

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
2007**

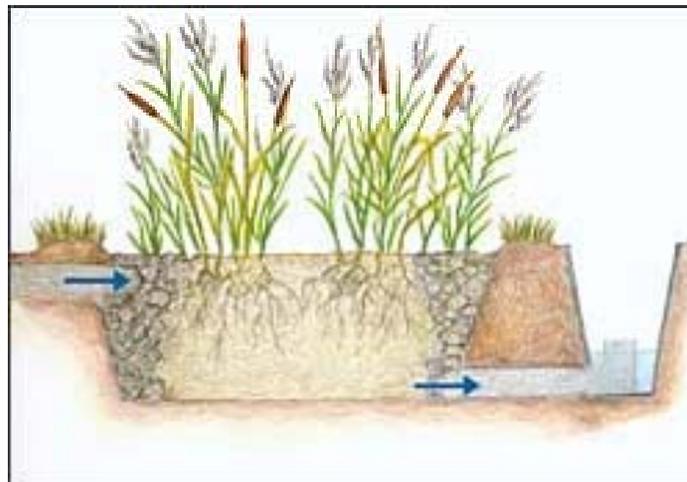
EUTROFIZACION: CAUSAS Y CONSECUENCIAS

- 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 APORTE EXTERNO DE NUTRIENTES

HUMEDALES ARTIFICIALES

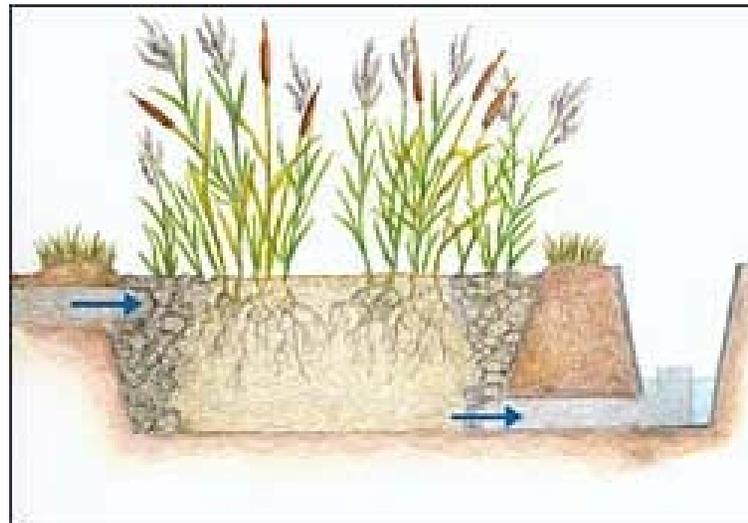
- Sistemas contruidos por el hombre que replican el funcionamiento de humedales naturales, fundamentalmente su capacidad de depuración de agua con un alto contenido de materia orgánica y nutrientes.
- Los humedales sub-superficiales se componen de un canal impermeable relleno de grava y cubierto con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



METODOS PARA DISMINUIR EL APORTE 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).

OBJETIVOS

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.



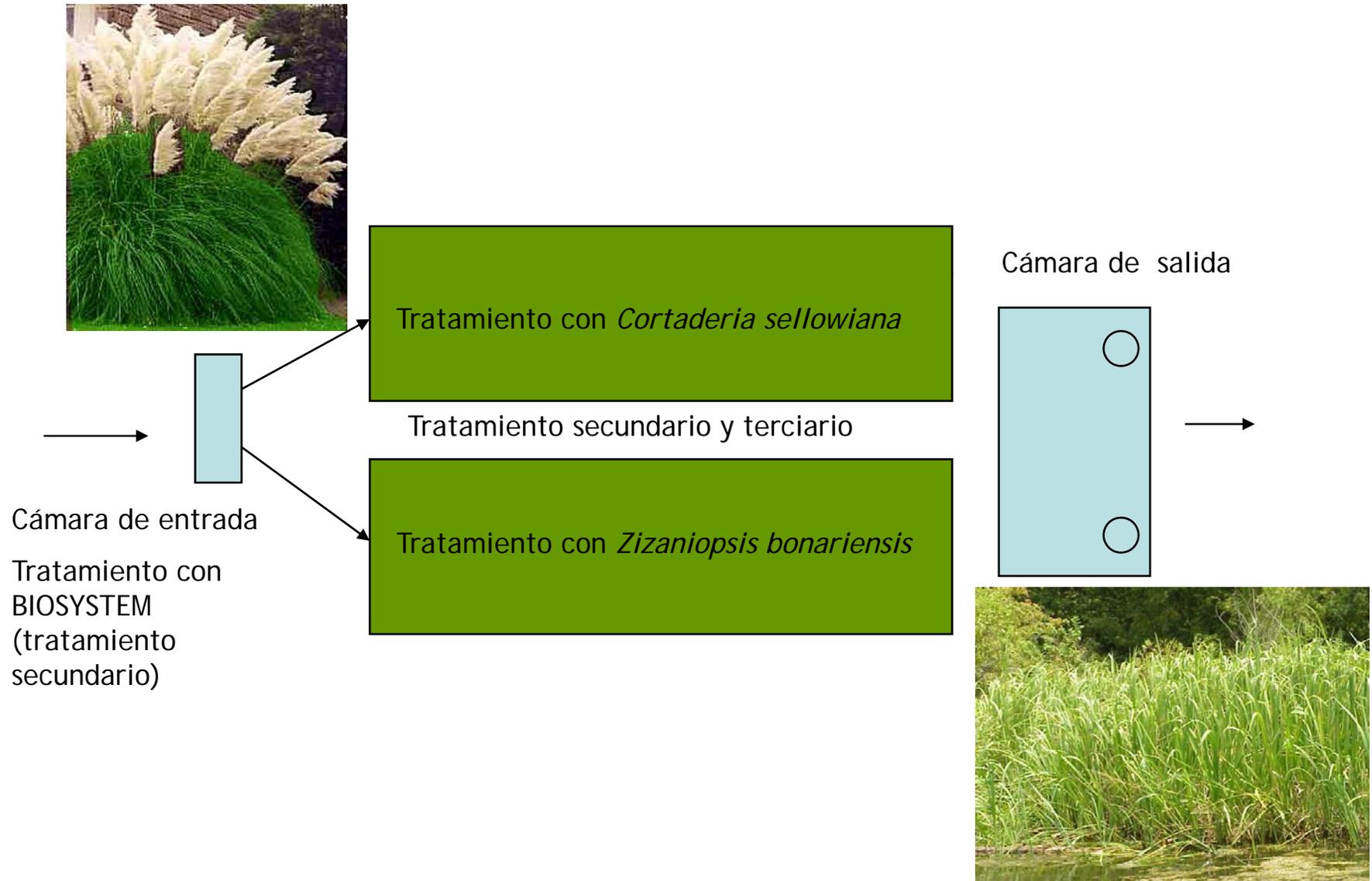
CONSTRUCCIÓN

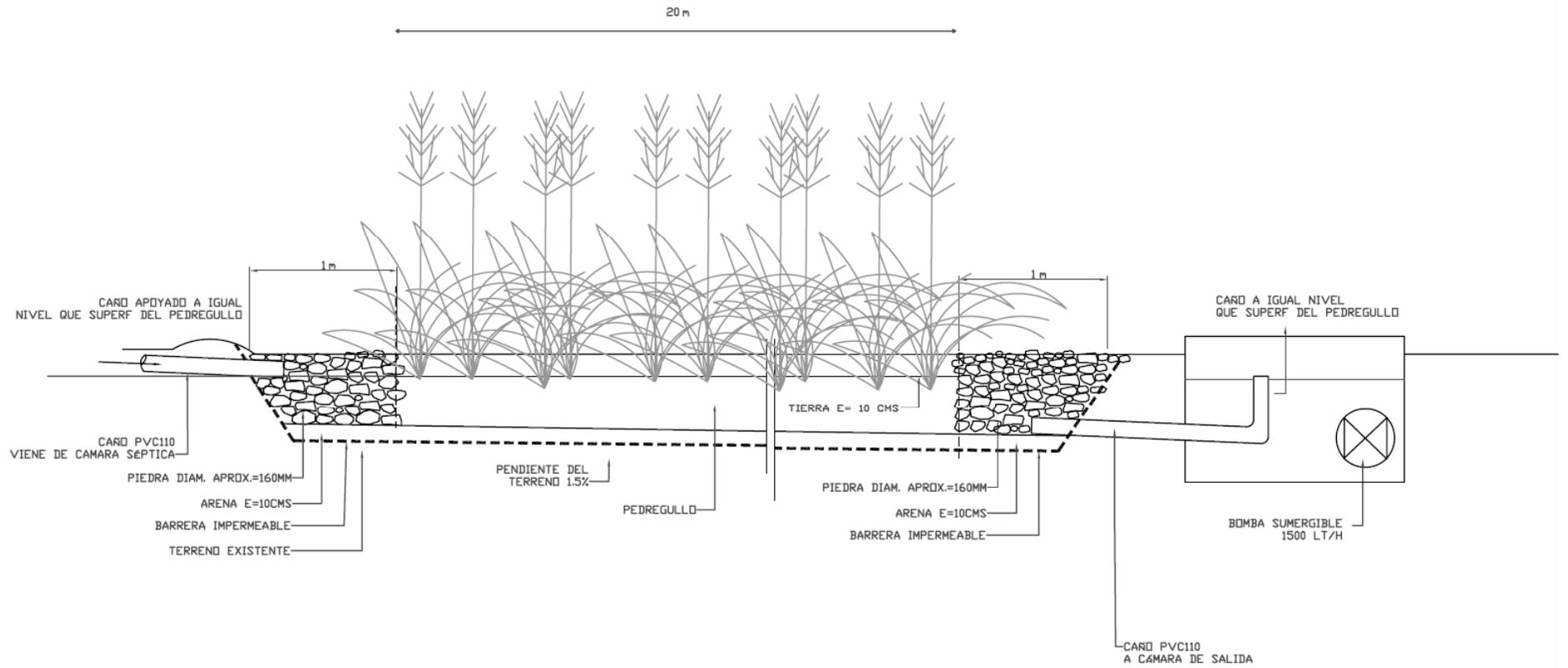
- Se calculó un área superficial total a partir de la ecuación propuesta por Reed (1993), la cual se dividió en dos partes iguales para obtener la subárea de cada canal.

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

- 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 = 22.5m³) fue de 360m².
- Fue necesario disminuir levemente las dimensiones, resultando las áreas superficiales de cada canal en 154m² (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) :

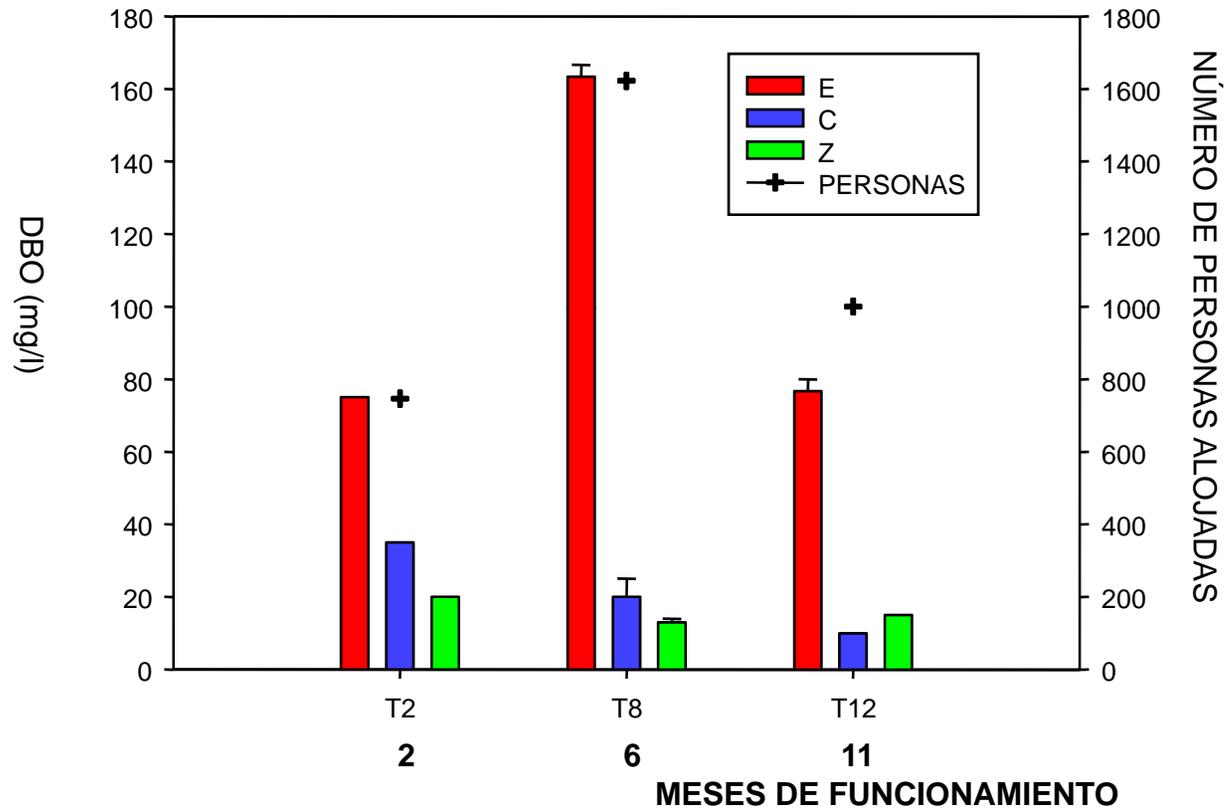
- Parámetros físico-químicos: temperatura, pH, oxígeno y conductividad
- Fósforo total
- Nitrógeno total
- Fosfatos
- Nitratos
- Amonio

Se analizó trimestralmente (por triplicado):

- DBO
- Coliformes fecales

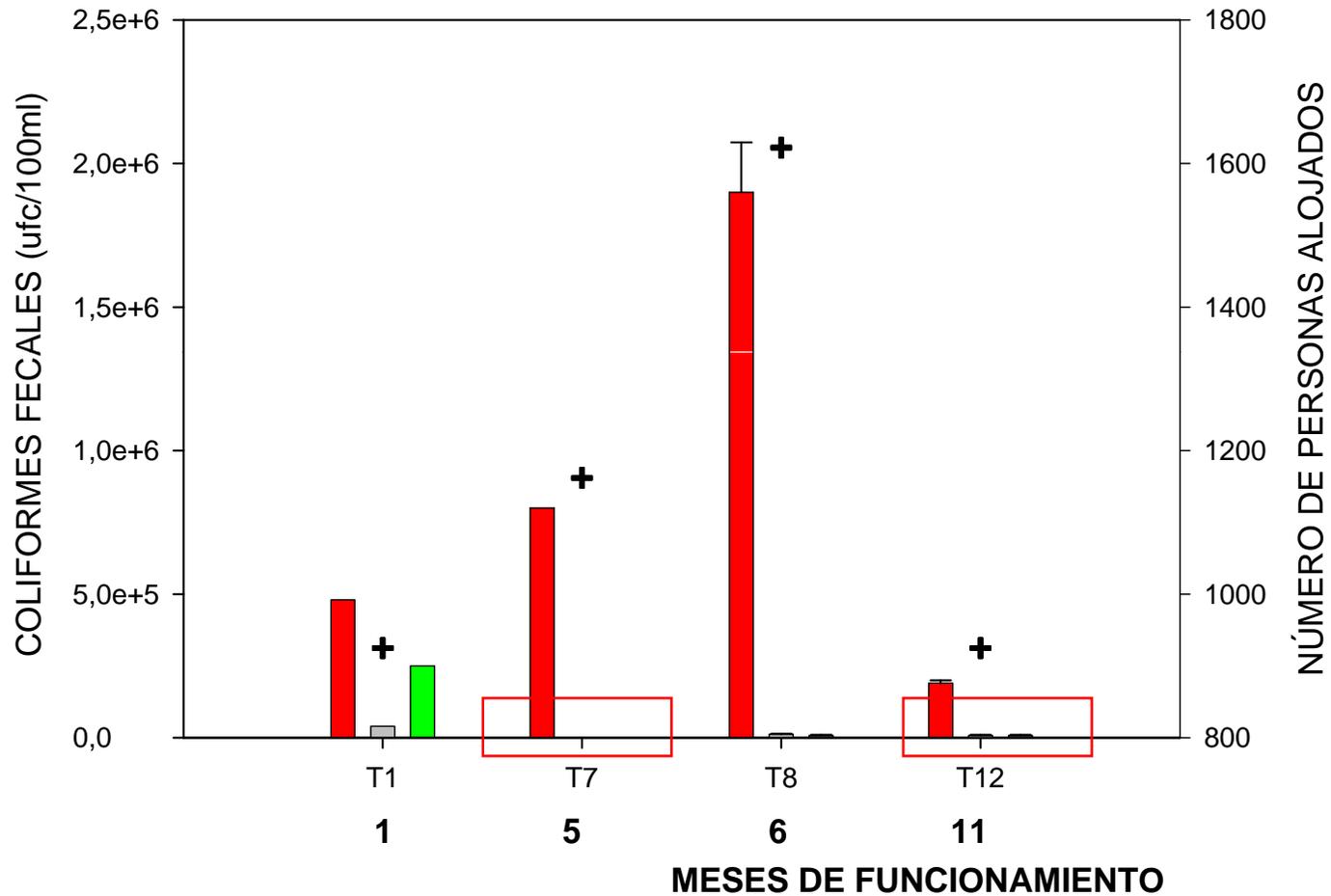
Mantenimiento de la vegetación.

RESULTADOS



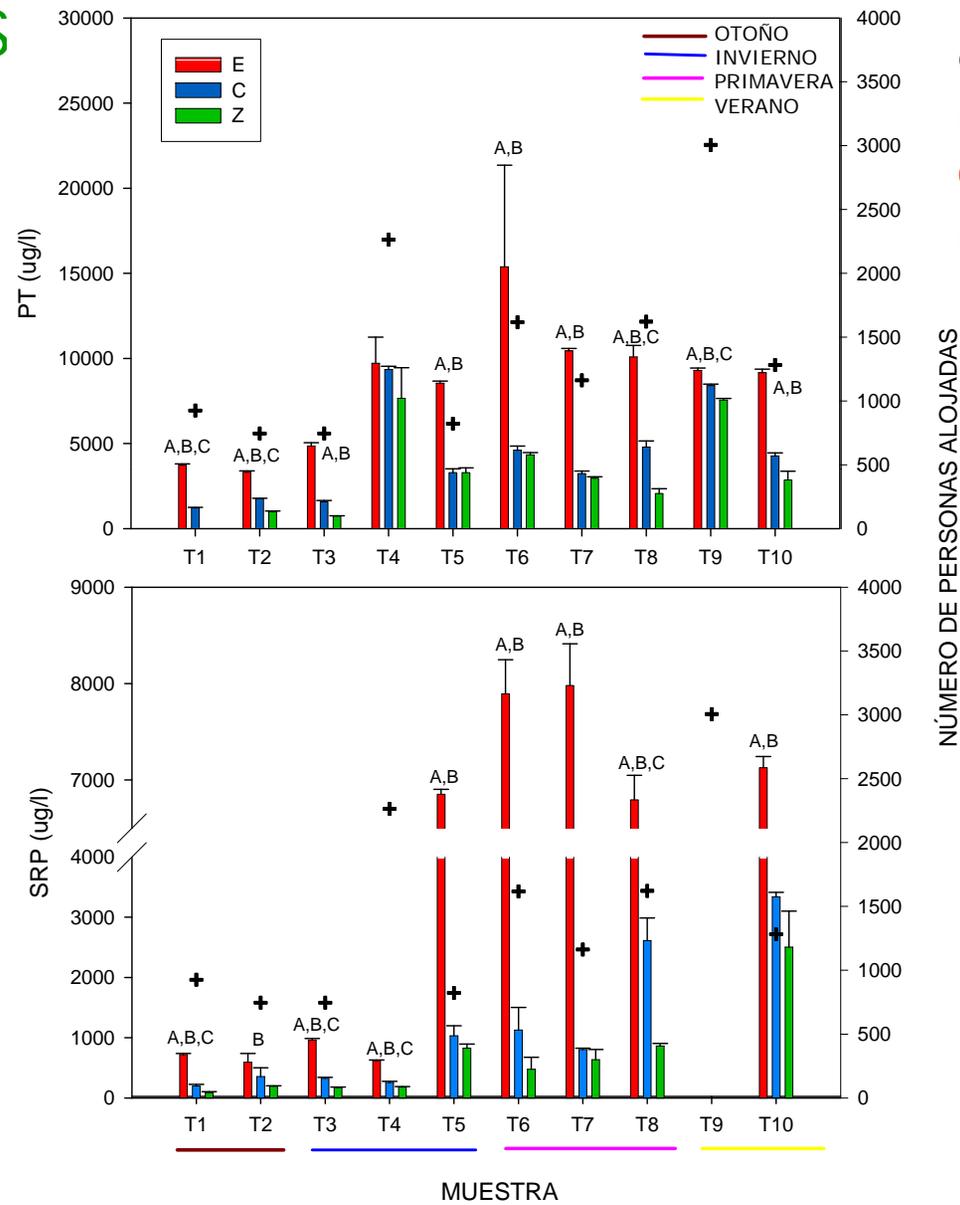
Cada uno de los humedales remueve un alto porcentaje de DBO, el humedal C remueve entre un 53.3 a 87.8% con un promedio de 76.0% a lo largo del año. El humedal Z remueve entre un 73.3 a 92.0%, con un promedio de 81.9% durante el año.

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.

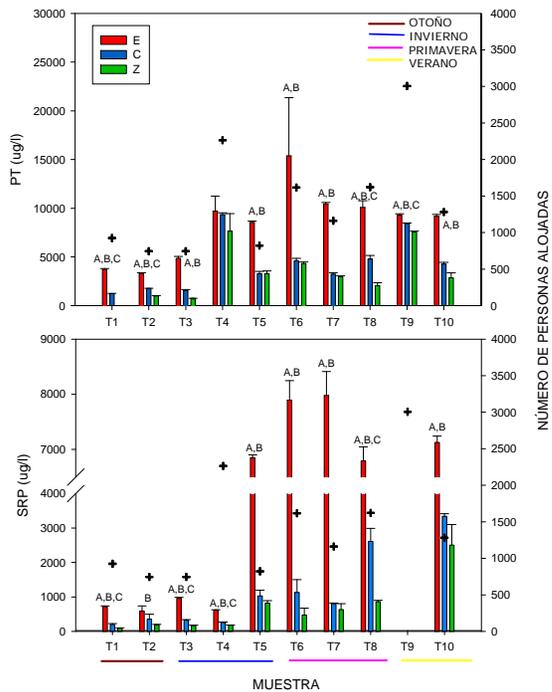
RESULTADOS



Correlación de Spearman
 N° de personas vs [PT_E] =
0,688
 p-valor < 0,001

NÚMERO DE PERSONAS ALOJADAS

RESULTADOS



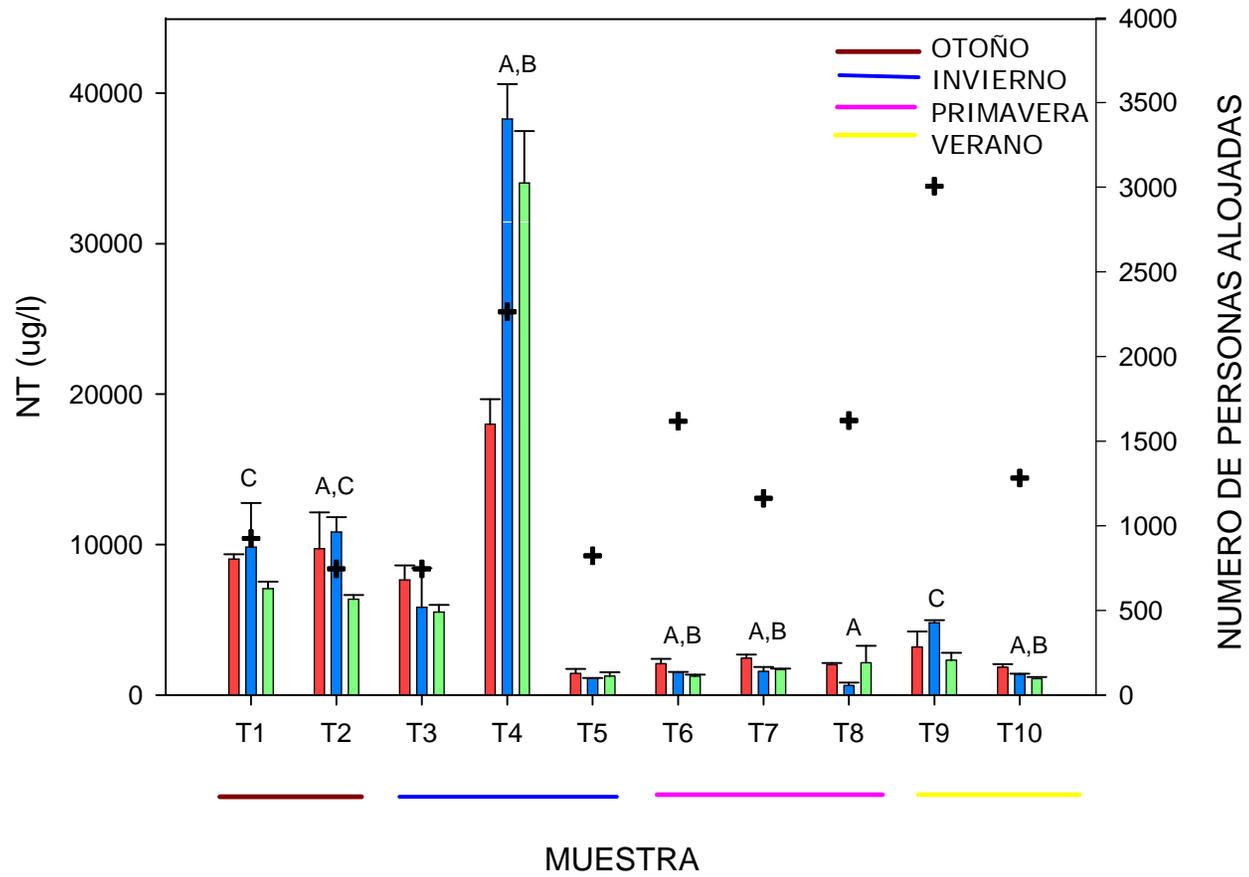
PT

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%.

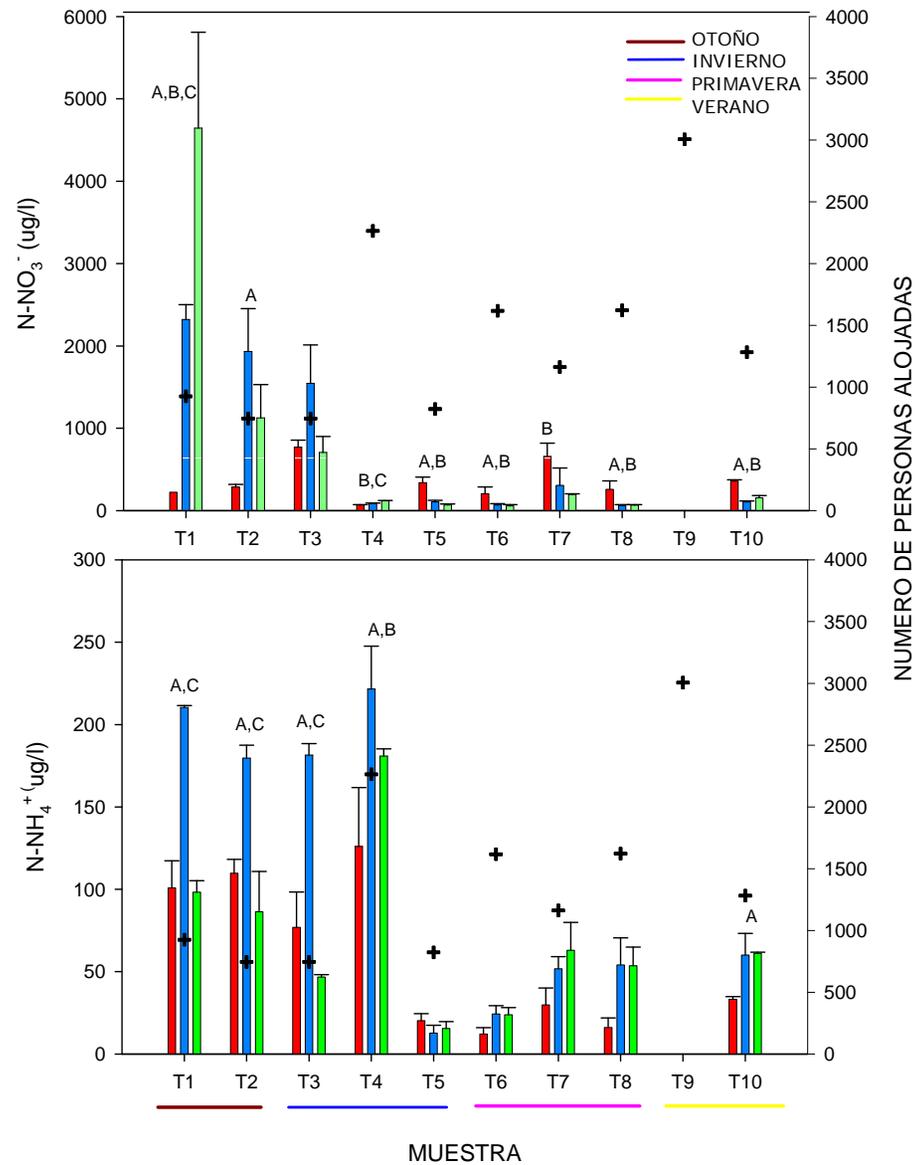
SRP

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

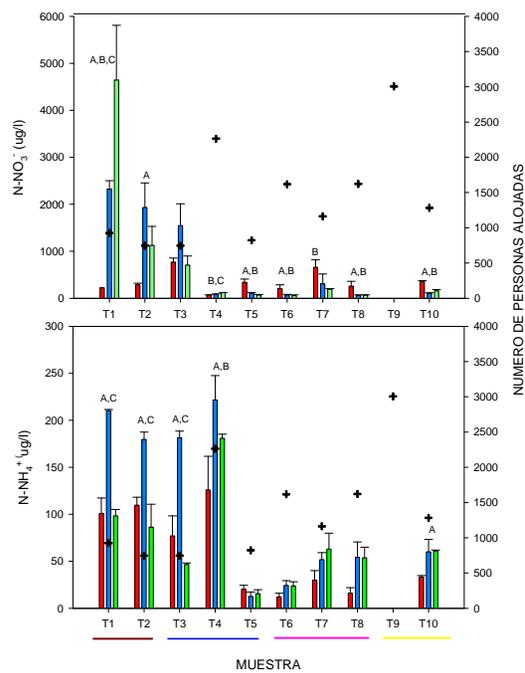


RESULTADOS



Correlación de Spearman
 N° de personas vs [NO₃_E] =
-0,523
 p-valor < 0,005

RESULTADOS



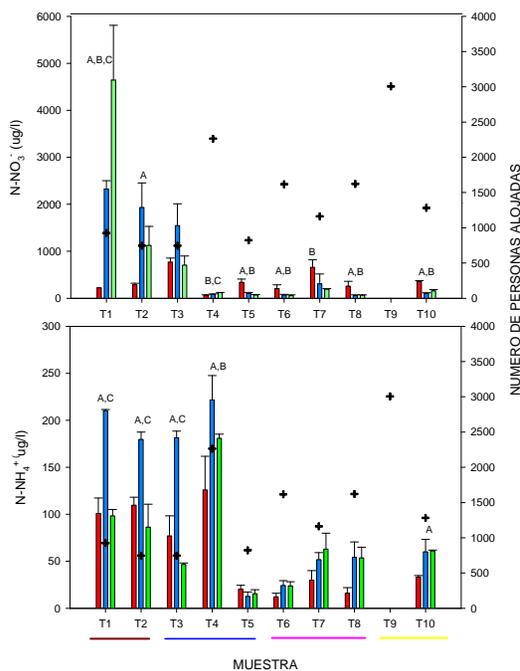
NT

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.

AUTORES

Soledad García

Carolina Crisci

Roberto Ballabio

Claudia Fosalba

Carlos Iglesias

Néstor Mazzeo

María Puppo

Isabel Gadino

Juan Tenorio

Daniel Bustamante

Santiago Artigalas

