

# HUMEDALES



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

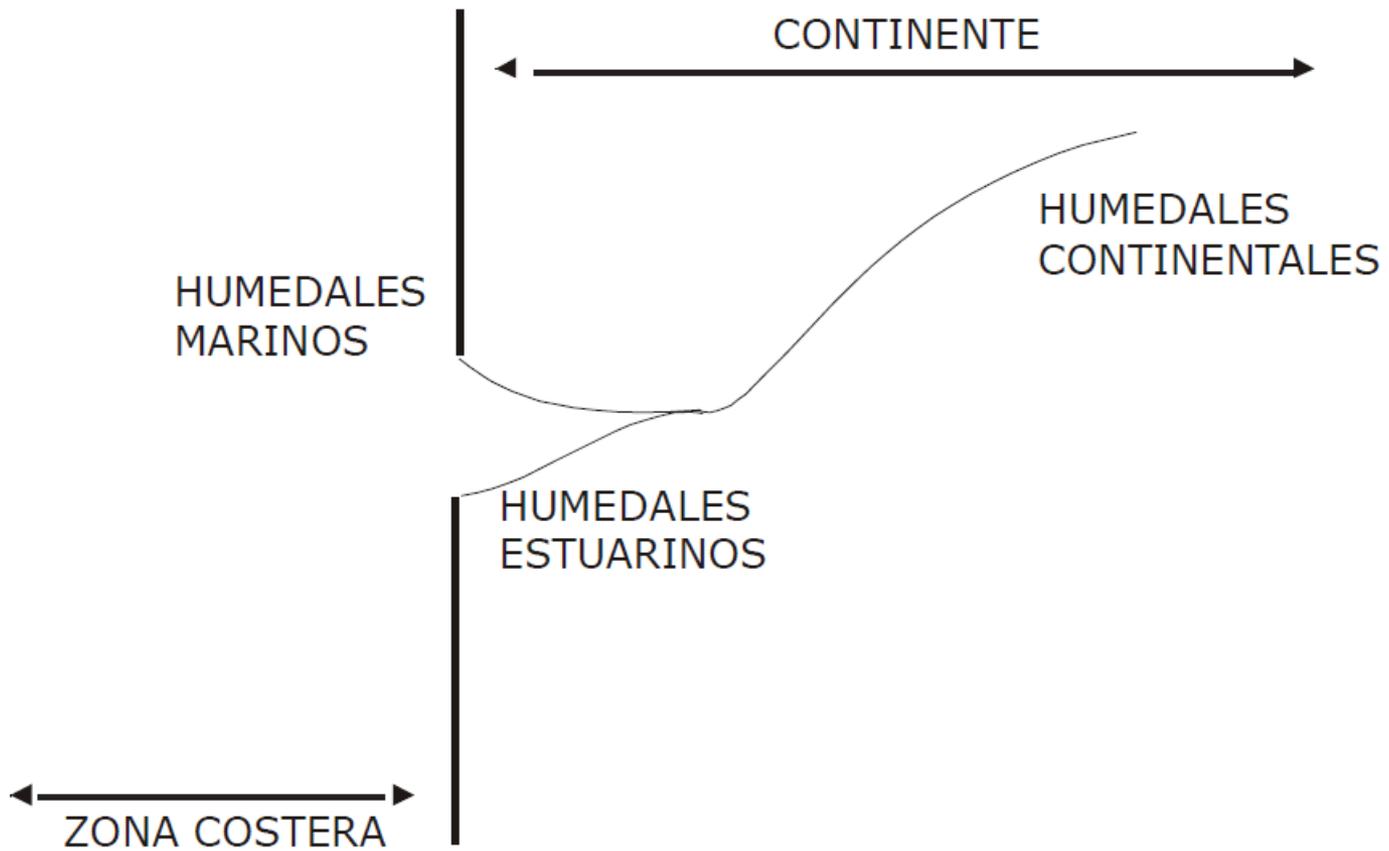
## SEMINARIO DE CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES BIOCONSTRUCCION 2020



# HUMEDALES

De acuerdo a Cowardin et al. (1979) los humedales constituyen sistemas transicionales entre los ecosistemas terrestres y acuáticos que presentan las siguientes características:

- El suelo está saturado de agua o cubierto por una capa de agua somera durante algún período del año.
- Presenta un tipo único de suelo que difiere sustancialmente de la tierras adyacentes más elevadas.
- Son sitios habitados por una vegetación adaptada a las características reductoras del suelo, las cuales se denominan hidrófitas o macrófitas.

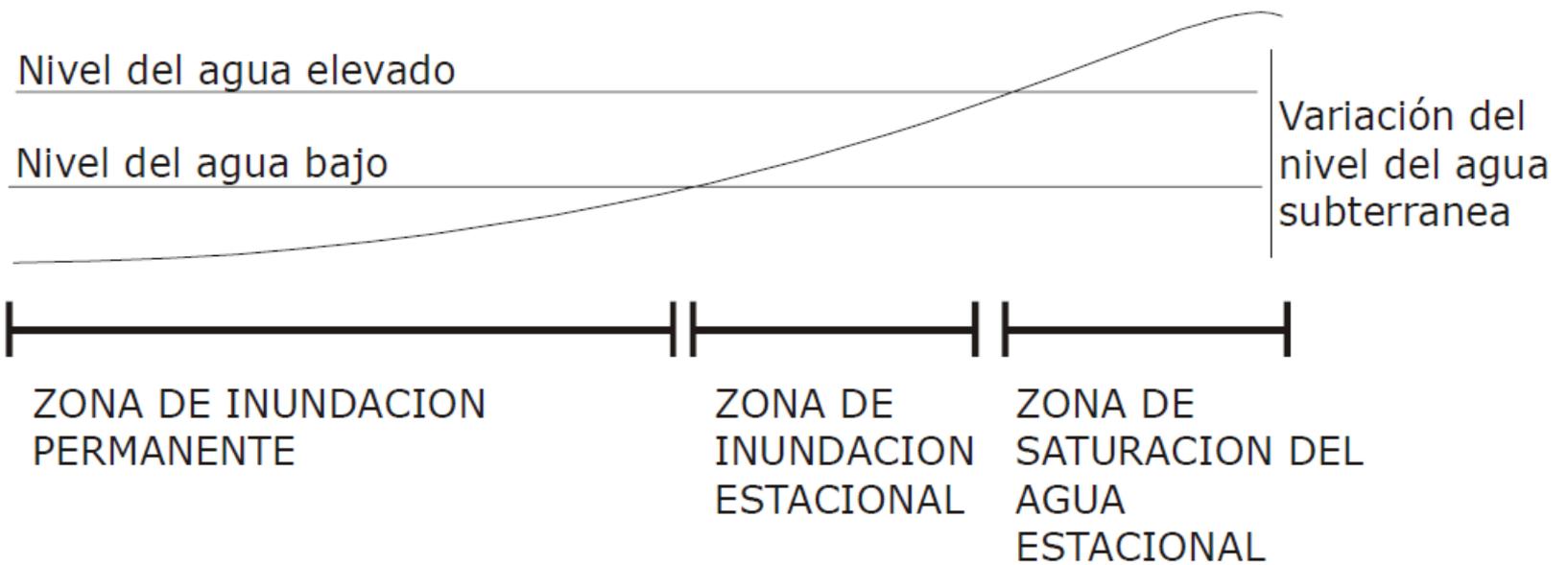


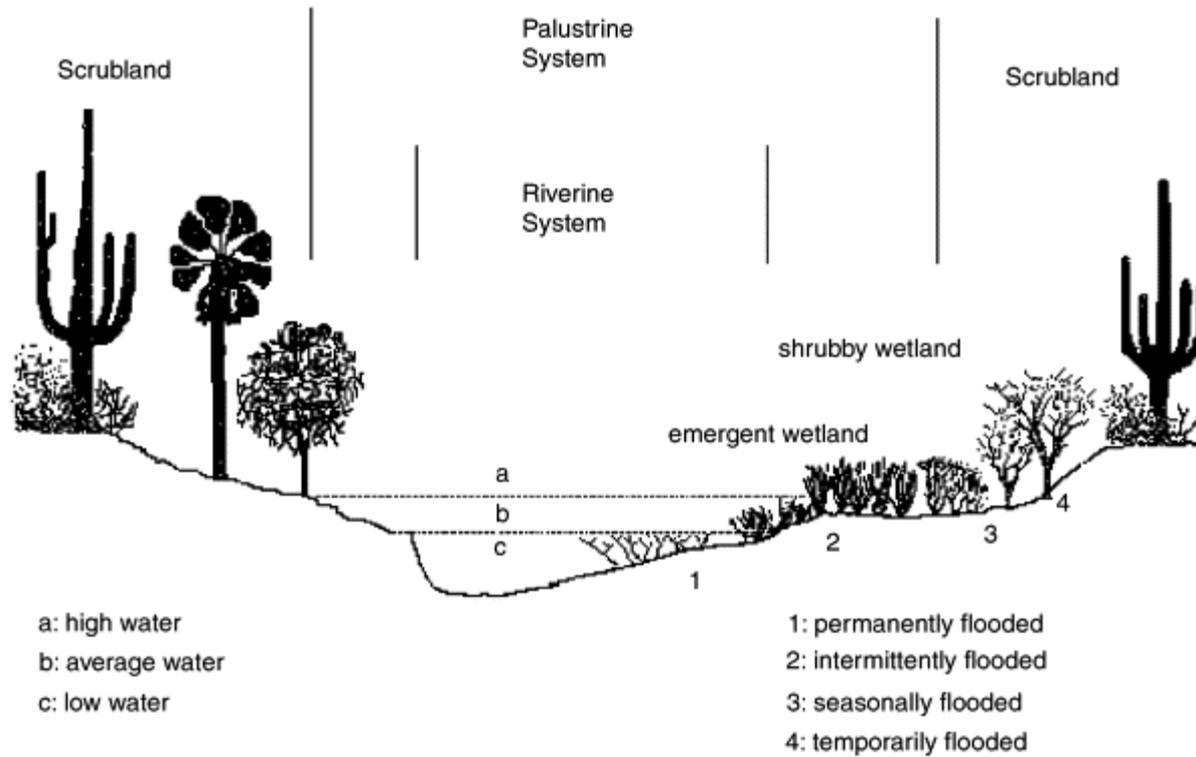
UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



**SARAS<sup>2</sup>**

South American Institute for  
Resilience and Sustainability Studies





La **acumulación de materia orgánica**, característica clave de los humedales naturales y artificiales



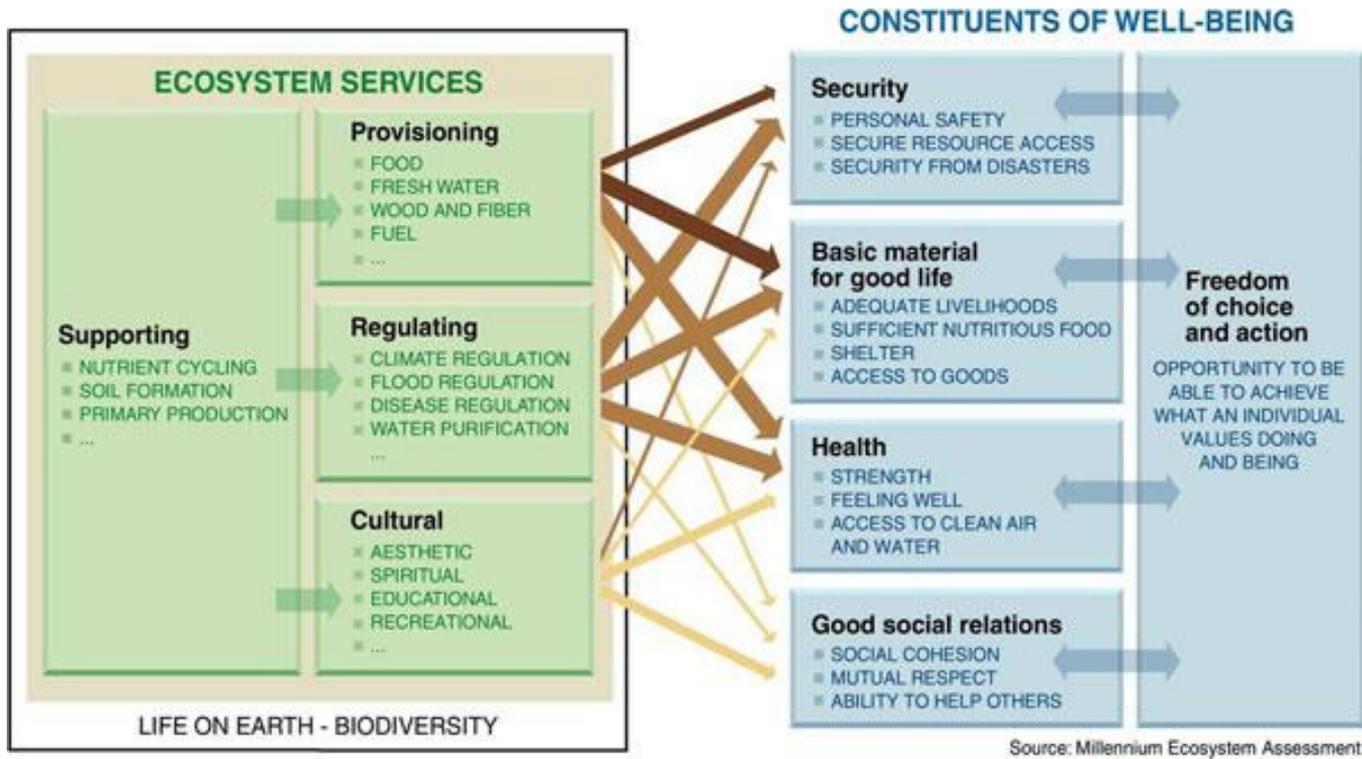


UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

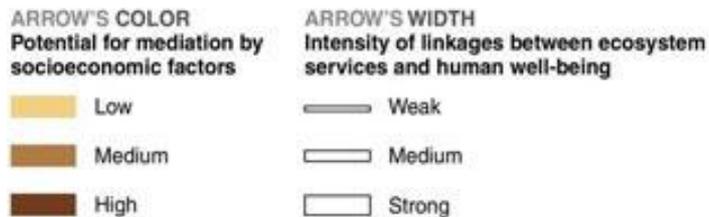


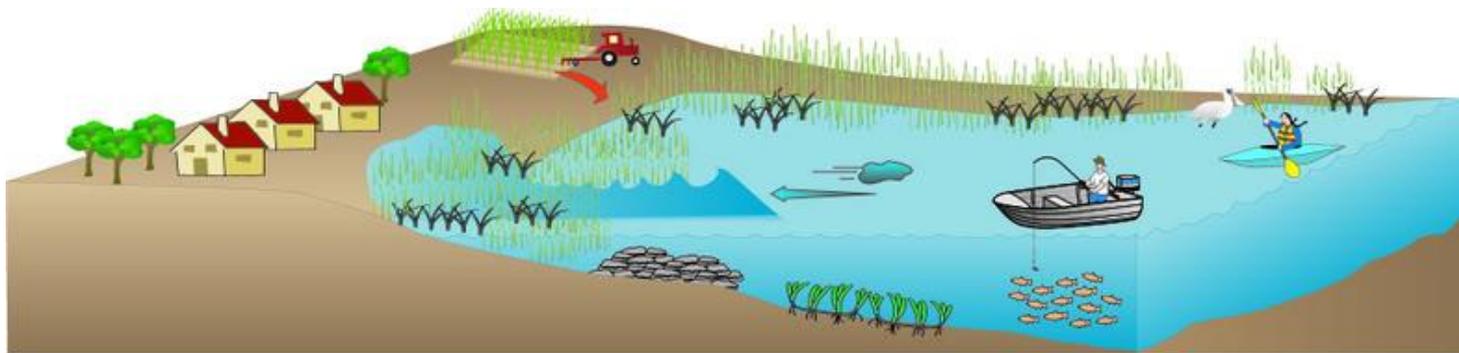
¿Por qué los  
humedales son  
importantes?





Source: Millennium Ecosystem Assessment





### Key Ecosystem Services and Features of Coastal Wetlands



Coastal communities protected from storm surge by wetlands



Storm surge



Nutrient runoff from agriculture



Nursery areas benefit recreational fishing



Wildlife and wetland ecosystems increase recreation and tourism value



Saltmarsh



Oyster reef



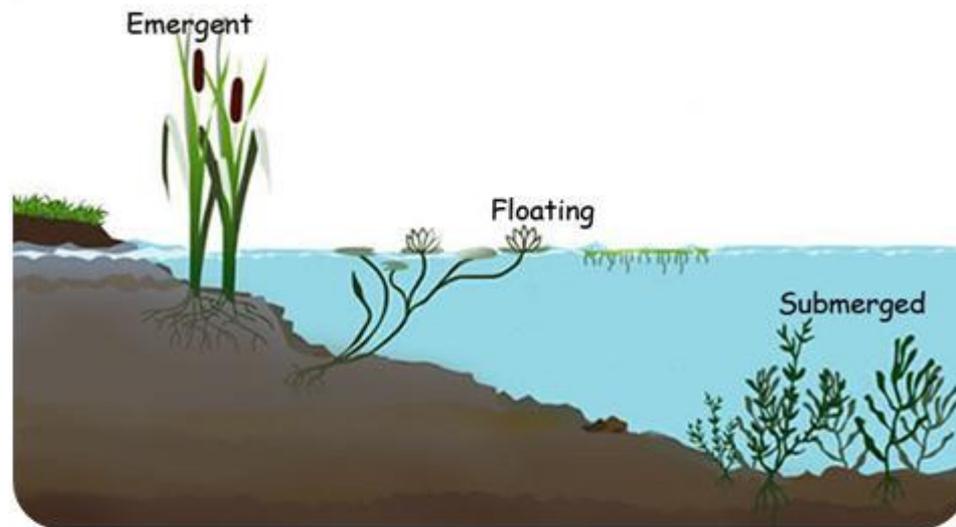
Seagrass

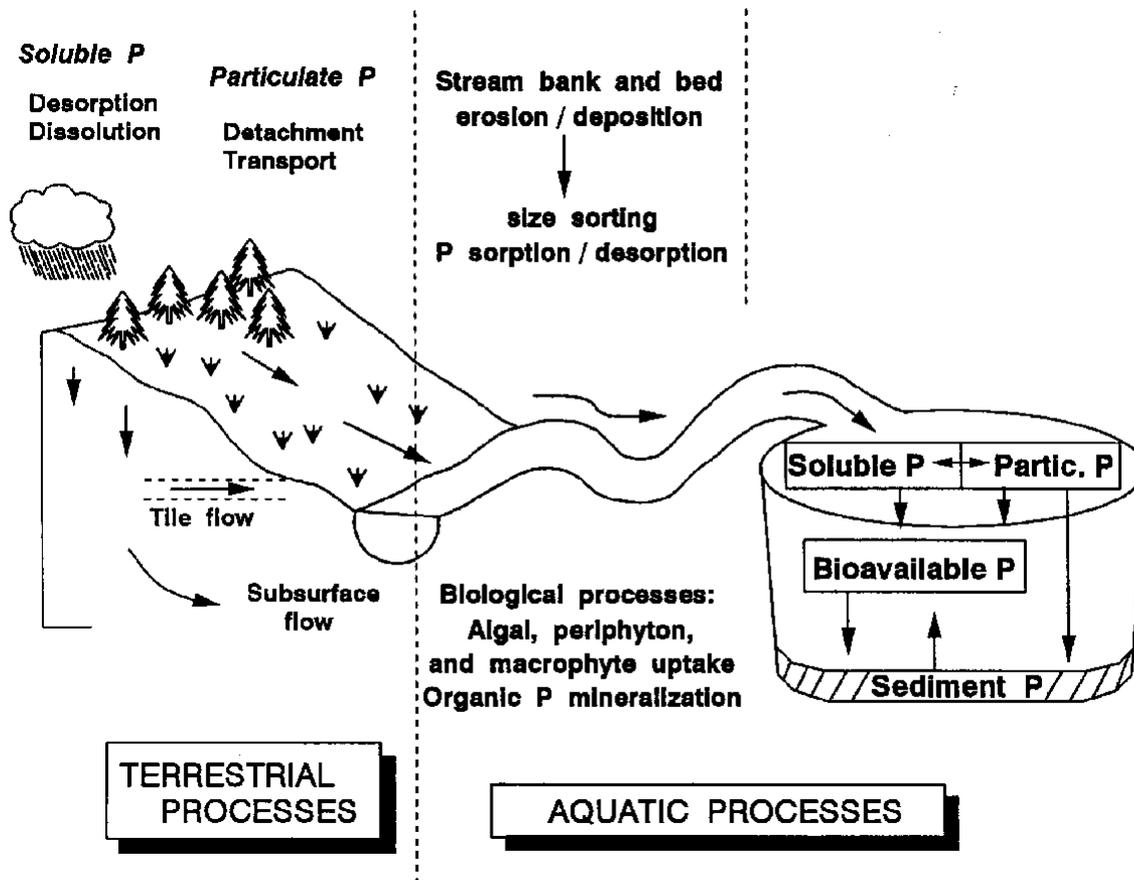
Funciones ecosistémicas		Bienes y servicios (ejemplos)
Genéricas	Específicas	
<b>Regulación Hidrológica</b>	Desaceleración de los flujos y disminución de turbulencia del agua	<i>Estabilización de la línea de costa. Disminución del poder erosivo.</i>
	Regulación de Inundaciones	<i>Disminución de la intensidad de los efectos de las inundaciones sobre áreas vecinas</i>
	Retención de agua Almacenaje a largo y corto plazo	<i>Presencia de reservorios de agua para consumo y producción.</i>
	Recarga de acuíferos	<i>Reservas de agua dulce para el hombre, para consumo directo y para utilización en sus actividades productivas</i>
	Retención y estabilización de sedimentos	<i>Mejoramiento de la calidad del agua</i>
	Regulación de procesos de evapotranspiración	<i>Atemperación de condiciones climáticas extremas</i>
<b>Regulación Biogeoquímica</b>	Ciclado de nutrientes (Nitrógeno, Carbono, Fósforo, etc.)	<i>Retención de contaminantes Mejoramiento de la calidad del agua</i>
	Almacenaje / retención de nutrientes (ej Fijación/ acumulación CO <sub>2</sub> , liberación de NH <sub>4</sub> )	<i>Acumulación de Carbono Orgánico (ie.turba). Regulación climática</i>
	Transformación y degradación de nutrientes y contaminantes	<i>Mejoramiento de la calidad del agua. Regulación climática</i>
	Exportación de nutrientes y compuestos.	<i>Vía agua: Sostén de cadenas tróficas vecinas Regulación Climática: Emisiones CH<sub>4</sub> a la atmósfera</i>
	Regulación de salinidad	<i>Provisión de agua dulce Protección de suelos Producción de sal</i>

El soporte de gran parte de los servicios ecosistémicos es la elevada producción primaria de estos sistemas



Considerando todas las unidades metabólicas del gradiente de profundidad, las hidrófitas emergentes son las más productivas de todas las comunidades vegetales.







- + Los humedales funcionan como retenedores, fuentes y transformadores.
- + Polifuncionales de acuerdo al aspecto considerado y al hidropériodo.



# TRATAMIENTO SECUNDARIO Y TERCIARIO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS MEDIANTE HUMEDALES SUB-SUPERFICIALES CON PLANTAS NATIVAS



**DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (DICYT),  
PROGRAMA DE JÓVENES INVESTIGADORES EN EL SECTOR PRODUCTIVO,  
TRILODALL S.A  
EL DESCUBRIMIENTO RESORT CLUB**

**FACULTAD DE CIENCIAS+TRES ESPACIOS ARQUITECTAS+ VIVERO LAGUNA  
EL CHAJA**

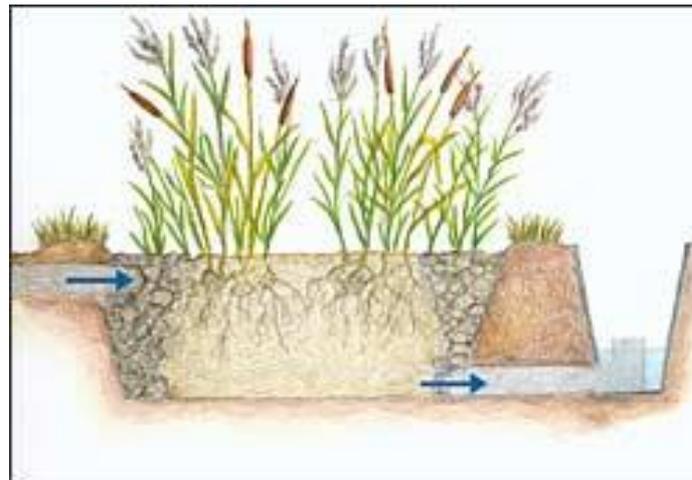
# EUTROFIZACION: CAUSAS Y CONSECUENCIAS

- Proceso de enriquecimiento de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) que condiciona un aumento de la biomasa de productores primarios (microalgas o plantas acuáticas).
- Causas:           Uso de fertilizantes  
                          Vertimiento de sistemas de saneamiento

# METODOS PARA DISMINUIR EL APOORTE EXTERNO DE NUTRIENTES

## HUMEDALES ARTIFICIALES

- Sistemas construidos por el hombre que replican el funcionamiento de humedales naturales, fundamentalmente su capacidad de depuración de agua con un alto contenido de materia orgánica y nutrientes.
- Los humedales sub-superficiales se componen de un canal impermeable relleno de grava y cubierto con plantas emergentes (por ej.: totoras, juncos, entre otras).



# METODOS PARA DISMINUIR EL APOORTE EXTERNO DE NUTRIENTES

## FUNCIONAMIENTO DE HUMEDALES ARTIFICIALES

- El agua contaminada pasa lentamente a través de un lecho de grava donde se remueven materia orgánica, nutrientes y organismos patógenos. Los mecanismos involucrados incluyen: oxidación bacteriana, absorción, adsorción, filtración, sedimentación y precipitación química.
- El agua corre por debajo de la superficie del suelo, lo que evita el contacto con el hombre, malos olores y la aparición de mosquitos.

# VENTAJAS DE LOS HUMEDALES SUB-SUPERFICIALES

- Bajos costos de construcción.
- Bajos costos energéticos.
- Poco mantenimiento (cuidado de la vegetación).
- Presentan armonía con el paisaje y ofrecen hábitat para aves.
- El agua queda aislada del contacto con el aire, lo que evita malos olores, ocurrencia de mosquitos y otros riesgos para el hombre.
- Al final del proceso se obtiene un efluente depurado y sin olor.
- Dicho efluente que puede utilizarse para riego, tiene propiedades fertilizantes dado el contenido de fósforo residual (este nutriente no se elimina totalmente en la depuración).

# ESTRATEGIA DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

## CORTO PLAZO

- Diseñar un humedal con especies que presenten atributos ornamentales, compatibilizando el tratamiento de efluentes con otros propósitos.
- Evaluar y comparar la eficiencia de dos especies de plantas nativas en el **tratamiento secundario y terciario** de efluentes domésticos.

## LARGO PLAZO

- Demostrar la aplicabilidad de los humedales artificiales diseñados a las condiciones del Uruguay.
- Promover el uso de **especies nativas** adaptadas a las condiciones ambientales de los humedales artificiales y que presenten potencial en la jardinería.
- Generar conciencia de la posibilidad de **reutilizar el agua**, dado que es un recurso limitado.

## LOCALIZACION DEL PROYECTO

- Complejo turístico El Descubrimiento (km 59.8 Ruta Interbalnearia, Canelones).
- 30 cabañas, permanece abierto durante todo el año.
- Previo a la construcción del humedal se trataba al efluente dentro de dos cámaras sépticas con un complejo de microorganismos (principalmente bacterias) provistas por Bio-Systems.



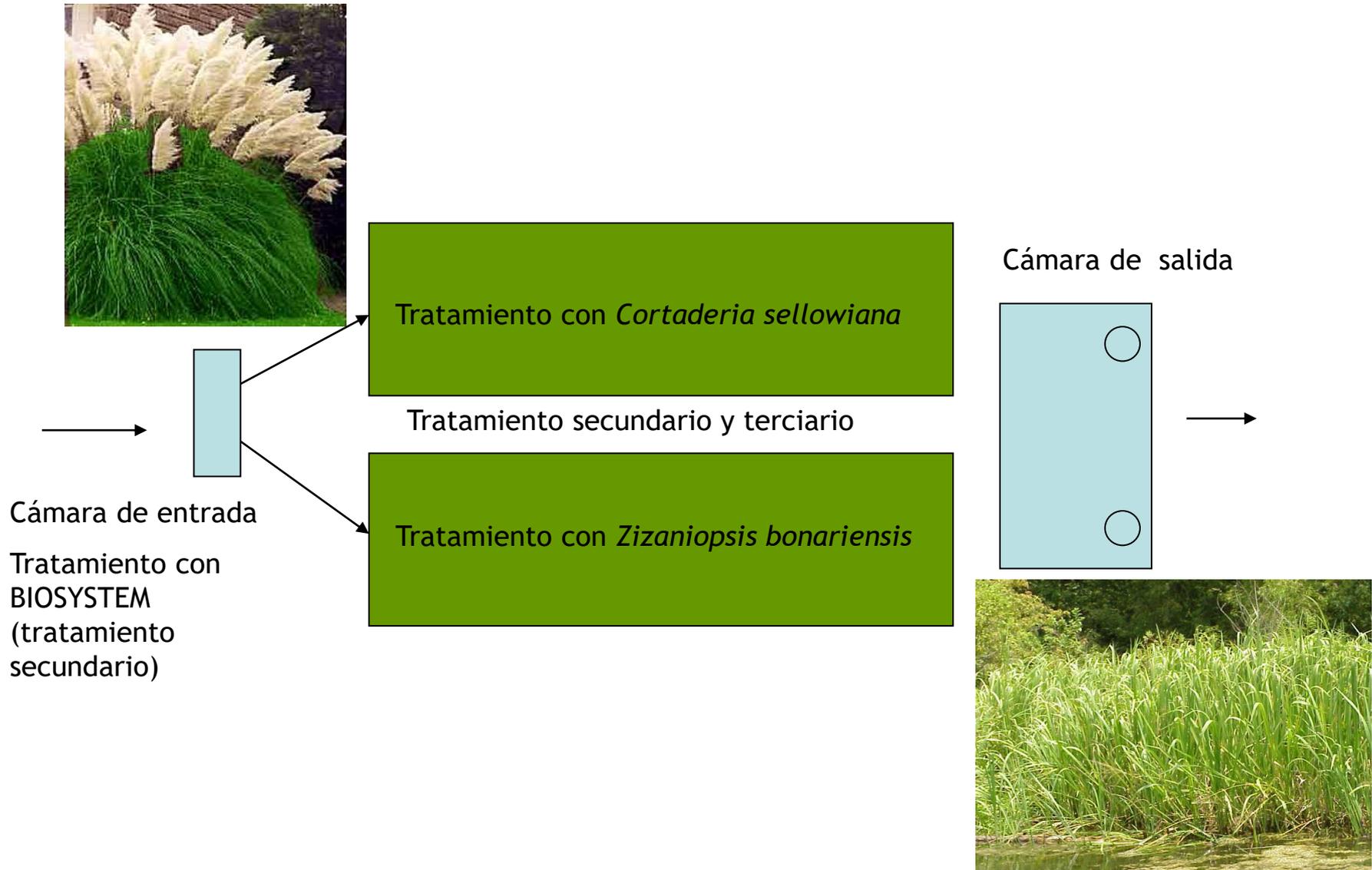
# CONSTRUCCIÓN

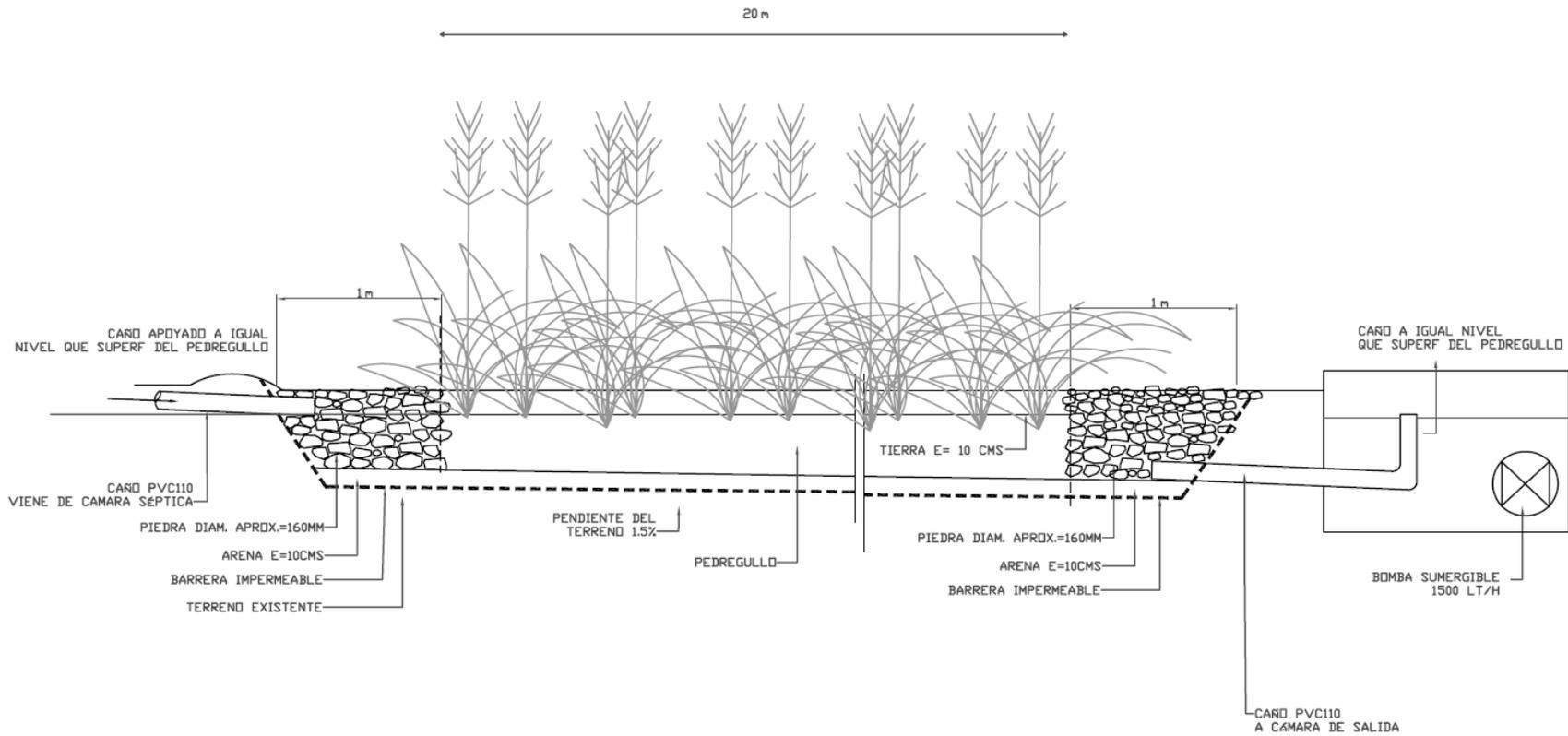
- Se calculó un área superficial total a partir de la ecuación propuesta por Reed (1993), la cual se dividió en dos partes iguales para obtener la subárea de cada canal.

$$A_s = \frac{Q (\ln C_o/C_e)}{K_t \cdot d_n}$$

- La relación largo-ancho recomendada por el mismo autor para cada canal es de 3:1 y la profundidad media de 0.50 m.
- A partir del área superficial y la relación largo: ancho de 3:1, se obtuvieron las dimensiones de los dos canales. El área calculada a partir del caudal del efluente estimado (150l x 5 personas x 30 cabañas = 22.5m<sup>3</sup>) fue de 360m<sup>2</sup>.
- Fue necesario disminuir levemente las dimensiones, resultando las áreas superficiales de cada canal en 154m<sup>2</sup> (22 x 7m).

# ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO







***Etapas de la construcción de los humedales.***

A- Lugar de construcción

B- Excavación de los dos canales, colocación del nylon y comienzo de relleno de uno de los humedales

C- Vista de las tres capas de material

D-Primer humedal terminado

E- Ambos humedales terminados

F- Plantación de las dos especies de plantas

G- Vista del crecimiento de la vegetación adaptada a los sistemas

H- Imagen de los humedales terminados con la cámara de salida.



***Etapas de la construcción de los humedales.***

- A- Lugar de construcción
- B- Excavación de los dos canales, colocación del nylon y comienzo de relleno de uno de los humedales
- C- Vista de las tres capas de material
- D- Primer humedal terminado
- E- Ambos humedales terminados
- F- Plantación de las dos especies de plantas
- G- Vista del crecimiento de la vegetación adaptada a los sistemas
- H- Imagen de los humedales terminados con la cámara de salida.

## METODOLOGÍA

Se analizaron tres estaciones de muestreo (E, C y Z) para evaluar diferencias entre la entrada y las salidas, y entre las especies de plantas de cada humedal.

Se registró mensualmente la siguiente información (por triplicado) :

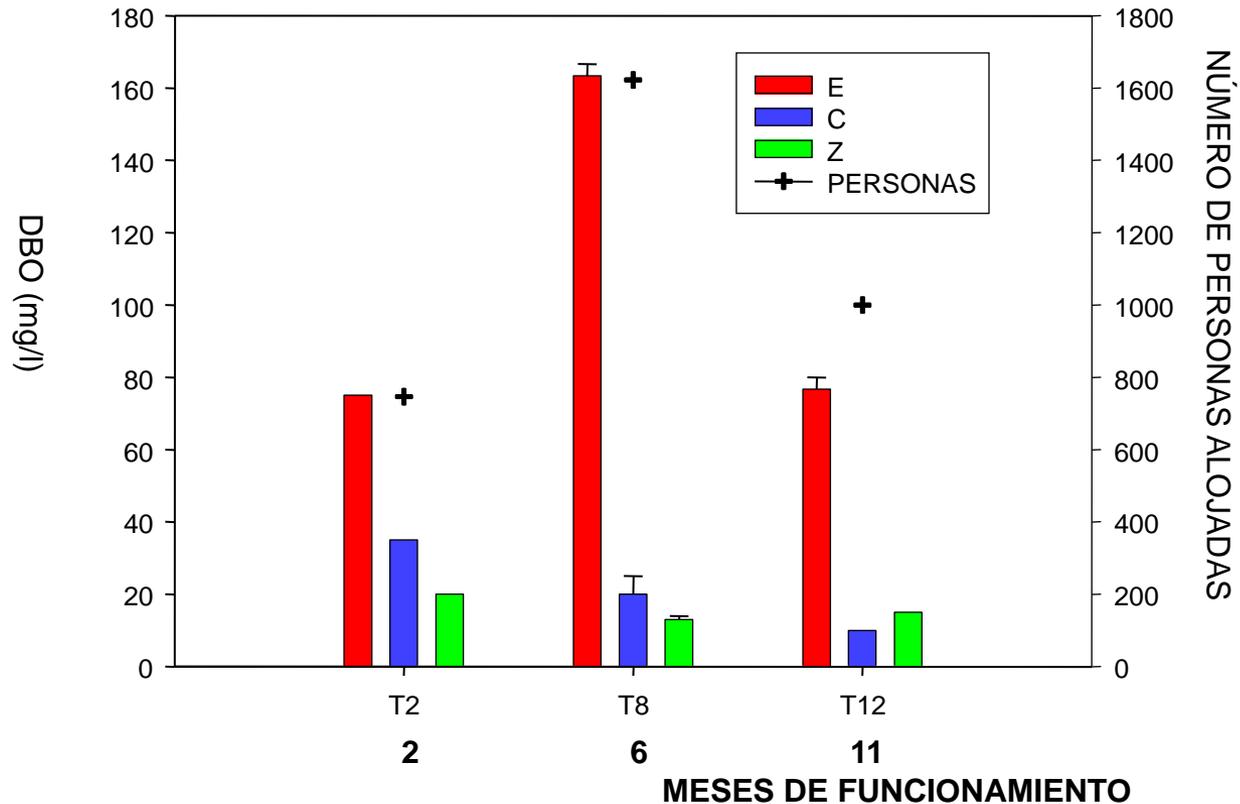
- Parámetros físico-químicos: temperatura, pH, oxígeno y conductividad
- Fósforo total
- Nitrógeno total
- Fosfatos
- Nitratos
- Amonio

Se analizó trimestralmente (por triplicado):

- DBO
- Coliformes fecales

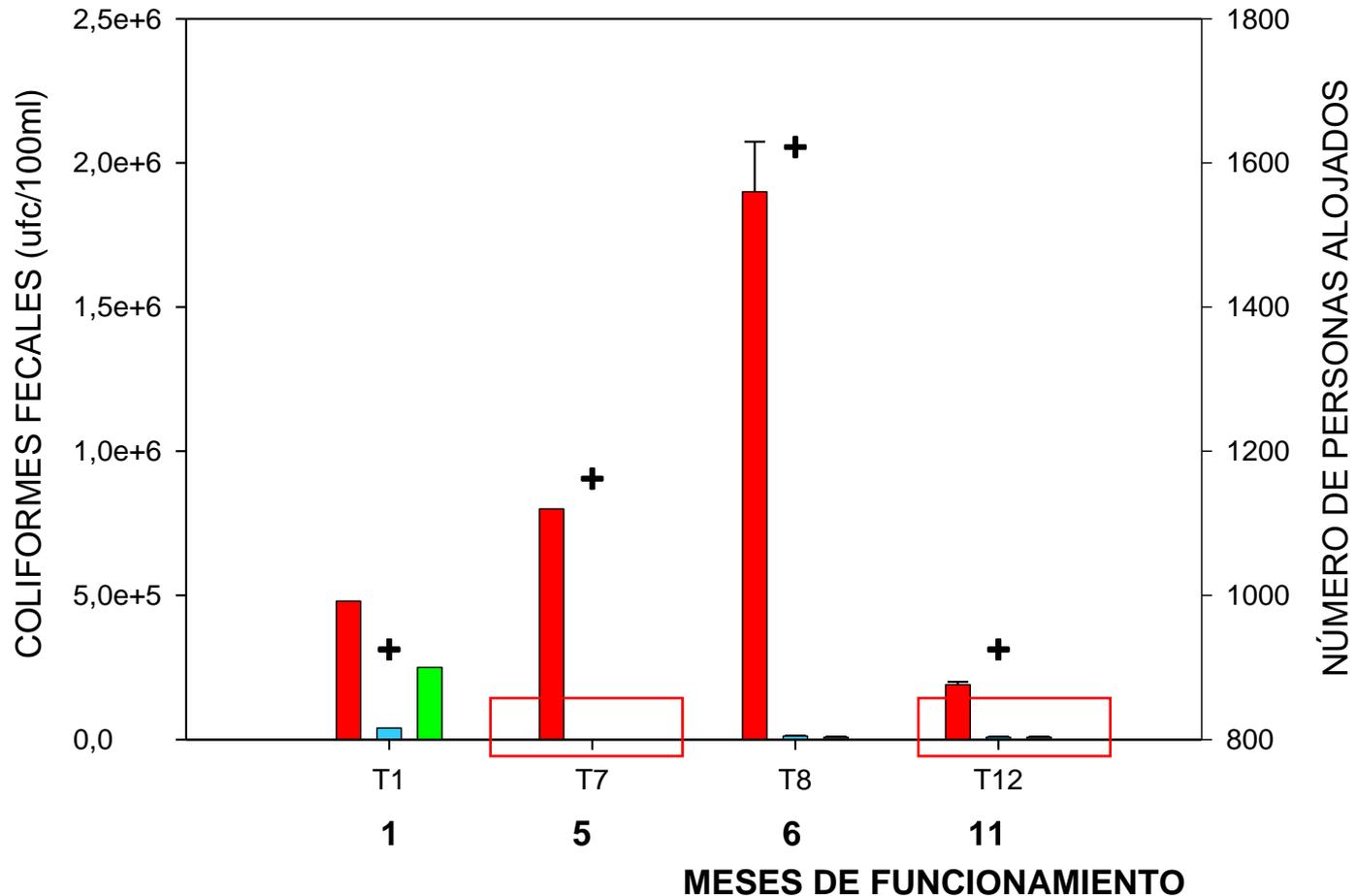
Mantenimiento de la vegetación.

# RESULTADOS



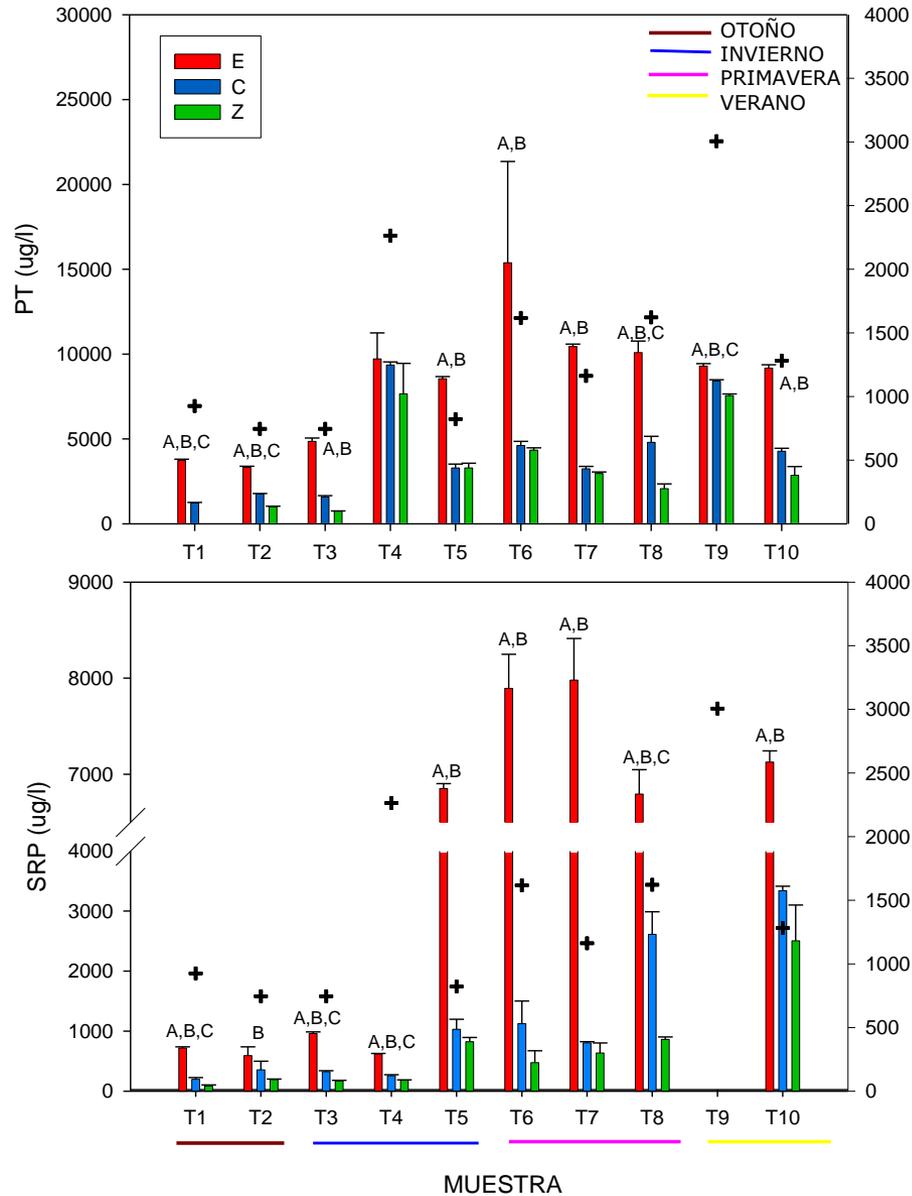
Cada uno de los humedales remueve un alto porcentaje de DBO, el humedal C remueve entre un **53.3 a 87.8%** con un promedio de **76.0%** a lo largo del año. El humedal Z remueve entre un **73.3 a 92.0%**, con un promedio de **81.9%** durante el año.

# RESULTADOS



Los porcentajes de remoción de coliformes fecales para el humedal (C), se encontraron entre **84.6 y 91.7%** con un promedio anual de **89.0%**. El humedal (Z) presentó porcentajes de remoción entre **47.9 y 99.8%**, con un promedio de **82.4%** anualmente.

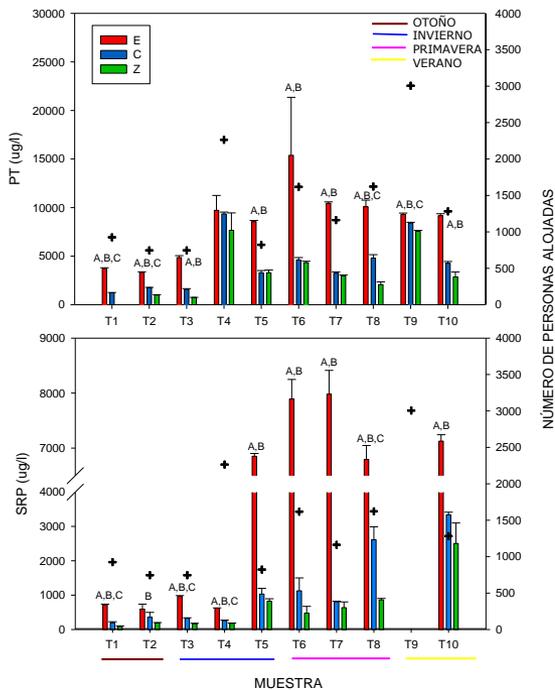
# RESULTADOS



Correlación de Spearman  
 N° de personas vs [PT<sub>E</sub>]=  
**0,688**  
 p-valor<0,001

NÚMERO DE PERSONAS ALOJADAS

# RESULTADOS



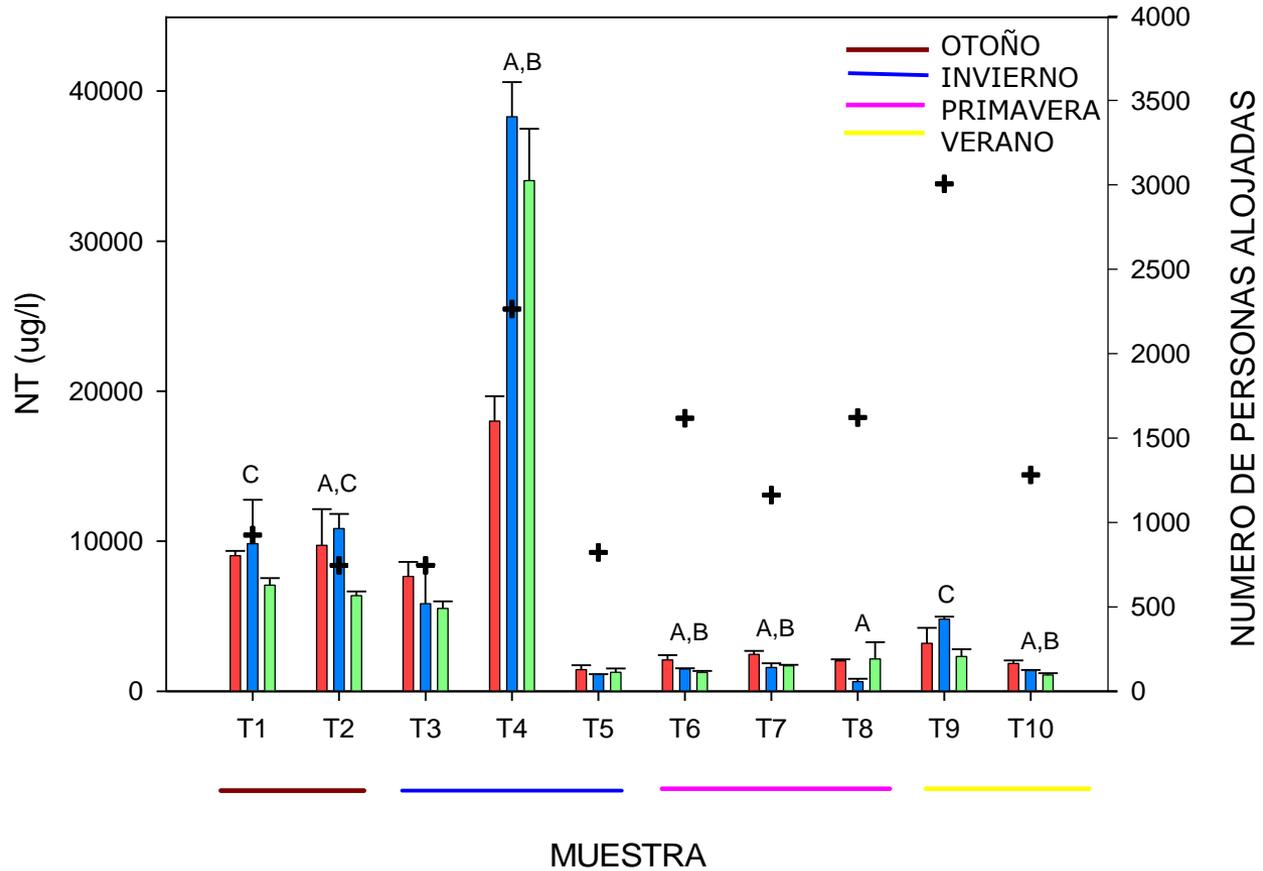
## PT

Remoción de PT a lo largo de todo el año: entre 31.3 y 64.8 %, promedio 43.0 % para C. Para Z, entre 39.2 y 73.9 %, promedio de 58.6%.

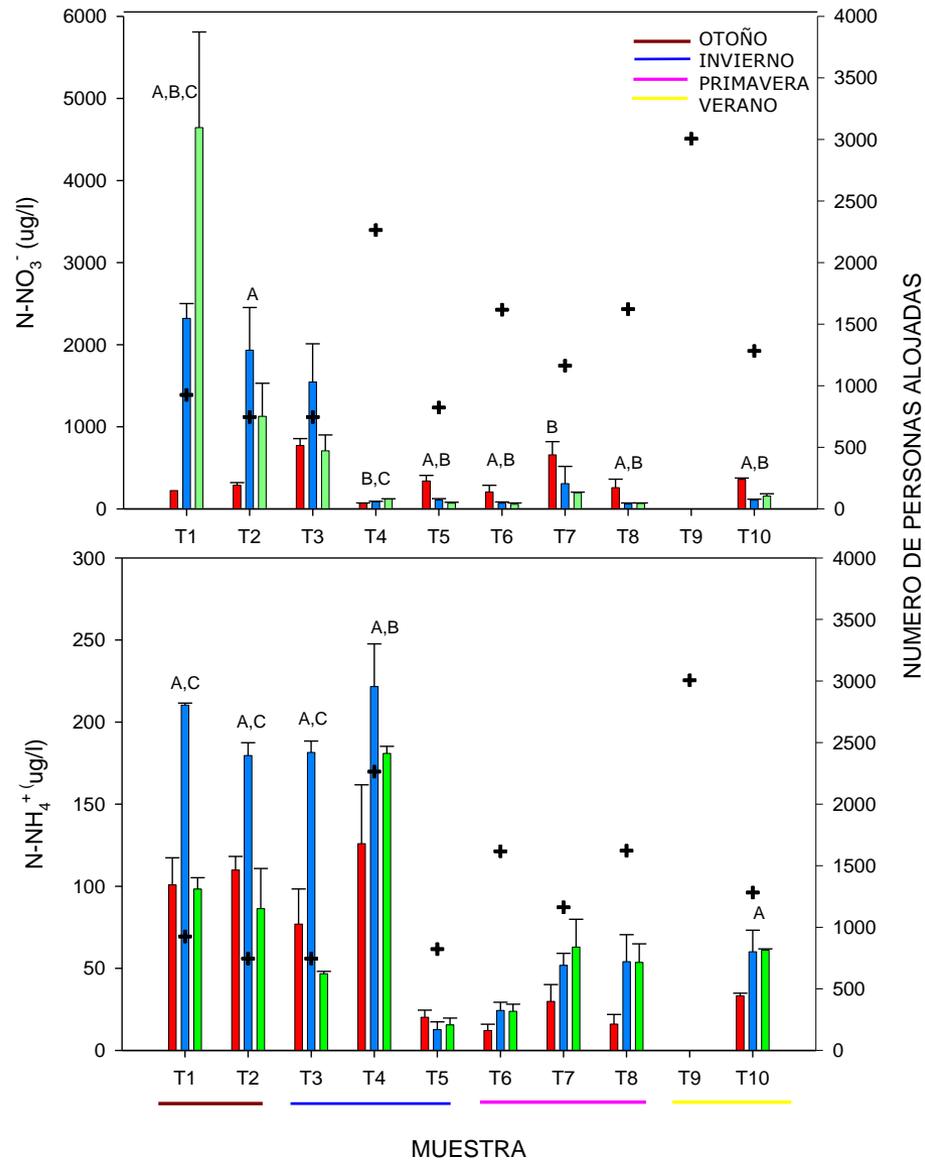
## SRP

SRP mostró la misma tendencia que el PT, observándose remoción a lo largo de todo el año. Remoción para C varió entre 53.1 y 80.9 %, con un promedio de 68 %. En Z el rango fue de 64.9 a 91.3 %, promedio de 81 %.

# RESULTADOS

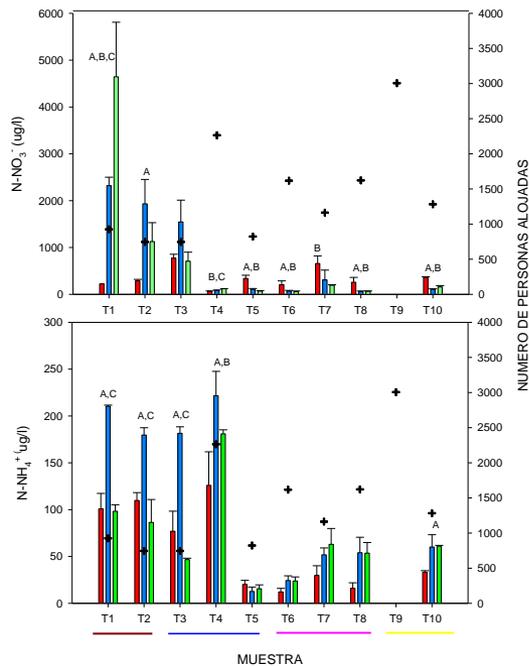


# RESULTADOS



Correlación de Spearman  
 N° de personas vs [NO<sub>3</sub><sub>E</sub>]=  
**-0,523**  
 p-valor<0,005

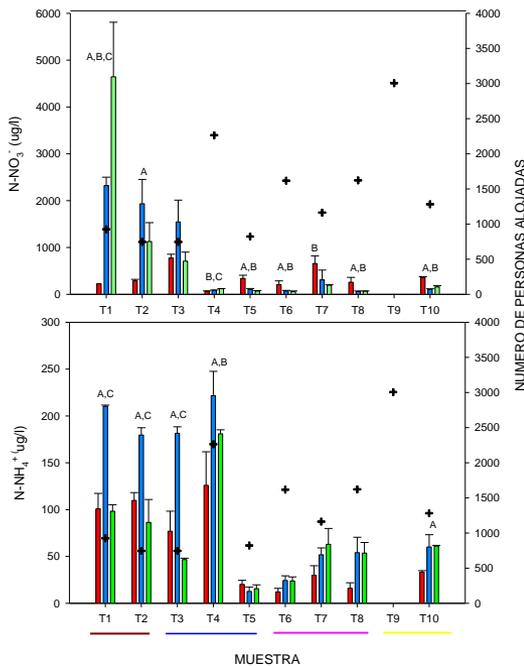
# RESULTADOS



## NT

A diferencia del fósforo, la remoción del NT fue muy variable, observándose en varias ocasiones aumento de su concentración en el efluente. En C se observó un balance de remoción negativo (-14.1 %) que varió entre -67 y 43.4 %. En Z la remoción promedio fue positiva (8.1 %), con un rango entre -50.6 y 32.5 %.

# RESULTADOS



## NITRATO

Se observaron porcentajes de remoción negativos para ambos humedales en el otoño 2006 y para C también en el invierno 2006. En el resto de las estaciones se encontraron porcentajes positivos que presentaron un promedio para C de 65.9 % (entre 61.3 y 70.4 %) y para Z de 64.1 % (entre 24.0 y 71.6 %).

## AMONIO

Se registró remoción en Z (12.4 %) en otoño 2006. En el resto de las estaciones se observó un aumento de la concentración de amonio en el efluente. En C se constató un aumento promedio de 94.2 % (entre 80.8 y 124.6 %). El humedal Z aumentó la concentración en un promedio de 78.4 % (variando entre 9 y 142.1 %), con un único episodio de remoción en el otoño del 2006 del 12.4 %.

## VENTAJAS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS

- Las especies seleccionadas pueden cultivarse sin mayores inconvenientes en vivero y resisten el trasplante muy satisfactoriamente.
- Ambas especies crecieron rápidamente, la especie *Z. bonariensis* llegó a medir 2 metros de alto en un plazo de 60 días, y la especie *C. sellowiana* casi un metro. A partir de los primeros tres meses se comenzaron a podar mensualmente evitando así la acumulación de restos vegetales dentro del humedal.
- Las dos especies presentan un sistema radicular muy denso, proporcionando una mayor superficie para el crecimiento de los microorganismos y una mayor asimilación vegetal.



# PERSPECTIVAS

- ➡ Evaluar el desempeño de los humedales por un lapso de tiempo más prolongado, en especial su eficiencia.
- ➡ Analizar la aplicación de pulsos de bacterias (tratamiento con Bio-Systems) directamente en humedales, como herramienta para aumentar su eficiencia y minimizar los procesos de colmatación.
- ➡ Evaluar nuevas especies nativas que diversifiquen las posibilidades ornamentales o paisajísticas, así como el incremento de la eficiencia en la remoción de materia orgánica y nutrientes.
- ➡ Estudiar el acoplamiento de estos sistemas a sistemas productivos: cultivos hidropónicos, generación de biomasa destinada a la producción de metano, fertilizantes o combustible.
- ➡ Estudiar nuevas especies nativas con capacidad forrajera.

# PERSPECTIVAS



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# PERSPECTIVAS



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# PERSPECTIVAS



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# PERSPECTIVAS



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



## AUTORES

Soledad García

Carolina Crisci

Roberto Ballabio

Claudia Fosalba

Carlos Iglesias

Néstor Mazzeo

María Puppo

Isabel Gadino

Juan Tenorio

Daniel Bustamante

Santiago Artigalas



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

