

# **CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS**

Ginger Martínez  
Limnóloga (Ph D)

# Definición (Ramsar, 1971)

Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

→ **La disponibilidad de agua** tiene un rol significativo para la estructura y funcionamiento de los humedales →

→ **Humedales Altoandinos**

# Humedales Altoandinos

→ > 3.000 msnm

Ecosistemas de alta singularidad ecológica →

→ Baja presión de oxígeno 70% del nivel del mar

→ Alta radiación solar, Radiación UV

→ Variación diurna de la temperatura

→ Cuerpos de agua someros, inundados permanentemente, suelos de baja permeabilidad.

→ Constituyen áreas de alta concentración de riqueza en la región altiplánica → **Áreas Hot Spots** (McClaine et al. 2003).

# Estructura de Humedales

## Altoandinos:



→ sub-unidad del paisaje



**Salares**

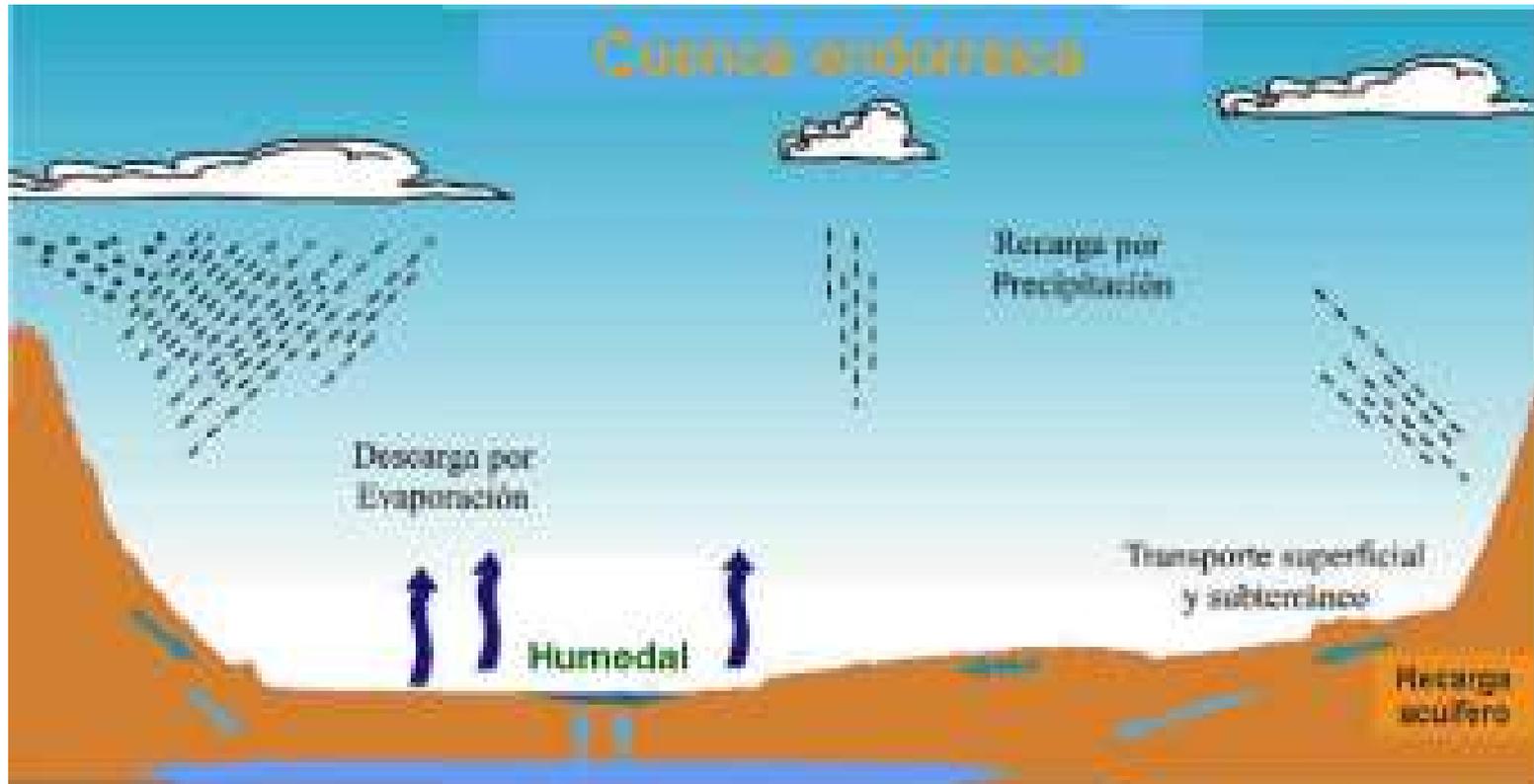


Condiciones geológicas, climáticas,  
edafológicas y topográficas



- Cuencas endorreicas
- Alta tasa de evaporación
- Pendiente
- Permeabilidad

# Balance hídrico en una cuenca endorreica



- Topografía → diferencias de pendiente → **Flujo unidireccional de agua**
- Principal mecanismo modulador → **Evaporación**



Gradiente creciente de salinidad desde el humedal hasta las lagunas salinas



**Alta heterogeneidad espacial**

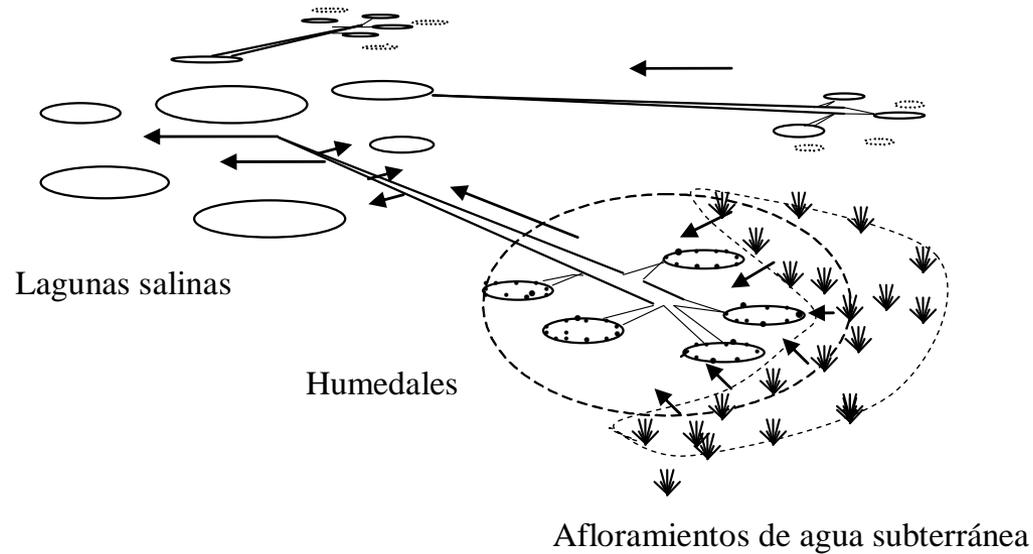
# **ESTRUCTURA DE UN SALAR ALTOANDINO**

**Tres sistemas dispuestos en serie :**

1. Afloramientos de agua subterránea
2. Humedal
3. Laguna salina

- **Flujo unidireccional de agua: Afloramientos → Laguna**
- **Gradiente de Salinidad: Afloramientos → Laguna**

# ESTRUCTURA DE UN SALAR ALTOANDINO

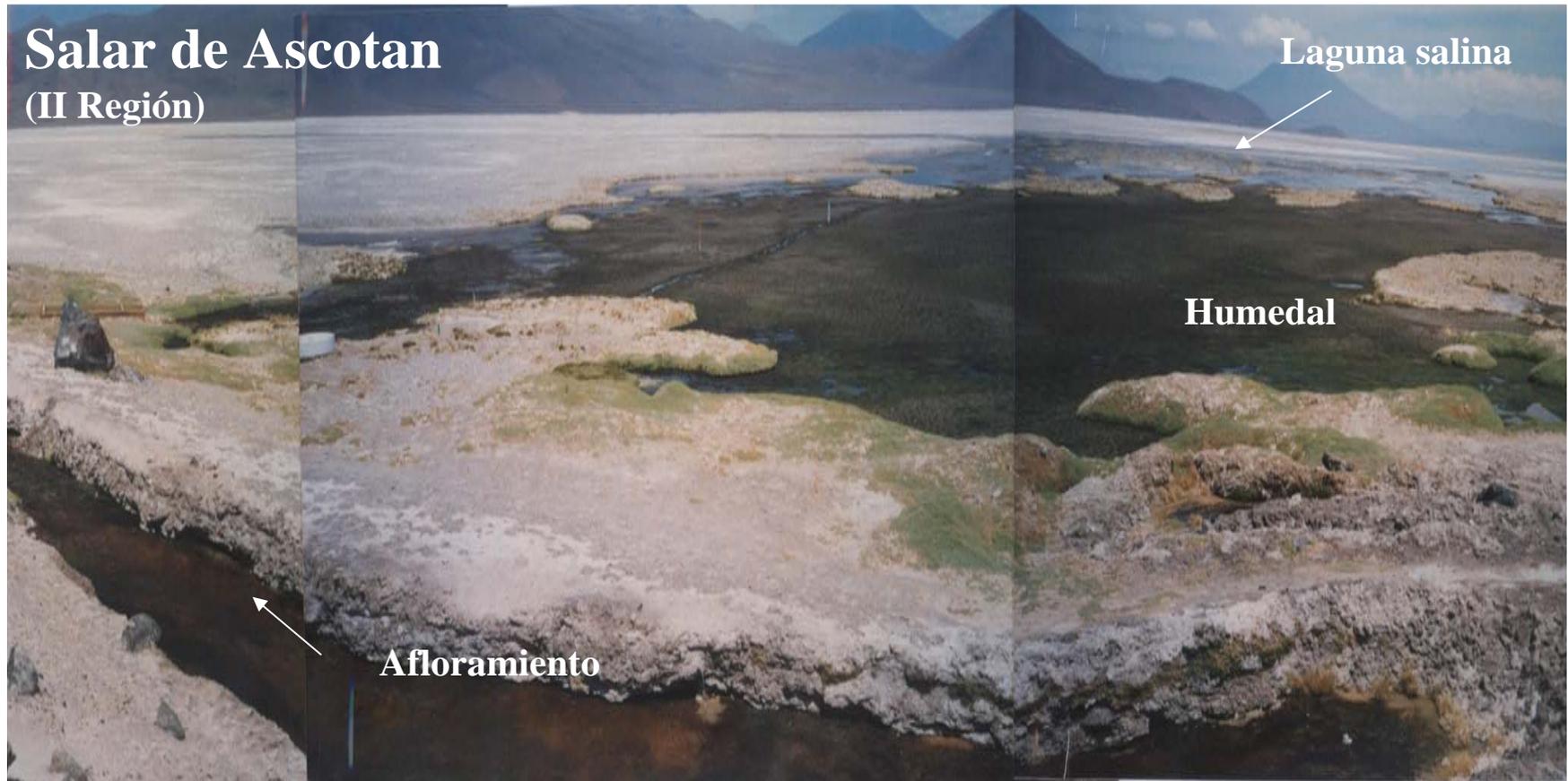


**Los tres sistemas presentan diferencias significativas de calidad de agua y biota**

# ESTRUCTURA ESPACIAL DE UN SALAR ALTOANDINO: Cuenca endorreica y evaporítica.



# ESTRUCTURA ESPACIAL DE UN SALAR ALTOANDINO: Cuenca endorreica y evaporítica.



# ESTRUCTURA ESPACIAL DE UN SALAR

(Tesis G. Martínez, U de Chile):

Parámetros	unidad	Afloramientos de agua subterránea	Humedales	Lagunas salinas
pH	unidad	7,7 ± 0,1 <sup>a</sup> (N = 33)	7,5 ± 0,1 <sup>a</sup> (N = 23)	8,6 ± 0,1 <sup>b</sup> (N = 18)
Conductividad específica	uS cm <sup>-1</sup>	7.977 ± 3.918 <sup>a</sup> (N = 28)	6.748 ± 1.311 <sup>a</sup> (N = 23)	33.792 ± 6.167 <sup>b</sup> (N = 17)
Alcalinidad total	mg l <sup>-1</sup>	318 ± 60 <sup>b</sup> (N = 33)	127 ± 17 <sup>bc</sup> (N = 23)	424 ± 126 <sup>bc</sup> (N = 12)
Sólidos totales disueltos	G l <sup>-1</sup>	5,5 ± 3,3 <sup>a</sup> (N = 33)	4,4 ± 0,8 <sup>a</sup> (N = 23)	21,0 ± 9,4 <sup>b</sup> (N = 9)
Abundancia de fitobentos	cel mm <sup>-3</sup>	-	(9,8 ± 3,0) × 10 <sup>4</sup> (N = 35) <sup>a</sup>	(2,7 ± 0,6) × 10 <sup>5</sup> (N = 37) <sup>b</sup>
Riqueza de fitobentos	número de taxa	-	11,1 ± 1,3 <sup>a</sup> (N = 35)	17,2 ± 1,1 <sup>b</sup> (N = 37)
Abundancia de zooplancton	ind l <sup>-1</sup>	-	4,6 ± 2,1 <sup>a</sup> (N = 31)	1,8 ± 1,1 <sup>a</sup> (N = 18)
Riqueza de zooplancton	número de taxa	-	5 ± 0,3 <sup>a</sup> (N = 31)	3 ± 0,5 <sup>b</sup> (N = 18)
Peces	-	ausencia	presencia	ausencia
Cobertura vegetal	%	0	20 -100	<0,5

# 1. Afloramientos de agua subterránea

- Ubicación periférica
- El nivel freático está cercano a la superficie del terreno
- Descarga puntual o de forma difusa en varios puntos de afloramiento
- Fuente de agua y materiales inorgánicos (N, P) para los humedales y lagunas salinas

## 2. Humedales

- Ubicación intermedia → reciben los flujos de agua y materiales desde el afloramiento y descarga agua y materiales hacia las lagunas salinas
- Condición permanente saturación en el suelo → Bajo tiempo de residencia
- Niveles medio-bajos de conductividad específica ~ 1.000 uS/cm
- Ecotonos entre dos ecosistemas → función asociada principalmente a la transferencia de materia orgánica → ***Transformación de materiales***

# Humedales (Continuación)

- Macrófitas → principal fuente de carbono para el sistema
- Peces → *Orestias* tiene una distribución restringida al Altiplano, específicamente a sectores de humedales
- Abundante fauna de invertebrados → herbívoros (aves) y consumidores secundarios (peces y anfibios)
- Alta diversidad biológica → ***Hot Spots*** (McClaine et al. 2003).

### 3. Lagunas salinas

- Ubicación central → último receptor de agua y materiales
- Baja pendiente
- Bajo tiempo de residencia
- Altos niveles de conductividad específica:  $\geq 100.000 \text{ uS/cm}$

### 3. Lagunas salinas (Continuación)

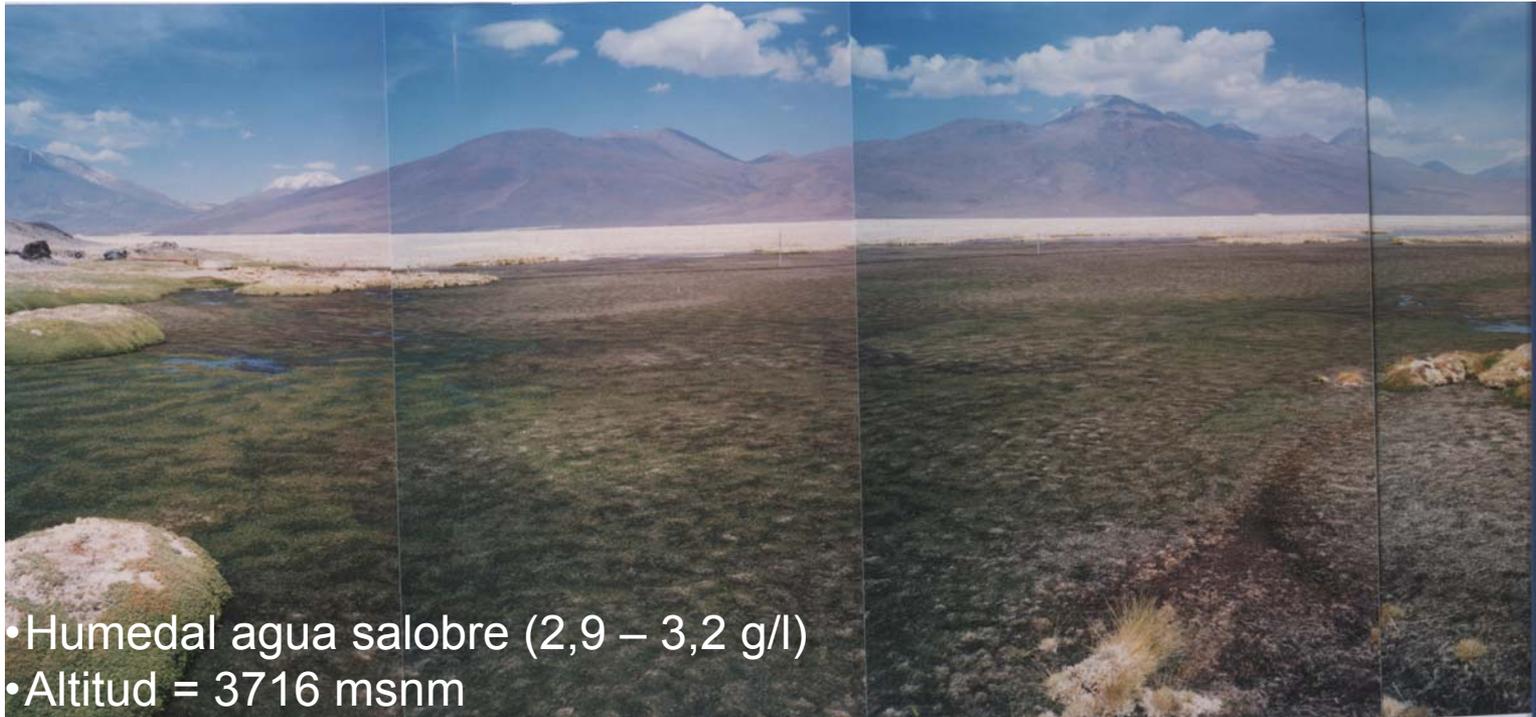
- El escurrimiento que tiene origen es afectado por ***Evaporación*** → aumento de concentración de sales que finalmente precipitan (***Precipitación***) generando la costra salina característica de un salar
- Cambios temporales del área del espejo de agua de las lagunas salinas
- Biota → mantiene poblaciones de flamencos las que se alimentan y reproducen en estas zonas

# Humedal del salar de Punta Negra (II Región, 24°30' S - 68°58' W)



- Humedal salobre (8 – 13 g/l)
- Altitud = 2945 msnm
- Area = 1800 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: Del desierto
- Subregión: Desierto Andino
- Vegetación azonal: Baja cobertura (~ 20 %) de champas de *Lycium humile* y *Deyeuxia atacamensis*
- Macrófitas: *Ruppia* sp.
- Limitación por P
- pH básico (7,8 – 8,6)

# Humedal del salar de Ascotan (II Región, 21°30'S - 68°21' W)



- Humedal agua salobre (2,9 – 3,2 g/l)
- Altitud = 3716 msnm
- Área = 5.654 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: De la Estepa Altoandina
- Subregión: Del altiplano y de la Puna
- Vegetación azonal: cojines de *Sarcocornia pulvinata* y *Scirpus americanus*
- Macrófitas: Alta cobertura de *Ruppia* (~85 %)
- Limitación por N
- pH básico (7,7 – 7,9)

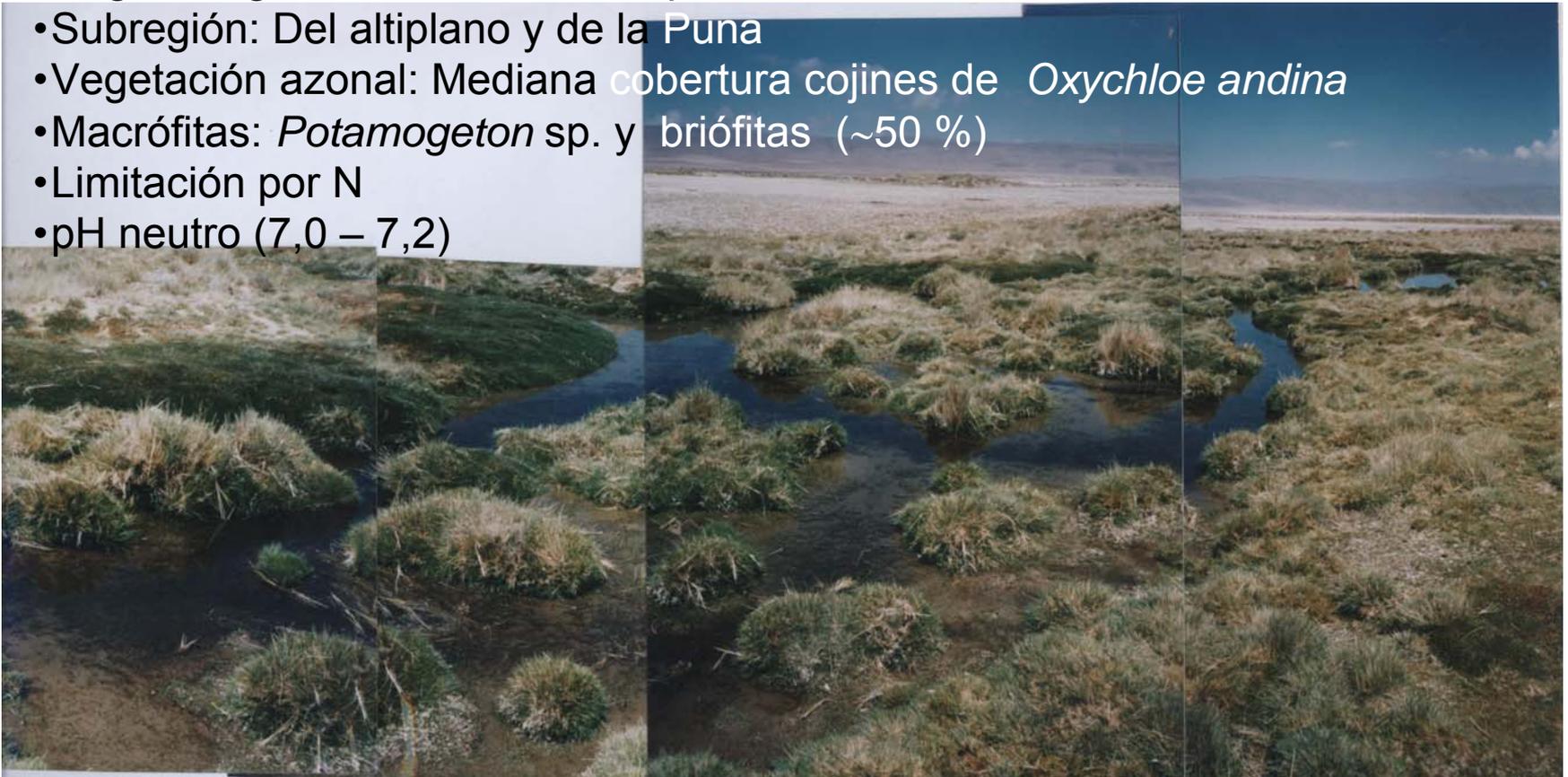
# Humedal del salar de Coposa (I Región, 20°38' S - 68°41' W)



- Humedal agua dulce (< 0,5 g/l)
- Altitud = 3630 msnm
- Área = 8510 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: De la Estepa Altoandina
- Subregión: Del altiplano y de la Puna
- Vegetación azonal: Mediana cobertura (30 %) de champas de *Distichlis humilis* y *Festuca Hypsophila* y cojines de *Frankenia triandra*
- Macrófitas: presencia de *Lemna*, *Myriophyllum* y *Lilaeopsis*
- Limitación por N
- pH Neutro (6,5 – 6,9)

# Humedal del salar de Huasco (I Región, 20°15' S - 68°00' W)

- Humedal agua dulce (< 0,5 g/l)
- Altitud = 3800 msnm
- Área = 64996 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: De la Estepa Altoandina
- Subregión: Del altiplano y de la Puna
- Vegetación azonal: Mediana cobertura cojines de *Oxychloe andina*
- Macrófitas: *Potamogeton* sp. y briófitas (~50 %)
- Limitación por N
- pH neutro (7,0 – 7,2)





# Humedal de la quebrada San Nicolás (I Región, 20°59' S - 68°44' W)

- Humedal de agua dulce (< 0,5 g/l)
- Altitud = 4550 msnm
- Área = 58.707 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: De la Estepa Altoandina
- Subregión: Del altiplano y de la Puna
- Vegetación azonal: cojines de *Oxychloe andina* y *Festuca hypsophylla*
- Limitación por N
- pH neutro-básico (6,7 – 8,0)

# Humedal de la quebrada Chiclla (I Región, 21°01' S - 68°44' W)



- Humedal artificial de agua dulce (< 0,5 g/l)
- Altitud = 4550 msnm
- Área = 52.778 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: De la Estepa Altoandina
- Subregión: Del altiplano y de la Puna
- Vegetación azonal: Alta cobertura de *Oxychloe andina* ( ~70 %)
- Limitación por P
- pH básico (7,7 – 8,9)

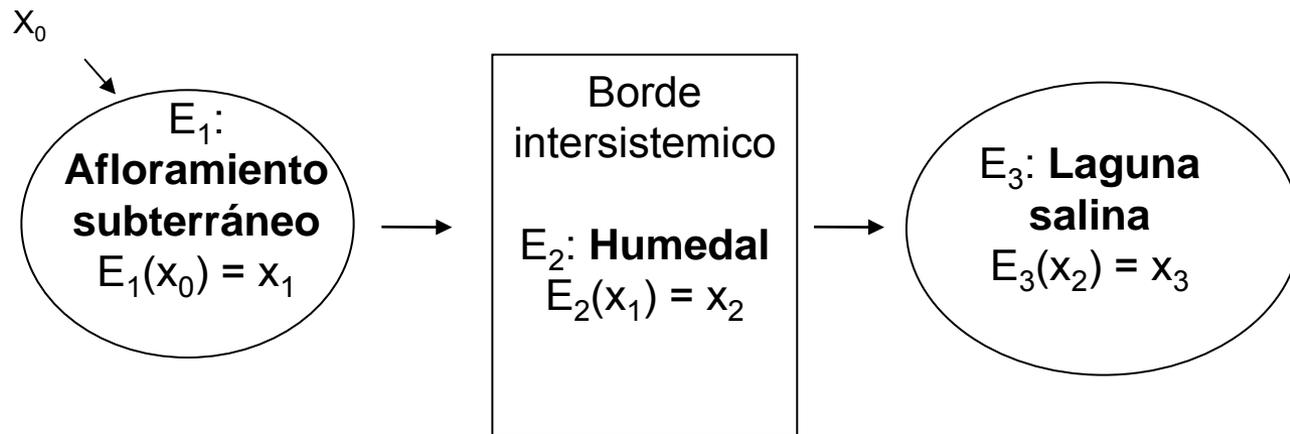
# Humedal de la quebrada El Plomo (Región Metropolitana, 33°07' S - 70°20' W)



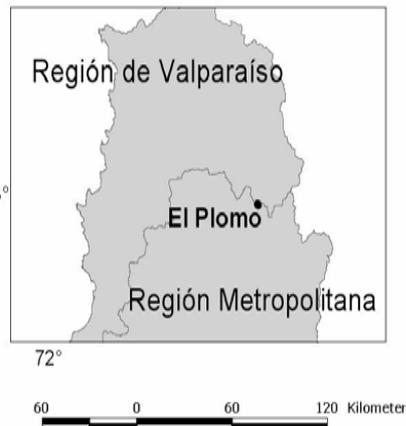
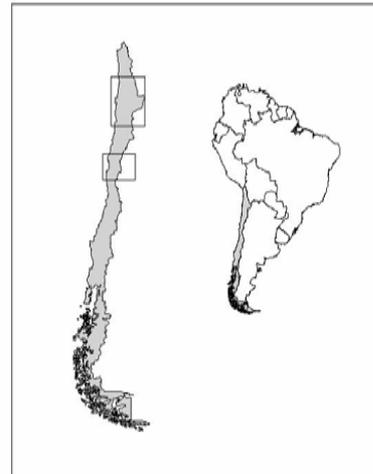
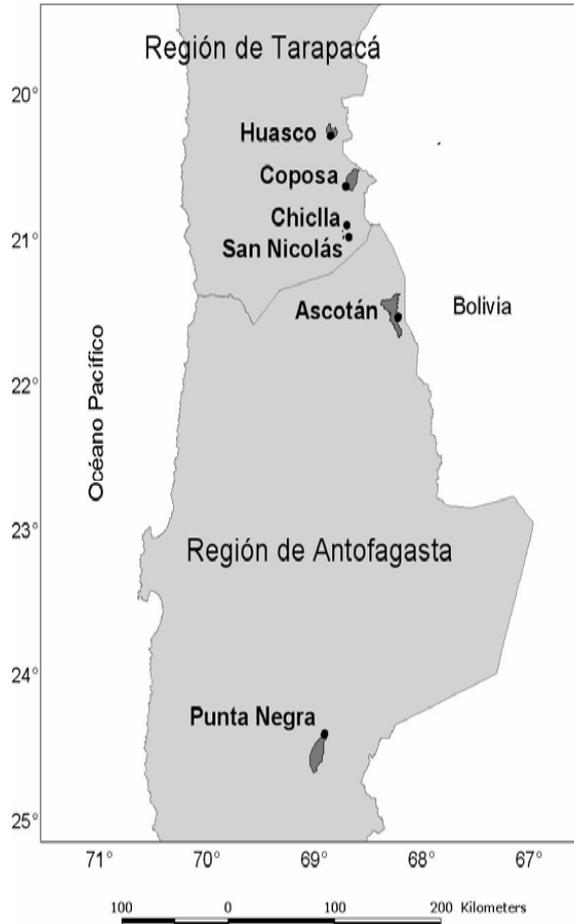
- Humedal agua dulce (< 0,5 g/l)
- Altitud = 2900 msnm
- Área = 22.579 m<sup>2</sup>
- Región vegetacional: Del matorral y del bosque esclerófilo
- Vegetación azonal: alta cobertura (~80%)
- Limitación por N
- pH ácido (5,3 – 6,0)

# ASPECTOS FUNCIONALES DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS

**‘Asociación funcional entre ecosistemas mediada por humedales’**  
(Tesis de Doctorado, U. de Chile, 2007)

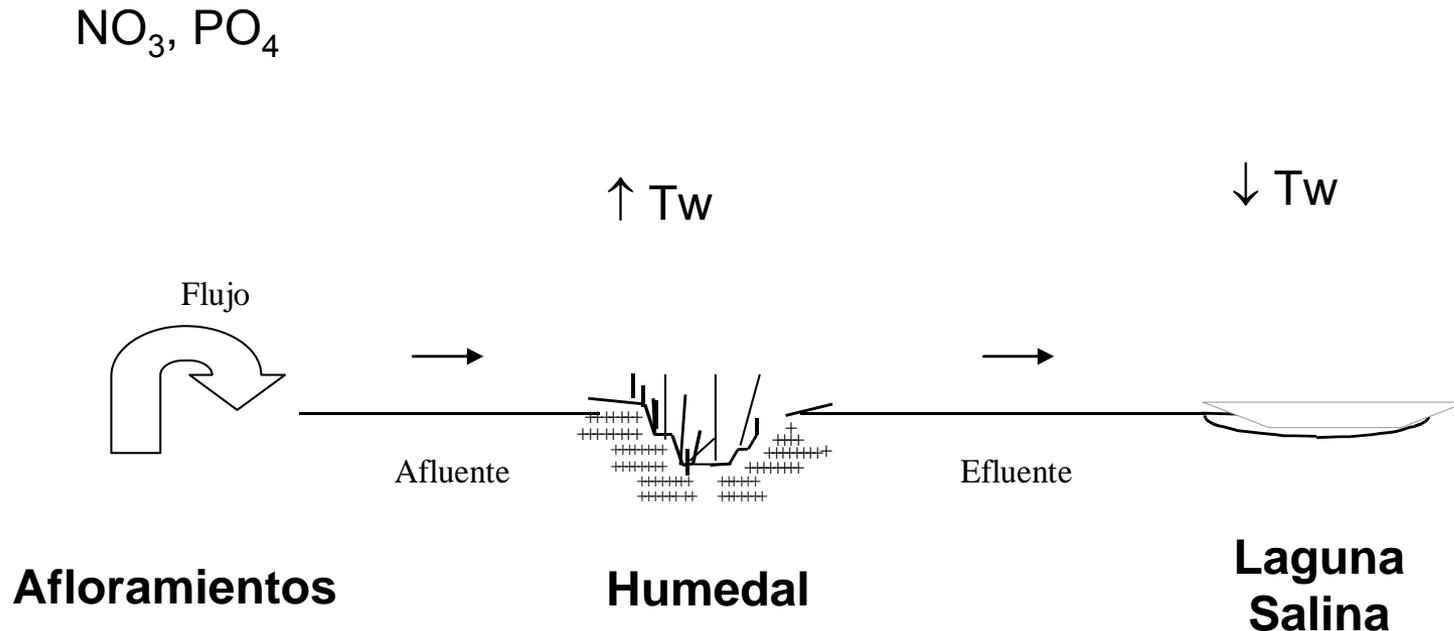


# CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS



- 6 humedales incluidos en cuencas evaporíticas y endorreicas (I y II Región) de clima desértico de la zona del Altiplano (Norte de Chile)

Los afloramientos son una fuente importante de materiales que escurren superficialmente a través de los salares



→ Diferencias de condiciones hidrodinámicas y de oxidoreducción entre los tres sistemas

→ Variaciones de estructura biológica entre los tres sistemas

## → **FUNCIONAMIENTO :**

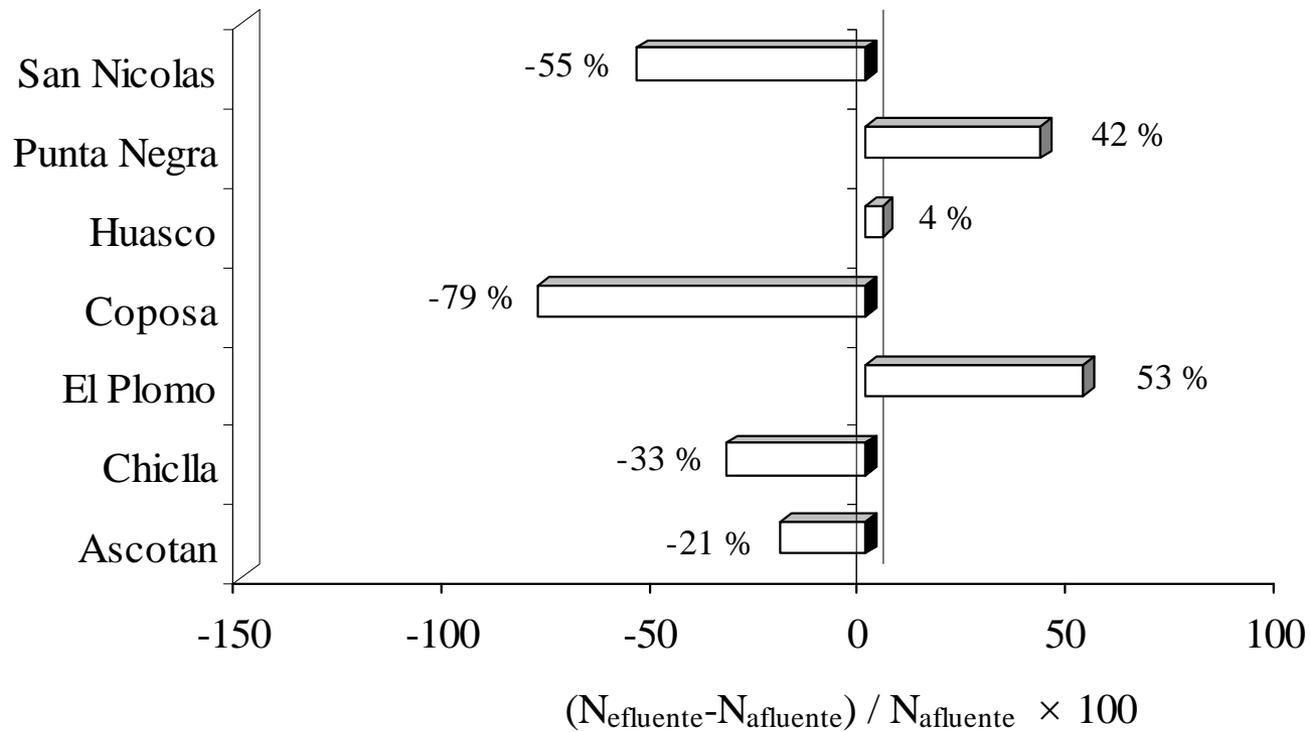
- **Función de transferencia de materiales**
- **Función de transformación de materiales**
- **Asociación entre *Estructura biológica* y *Función***

- ***Función de transferencia***

Los Humedales Altoandinos exportan NOP (Nitrógeno orgánico particulado) hacia las lagunas salinas.

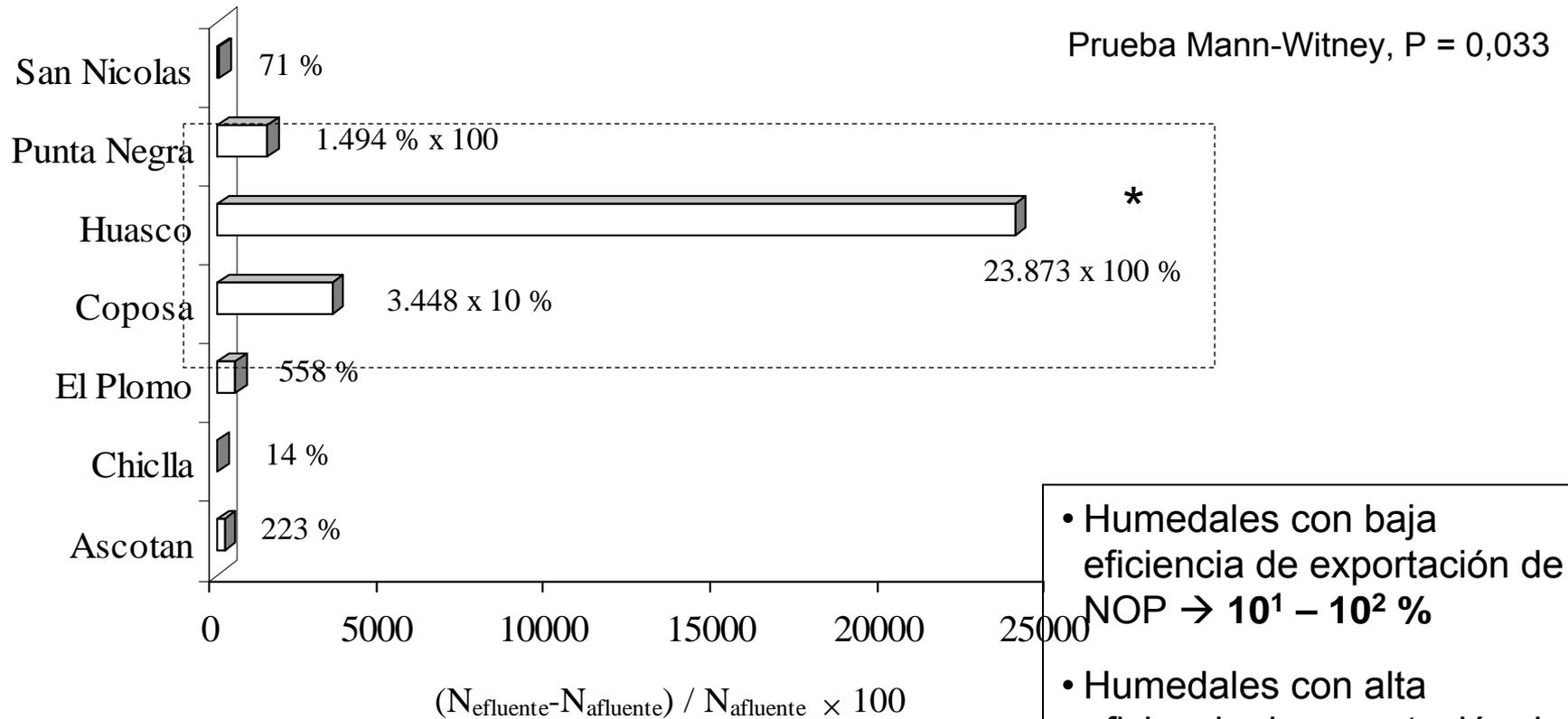
Existen diferencias entre los Humedales Altoandinos en la cantidad de NOP que es exportada hacia las lagunas salinas.

# Diferencias cuantitativas de N orgánico disuelto (NOD) entre humedales (< 0,45 μm)



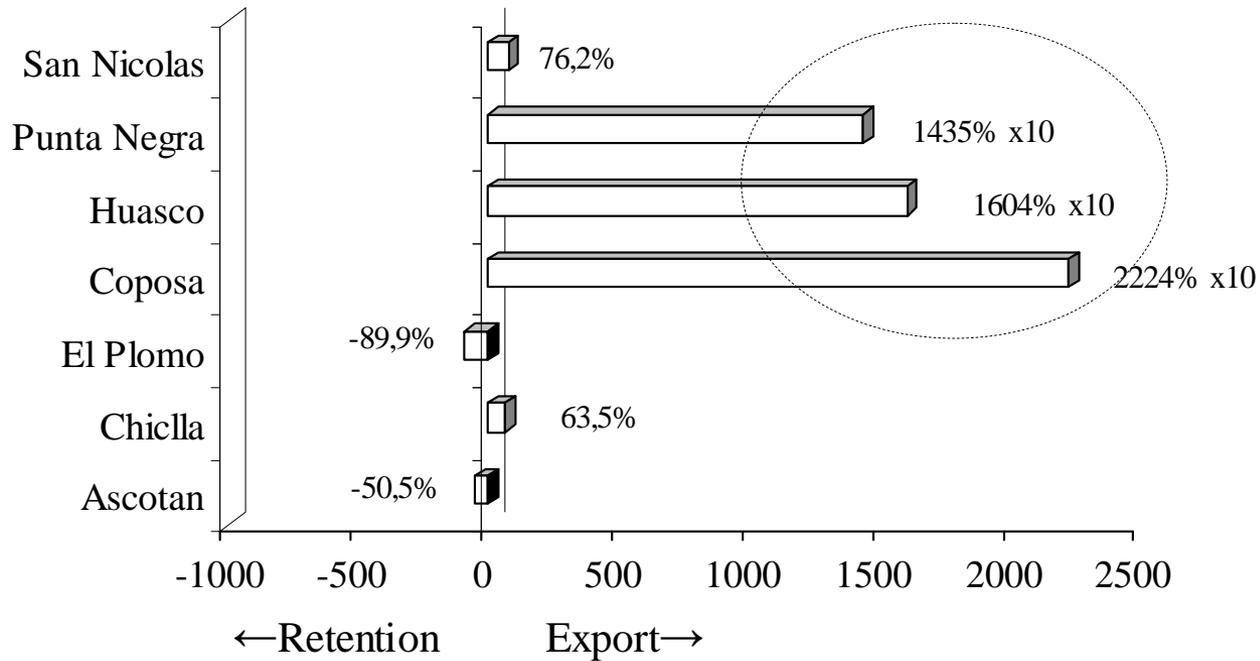
# Función de transferencia de NOP

Diferencias cuantitativas de N orgánico particulado (NOP) entre humedales (0,45 – 1.800  $\mu\text{m}$ )



- Humedales con baja eficiencia de exportación de NOP  $\rightarrow 10^1 - 10^2$  %
- Humedales con alta eficiencia de exportación de NOP  $\rightarrow 10^4 - 10^6$  %

# Función de transferencia de NOP (50 - 1.800 μm)



$$\text{PON}_{\text{outlet}} - \text{PON}_{\text{inlet}} / \text{PON}_{\text{inlet}}$$

- ***Función de transformación***

Los Humedales Altoandinos cambian la composición de los flujos de NOP que entran a las lagunas salinas.

Existen diferencias entre los Humedales Altoandinos del efecto sobre la composición de los flujos de NOP que entran a las lagunas salinas

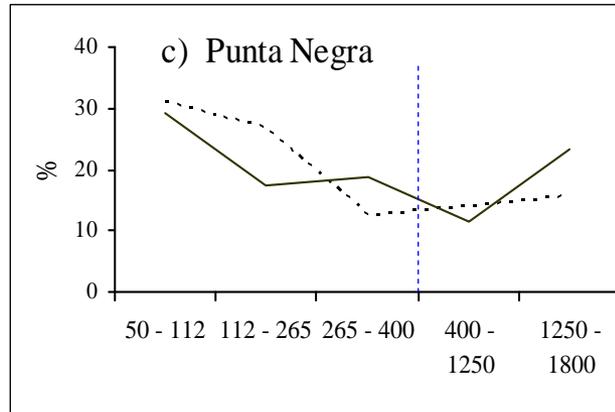
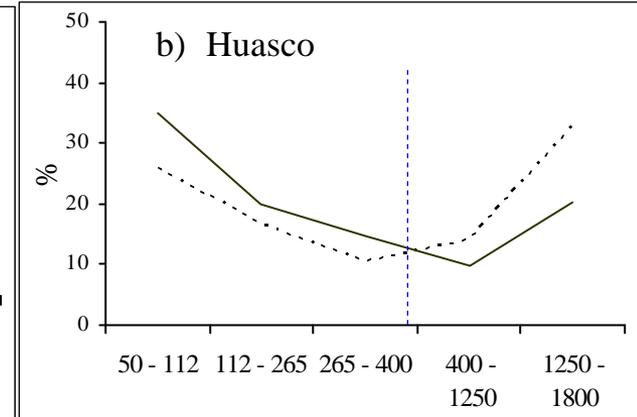
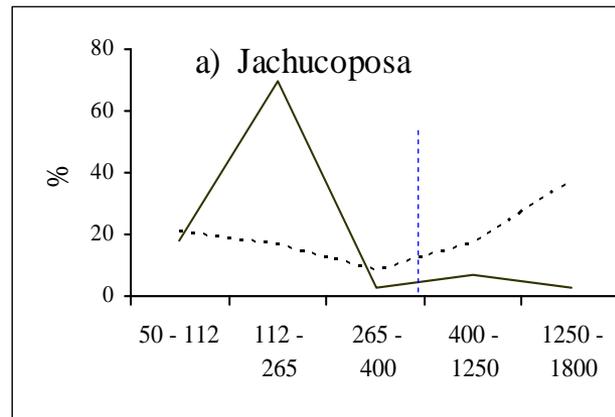
# Humedales de alta exportación de NOP

## Humedales de alta exportación de NOP

Aumento de la fracción <math><400 \mu\text{m}</math>

Disminución de la fracción >math>>400 \mu\text{m}</math>

Afluente (---)  
Efluente (—)



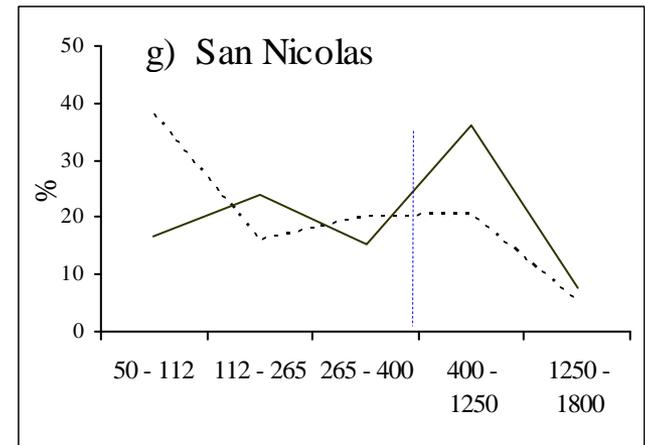
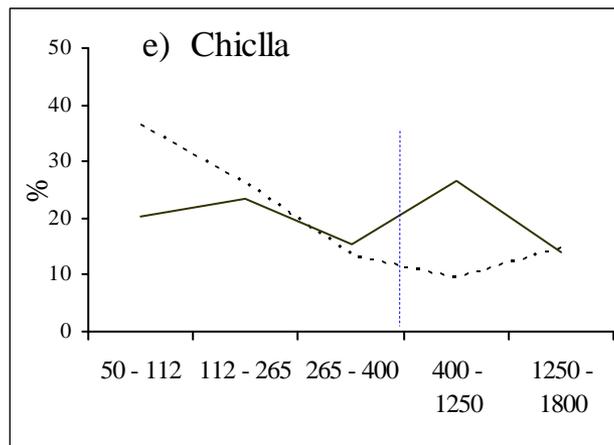
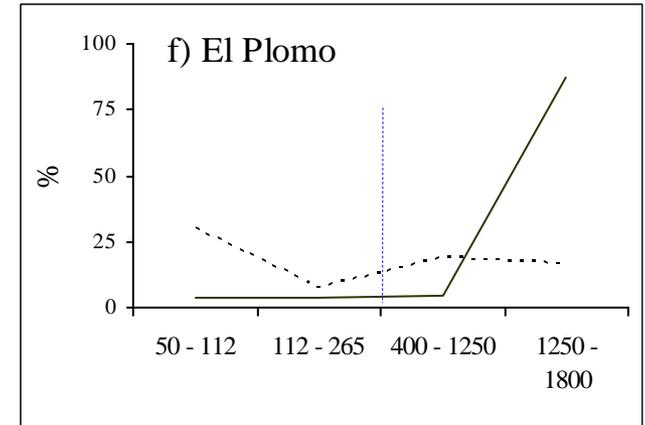
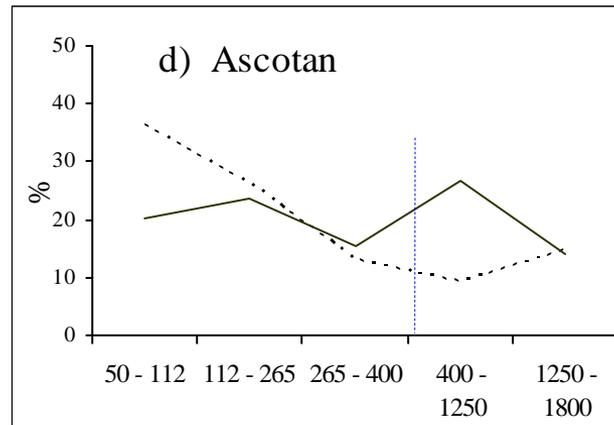
# Humedales de baja exportación de NOP

Disminución de la fracción < 400  $\mu\text{m}$

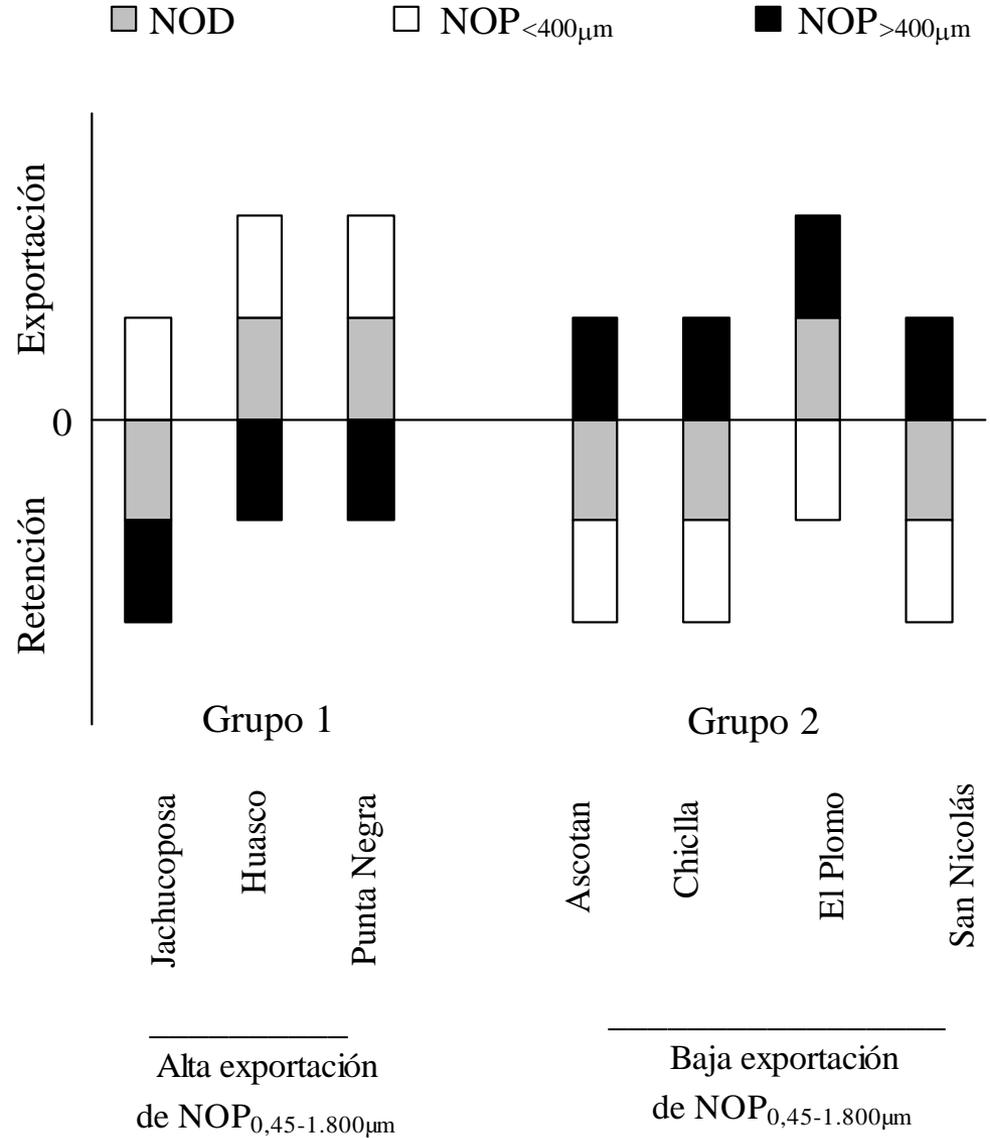
Aumento de la fracción > 400  $\mu\text{m}$

Afluente (---)

Efluente (—)



# Integración de las funciones de Transferencia y Transformación de NOP



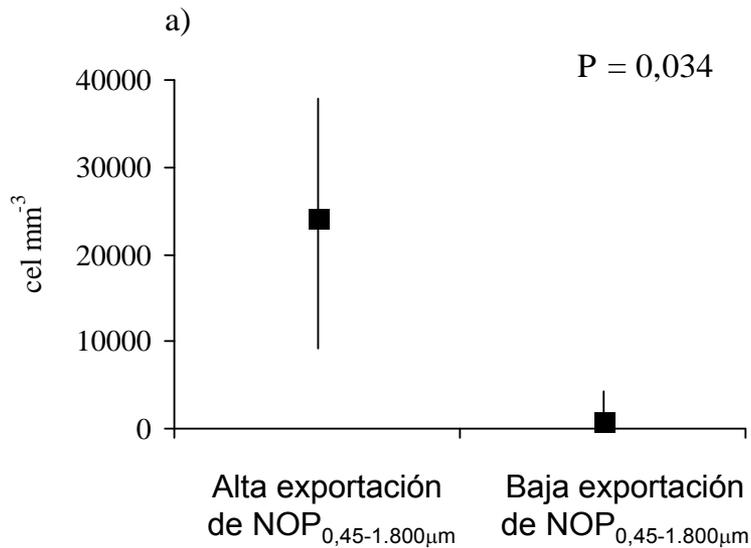
- **Asociación entre *Estructura biológica* y *Función***

Existe una asociación entre los ensambles biológicos y la función de transferencia de NOP en los Humedales Altoandinos

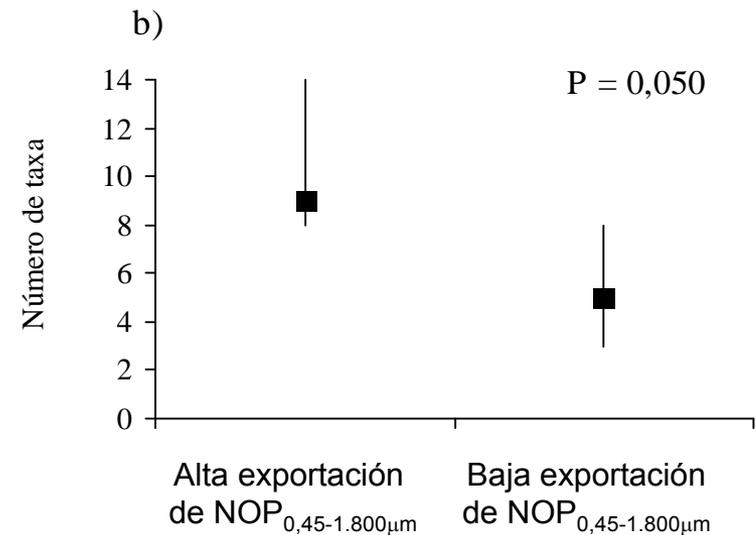
# Microalgas bentónicas

Prueba no paramétrica Mann-Witney, \* $P \leq 0,05$

## Abundancia total

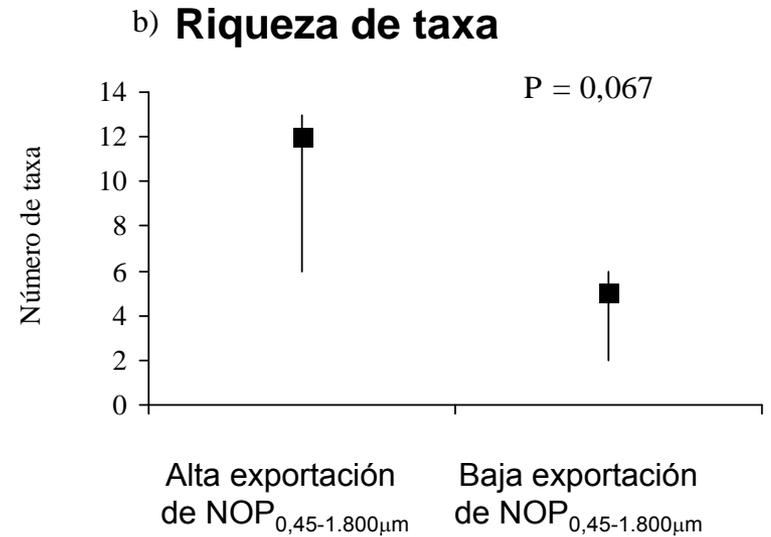
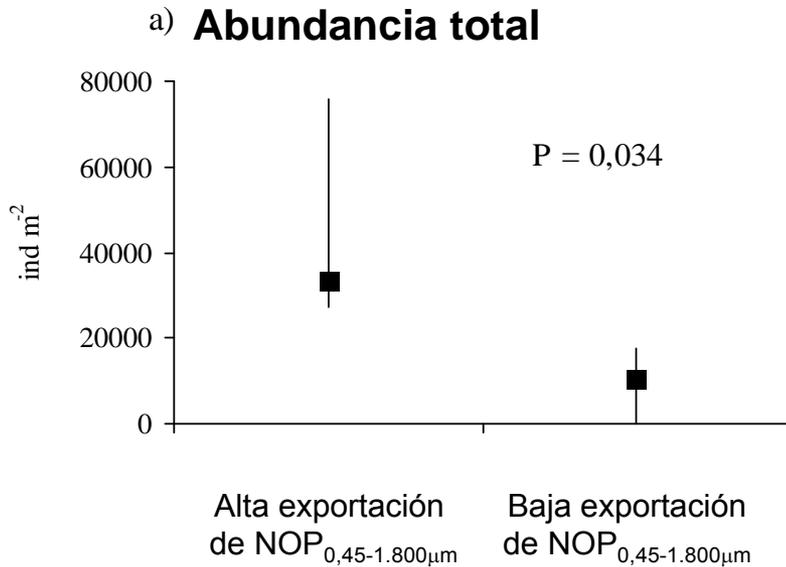


## Riqueza de taxa



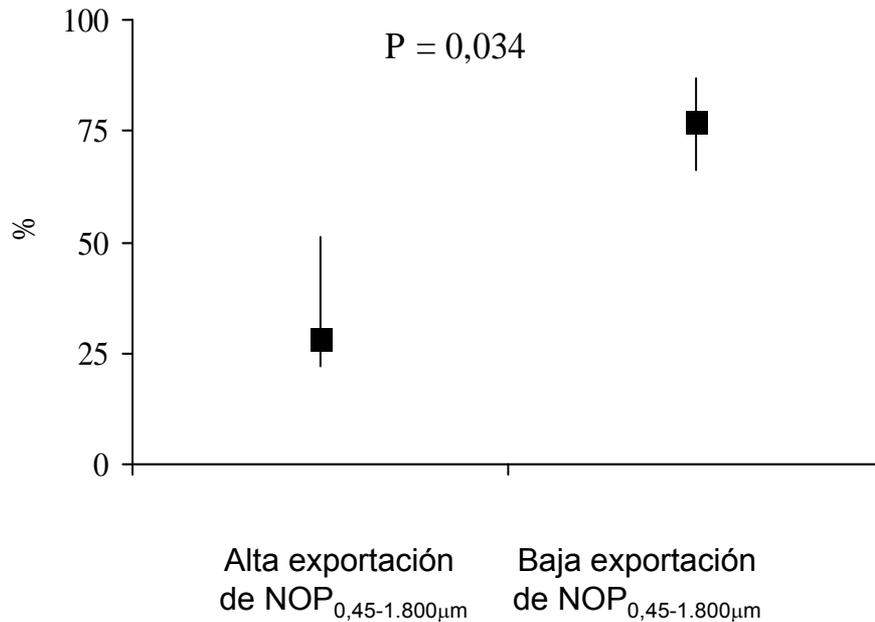
# Macroinvertebrados bentónicos (> 250 μm)

Prueba no paramétrica Mann-Witney, \*P ≤ 0,05



# Vegetación terrestre azonal y macrofitas

Prueba no parametrica Mann-Witney, \* $P \leq 0,05$



# Conclusiones

1. Dos agrupaciones de humedales Altoandinos:
  - 1) Alta eficiencia de exportación de NOP
  - 2) Baja eficiencia de exportación de NOP
1. Los humedales Altoandinos con alta eficiencia de exportación producen partículas de NO de tamaño  $< 400 \mu\text{m}$  mientras que los humedales con baja eficiencia de exportación producen partículas de tamaño  $> 400 \mu\text{m}$ .
2. Hubo una asociación estructural-funcional en los Humedales Altoandinos. Los humedales mas eficientes en exportar NOP presentan mayor abundancia y riqueza de microalgas y macroinvertebrados bentónicos que los menos eficientes.