

---

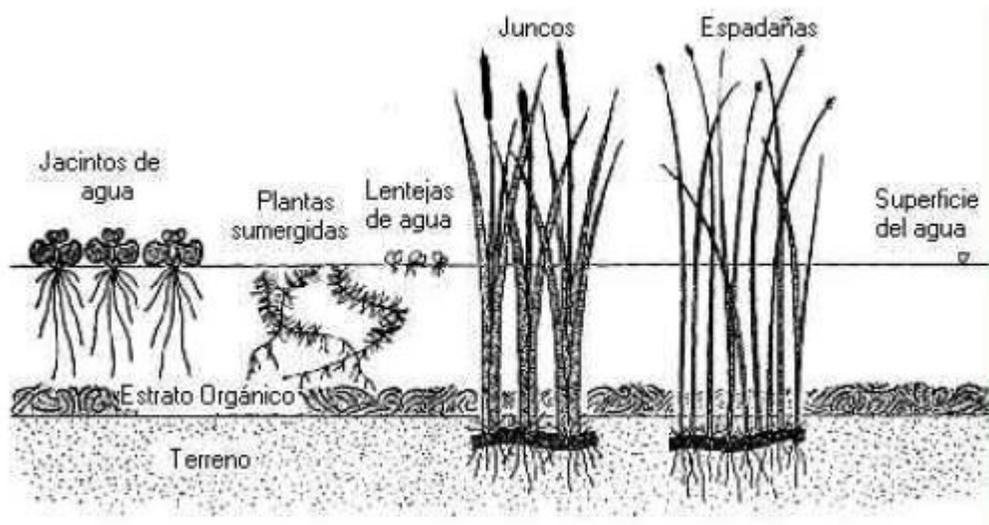
---

## Introducción

---

---

Los humedales son complejos mosaicos de láminas de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación emergente y zonas con nivel freático más o menos cercano a la superficie, en las que el suelo se mantiene saturado de agua durante un largo periodo de tiempo cada año. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar (Figura 1.1). Los vegetales, animales y microorganismos especialmente adaptados a estos humedales, junto a procesos físicos y químicos, son capaces de depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno, fósforo y en algunos casos productos químicos tóxicos; por esta razón se ha llamado a los humedales “los riñones del mundo”.



**Figura 1.1. Plantas acuáticas comunes en un humedal**

Los humedales son zonas de transición entre el medio terrestre y el acuático que sirven como enlace dinámico entre los dos. El agua que se mueve arriba y abajo del gradiente de humedad, asimila una variedad de constituyentes químicos y físicos en solución, ya sea como detritus o sedimentos, estos a su vez se transforman y transportan a los alrededores del paisaje. Dos procesos críticos dominan el rendimiento en el tratamiento de los humedales: la dinámica microbiana y la hidrodinámica. Los procesos microbianos son cruciales en la remoción de algunos nutrientes y en la depuración de las aguas residuales en los humedales.

Los humedales proveen sumideros efectivos de nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta capacidad es el mecanismo detrás de los humedales



artificiales para simular un humedal natural con el propósito de tratar las aguas residuales. Los humedales logran el tratamiento de las aguas residuales a través de la sedimentación, absorción y metabolismo bacterial, además de interactuar con la atmósfera.

Algunos humedales contruidos al inicio por investigadores, probablemente fueron el resultado de las observaciones de la capacidad de tratamiento evidente de humedales naturales. Se han documentado descargas de aguas residuales a humedales que se remontan a 1912. Estudios sobre humedales contruidos para tratamiento de aguas residuales se iniciaron en la década del cincuenta en el Instituto Max Planck en Alemania - USA, y se desarrollaron en los años setenta y ochenta. En los años noventa se vio un mayor incremento en el número de esos sistemas; su aplicación al tratamiento de agua residual municipal se extendió al tratamiento del agua de tormenta, industrial y residuos agrícolas. Autores como Kadlec Robert H. y Knight R. L. (1993) dan cuenta de una buena historia del empleo de humedales naturales y contruidos para el tratamiento de aguas residuales y disposición.

Los humedales habían sido usados a finales de los años noventa para disposición de aguas residuales; muchas descargas fueron a los humedales naturales. Otros vieron las aguas residuales como una fuente de agua y sustancias nutritivas para restauración o creación de humedales.

### **Antecedentes**

Gran parte de lo referente a la hidrología, a la vegetación, a la evolución del agua en el suelo y a las transformaciones de la materia orgánica en relación agua – suelo – vegetación, de los humedales naturales, es válido para humedales artificiales.

Naturalmente, un humedal artificial tiene unas características propias en lo que se refiere a su condición de artificial. Los humedales artificiales, con un adecuado manejo, es decir, estimulando al máximo las propiedades depuradoras de la vegetación implantada, pueden aumentar las posibilidades y la eficacia del sistema comparadas con la acción de los humedales naturales en cuanto a la regularización de los sedimentos, al control de nutrientes y a la transformación o minimización de los contaminantes presentes en los aportes líquidos del humedal.

Desde un punto de vista hidrológico, una característica fundamental de los humedales es que el medio esencial, además del sustrato, es el agua, de la que en principio están saturados. Otra característica es la condición del agua presente como masa de tipo léntico, (en la que sus desplazamientos son lentos) lo que permite que se realice una serie de procesos físicos (sedimentación), químicos (reducción) y biológicos (fotosíntesis y crecimiento de las plantas).

En un humedal artificial se deben tener en cuenta los siguientes factores incidentes:

- Caudal del líquido a recibir
- Características de ese líquido (composición)
- Objetivos de instalación de ese humedal
- Sustrato apropiado
- Selección de la vegetación a implantar
- Condiciones ecológicas de la zona (temperatura, humedad, topografía, etc.)



- Parámetros de diseño:
  - Tiempo de retención hidráulica
  - Profundidad
  - Geometría y dimensiones
  - Carga admisible de  $DBO_5$
  - Fluctuaciones de la carga hidráulica

Aparte de estos factores, se debe tener en cuenta que existen unos procesos de transporte de solutos a través de los fenómenos de difusión, advección y de dispersión que están regidos por las leyes de Fick y de Darcy.

**Tabla 1.1. Procesos naturales en un humedal artificial**

<b>Fase</b>	<b>Proceso</b>
Acción bacteriana	Conversión y transformación de contaminantes. En la transformación aerobia de los residuos orgánicos se consume oxígeno. Se realizan también transformaciones de productos orgánicos tóxicos. Siempre se reduce la DBO.
Absorción de oxígeno	Si la lámina líquida del humedal no está en saturación de oxígeno disuelto, lo toma de la atmósfera, en una aireación natural.
Desorción del oxígeno	Es la situación contraria.
Sedimentación	Se debe al movimiento lento del líquido, que hace que los sólidos en suspensión se depositen en el fondo. En ciertos casos se produce una floculación. En otros se producen turbulencias (en la entrada) que hacen que estos sólidos se distribuyan uniformemente por todo el humedal.
Degradación natural	La supervivencia de muchos organismos tiene un plazo limitado, por lo que gran parte de ellos muere pasado un período de tiempo del humedal. Por otra parte, la acción fotoquímica provoca la oxidación de muchos componentes orgánicos.
Adsorción	Muchos contaminantes químicos tienen que unirse por adsorción con diversos sólidos, lo que dependerá, en gran parte, de la cantidad y composición de estos presentes en la fase líquida en forma de suspensión. Esta adsorción se complementa después y casi siempre con la posterior sedimentación.
Volatilización	Los contaminantes volátiles presentes en el líquido se transfieren a la atmósfera.
Reacciones químicas	Representan fenómenos de hidrólisis, reacciones óxido-reducción.
Evaporación	Aparte de la volatilización y de la absorción de oxígeno, muchos gases que se pueden aportar con el afluente se pueden evaporar, y lo mismo ocurre con parte de la masa del humedal, que puede ver así reducido su volumen.

Mariano Seoáñez Calvo



## **Objetivos del estudio**

Los objetivos del presente trabajo son describir los procesos biológicos, los factores condicionantes y el tipo de vegetación que se puede seleccionar para el establecimiento de una celda de humedal artificial con fines de depuración de aguas residuales, para aplicar estos conocimientos al diseño y construcción de un sistema para un edificio de oficinas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Recopilar e interpretar información sobre humedales artificiales.

Determinar la aportación y características de las aguas residuales generadas en la DICyG.

Determinar las dimensiones de la celda de humedal artificial con base a la carga orgánica de DBO en el afluente y las concentraciones necesarias de DBO en el efluente.

Describir las fases generales de construcción para una celda de humedal artificial.

## **Alcances**

Proponer un sistema de tratamiento in situ para edificios similares que no cuenten con la conexión a un sistema de alcantarillado.

Los levantamientos de campo, aforo, muestreo y análisis de laboratorio de muestras de agua residual que incluye el presente trabajo se refieren únicamente a las instalaciones sanitarias del edificio de la DICyG.

El trabajo incluirá alternativas generales para el diseño y construcción, cualquier detalle adicional deberá revisarse en su momento.