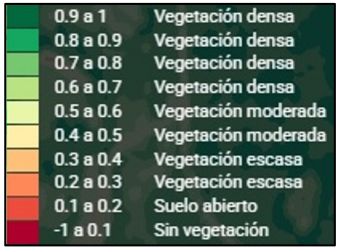


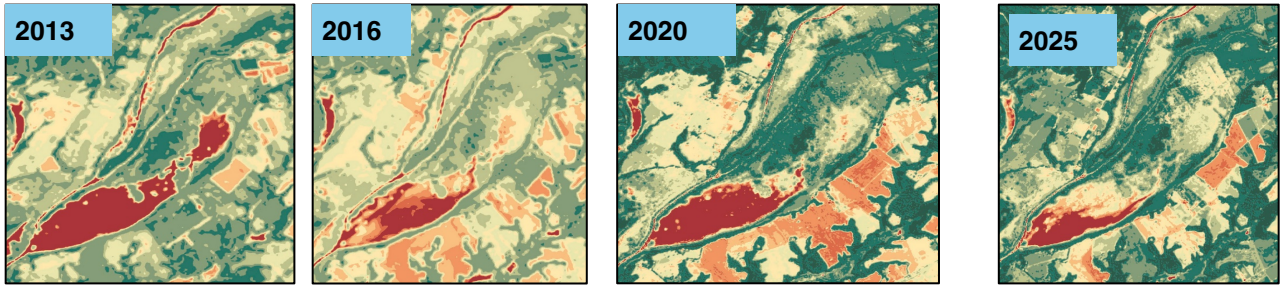






NDVI - **N**ormalized **D**ifference **V**egetationr **I**ndex (Indice Normalizado de Diferencias cobertura Vegetal)





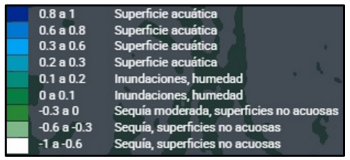
SECTOR SAN LUIS & BELLAVISTA

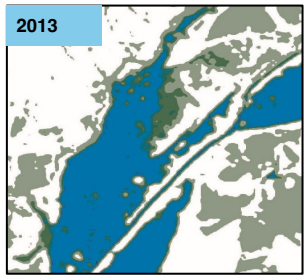


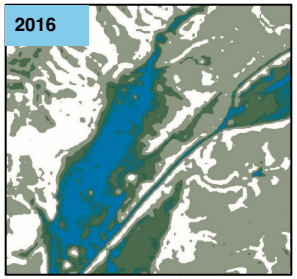


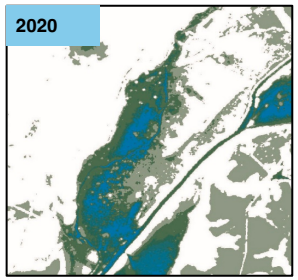
SECTOR SAN LUIS

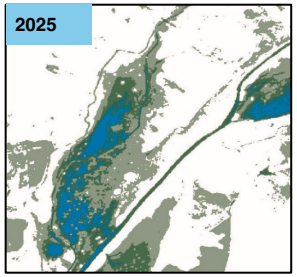
NDWI - **N**ormalized **D**ifference **W**ater **I**ndex (**I**ndice **N**ormalizado de **D**iferencias de **A**gua)

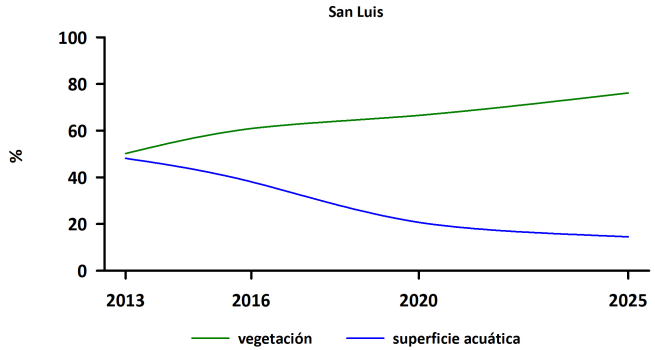








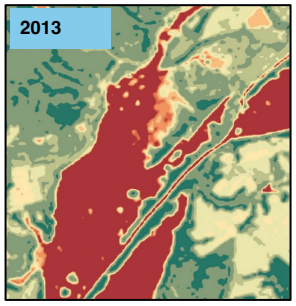




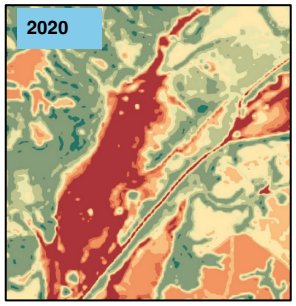


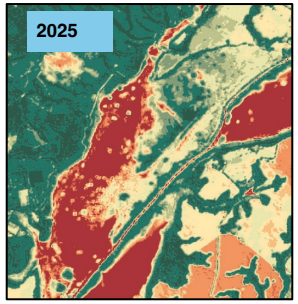
NDVI - **N**ormalized **D**ifference **V**egetationr **I**ndex (Indice Normalizado de Diferencias cobertura Vegetal)

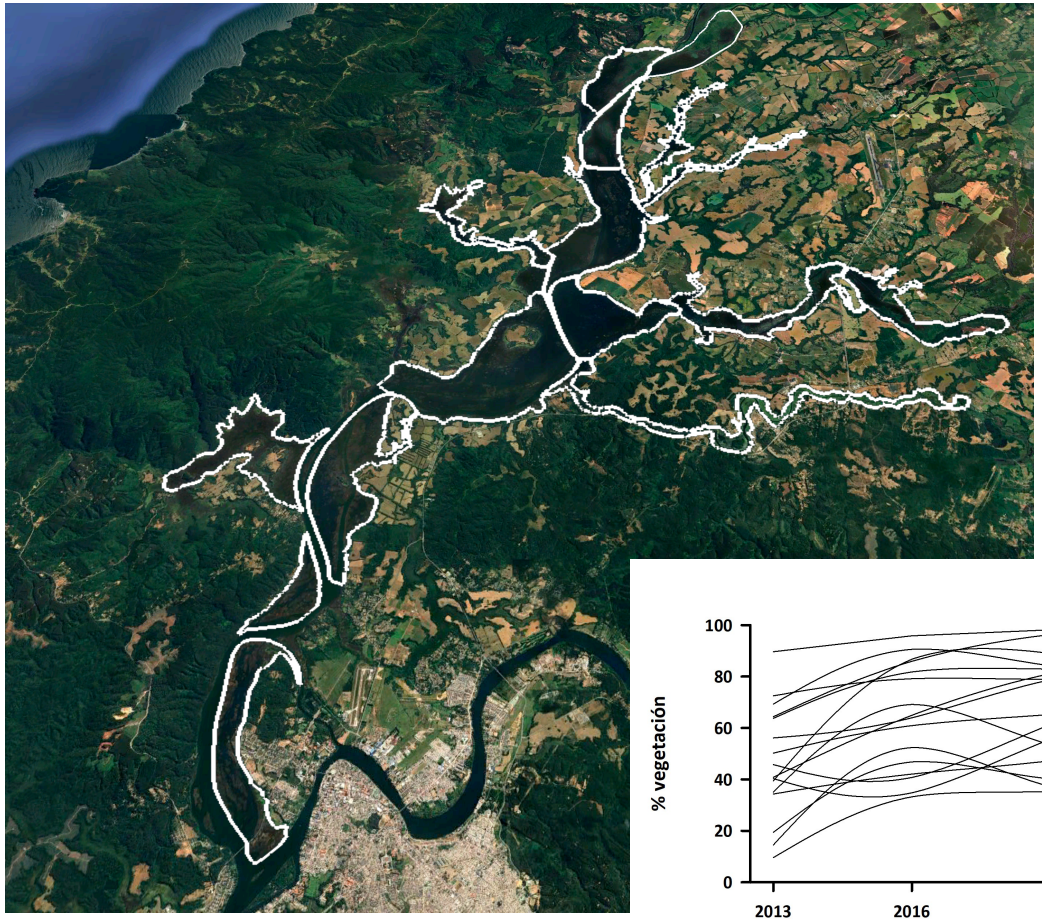




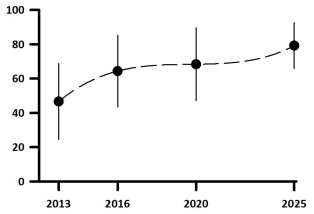


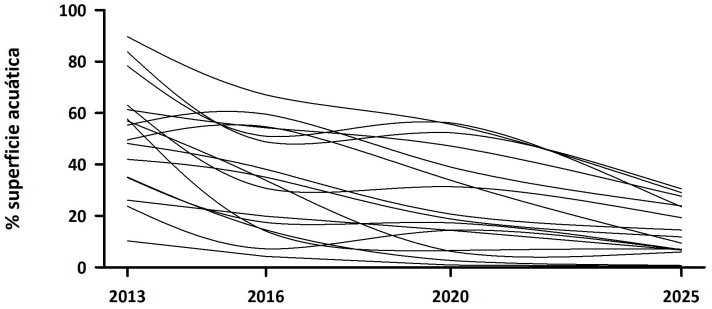


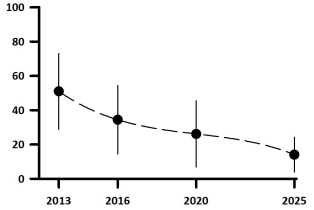




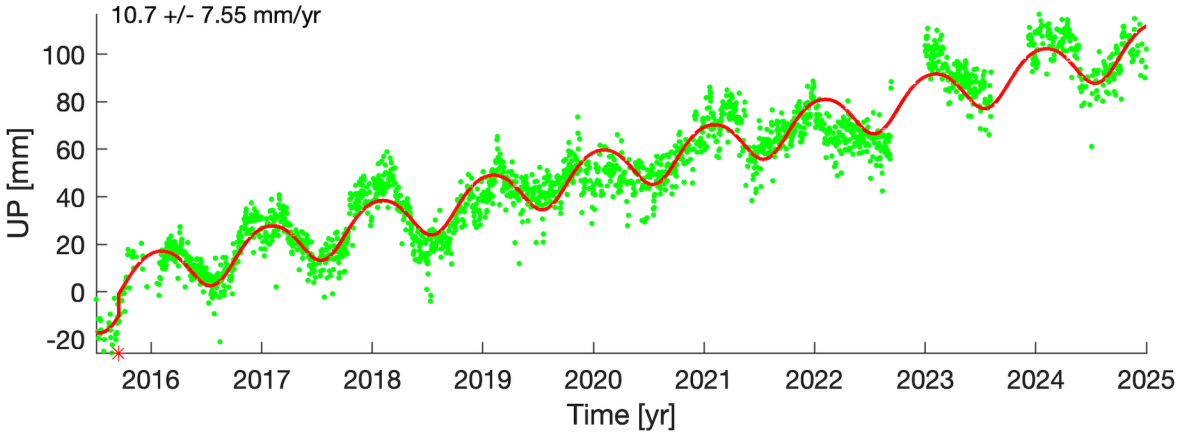
% vegetación
100
80
60
40
20
0
2013
2016
2020
2025


100
80
60
40
20
0
2013
2016
2020
2025


% superficie acuática
100
80
60
40
20
0
2013
2016
2020
2025

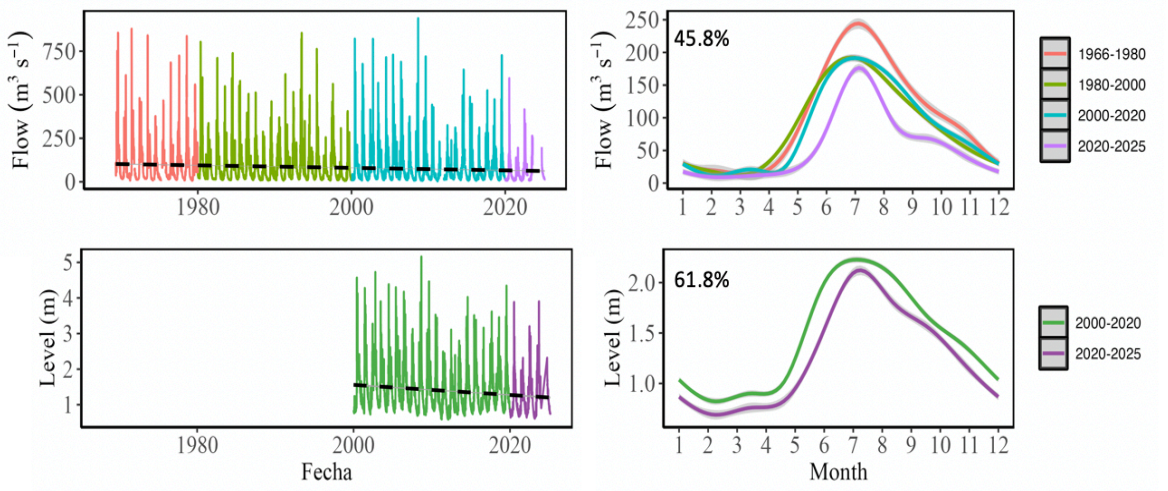

100
80
60
40
20
0
2013
2016
2020
2025

ca. 100 mm o 10 cm en 9 años





Fuente: Dr. J.C. Baez, Centro Sismológico, Nacional, Chile



disminución significativa
B1 = -2.304e-08
R2 ≈ 0.014
p<0.001
Todas las décadas difieren significativamente de 1966-1980

disminución significativa
B1 = -4.519e-10
R2 ≈ 0.025
p<0.001
2020-2025 difiere significativamente de 2000-2020

Fuente: Dr. F. Labra, Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás















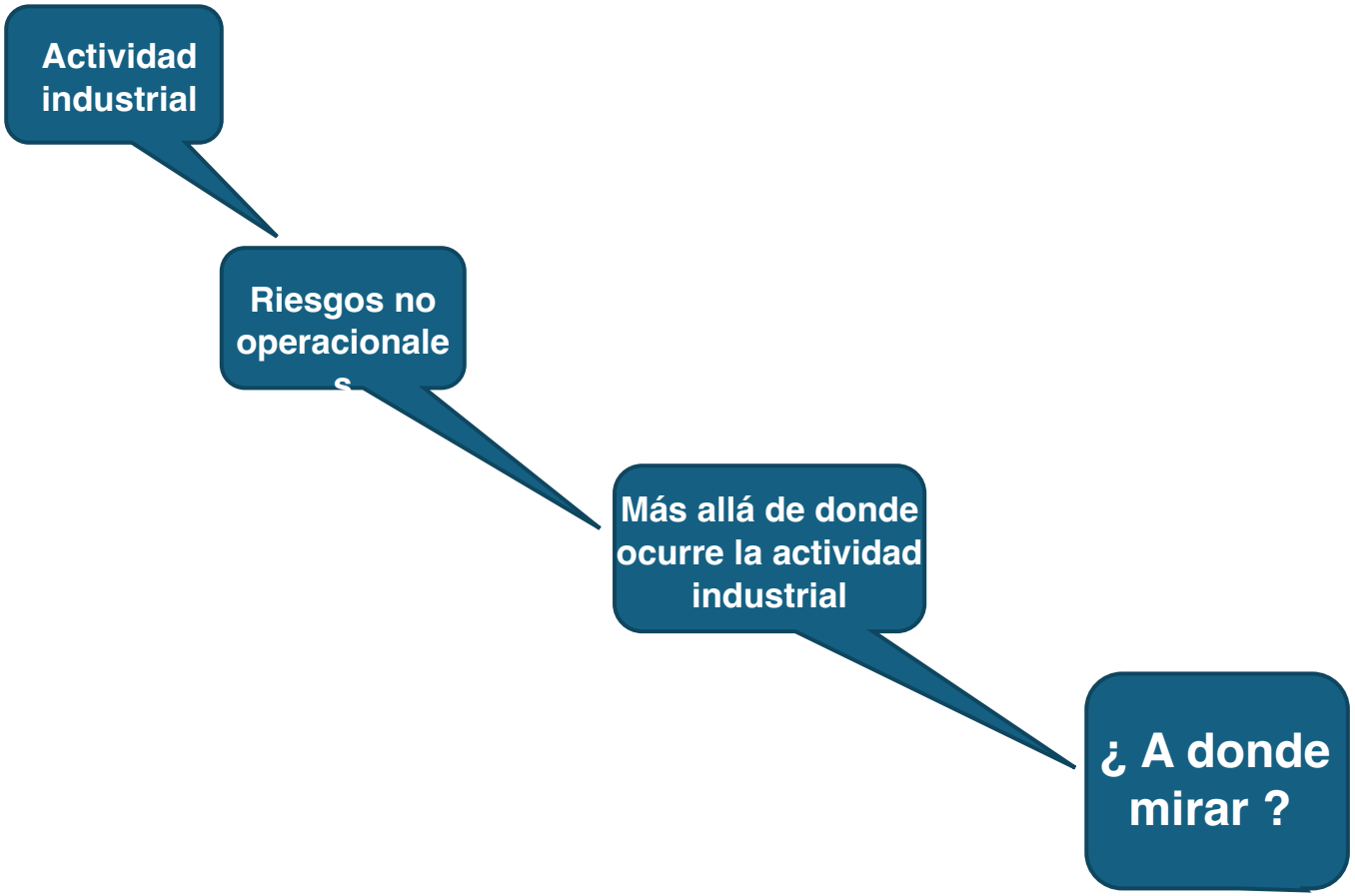


DESAFIOS

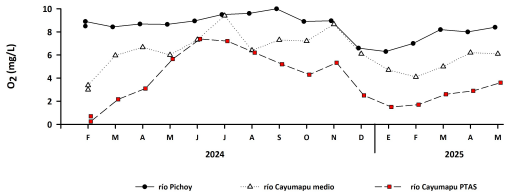
CIENCIA & UNIVERSIDAD & INDUSTRIA & EMPRESA ?

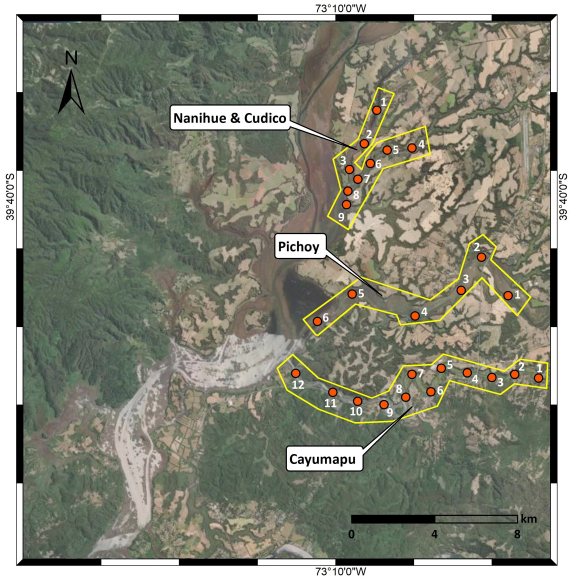


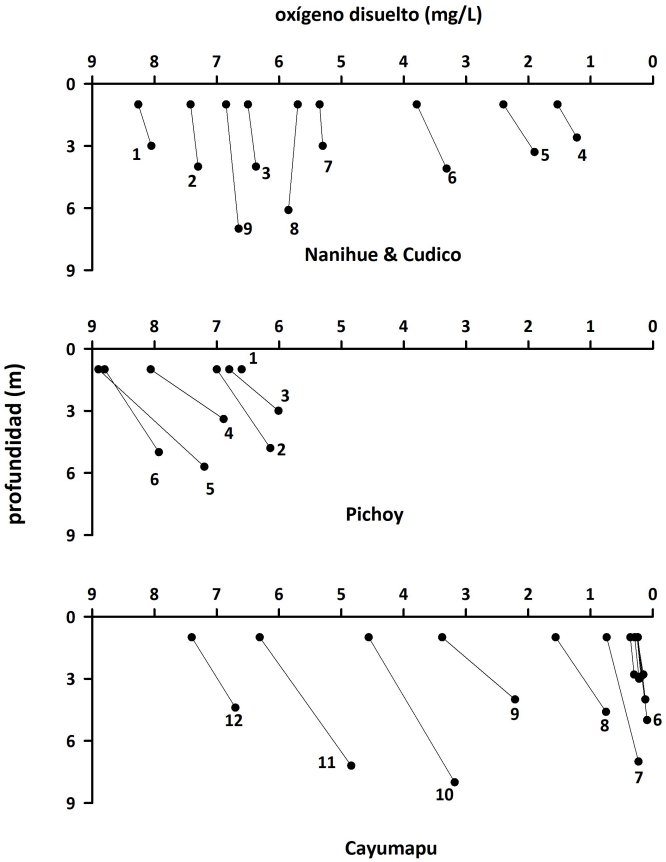
RIESGOS NO OPERACIONALES son cambios en el medio ambiente que afectan su estructura y funcionamiento, pero que no tienen relación con operaciones industriales.


Actividad industrial
Riesgos no operacionales
Más allá de donde ocurre la actividad industrial
¿ A donde mirar ?

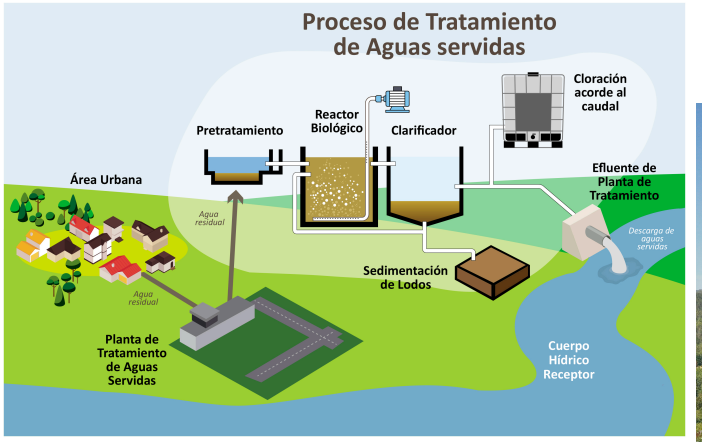
BAJAS DE OXIGENO EN EL HRC (PRIMARIAMENTE EN CAYUMAPU)

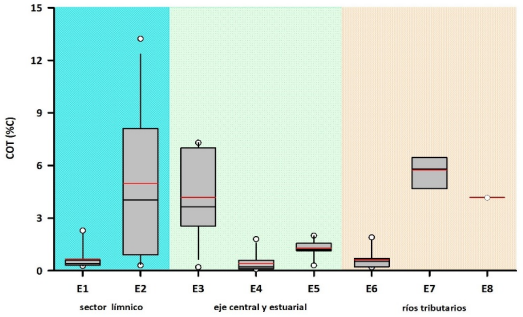


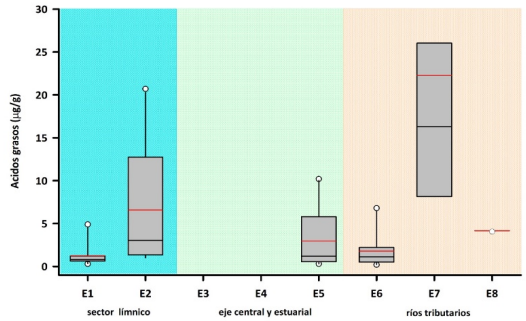


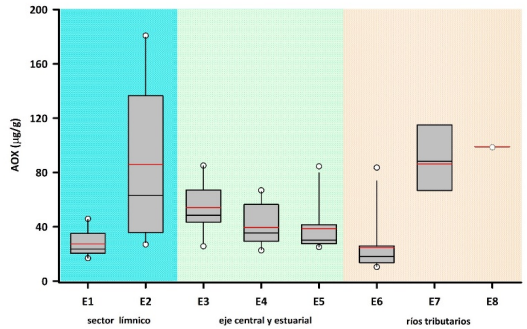


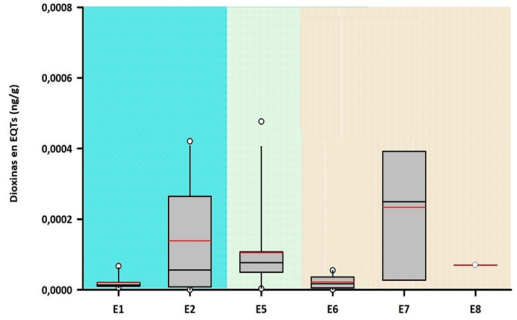
PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS EN CAYUMAPU

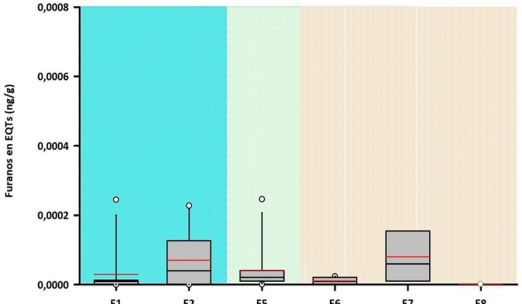


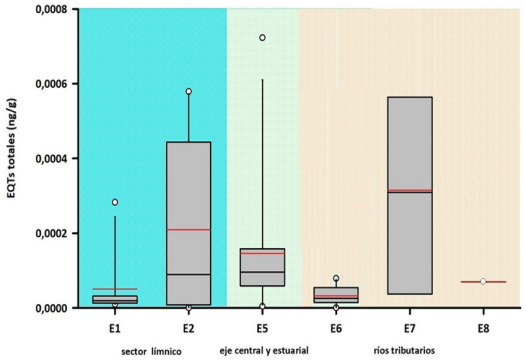

COT (%C)
15
12
9
6
3
0
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
sector límnico
eje central y estuarial
ríos tributarios


Ácidos grasos (µg/g)
30
25
20
15
10
5
0
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
sector límnico
eje central y estuarial
ríos tributarios


AOX (µg/g)
200
160
120
80
40
0
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
sector límnico
eje central y estuarial
ríos tributarios


Dioxinas en EQTs (ng/g)
0,0008
0,0006
0,0004
0,0002
0,0000
E1
E2
E5
E6
E7
E8


Furanos en EQTs (ng/g)
0,0008
0,0006
0,0004
0,0002
0,0000


EQTs totales (ng/g)
0,0008
0,0006
0,0004
0,0002
0,0000
E1
E2
E5
E6
E7
E8
sector límnico
eje central y estuarial
ríos tributarios

GRACIAS