



Capítulo 4. Principales tipos de humedales artificiales y conceptos básicos para el diseño

En este capítulo se describen los dos principales tipos de humedales artificiales, además de hacer mención de los conceptos básicos a utilizar para el diseño de la celda de tratamiento, que se presentará posteriormente.

4.1. Tipos de humedales artificiales

Los humedales específicamente contruidos con el propósito de controlar la contaminación del agua han recibido gran cantidad de nombres en las distintas partes del mundo donde han sido usados. La denominación más extendida es “humedales artificiales” o “humedales contruidos”.

En tratamiento de aguas residuales, generalmente se consideran humedales aquellos sistemas que usan macrófitas (plantas que se ven a simple vista), en contraposición a las micrófitas (generalmente microalgas).

Las clasificaciones más recientes de humedales artificiales se hacen en función de la presencia o no de una superficie libre de agua en contacto con la atmósfera:

-“Free water surface” ó humedales de flujo libre superficial (FLS): Las plantas acuáticas están enraizadas en el fondo del humedal y el flujo de agua se hace a través de las hojas y tallos de las plantas.

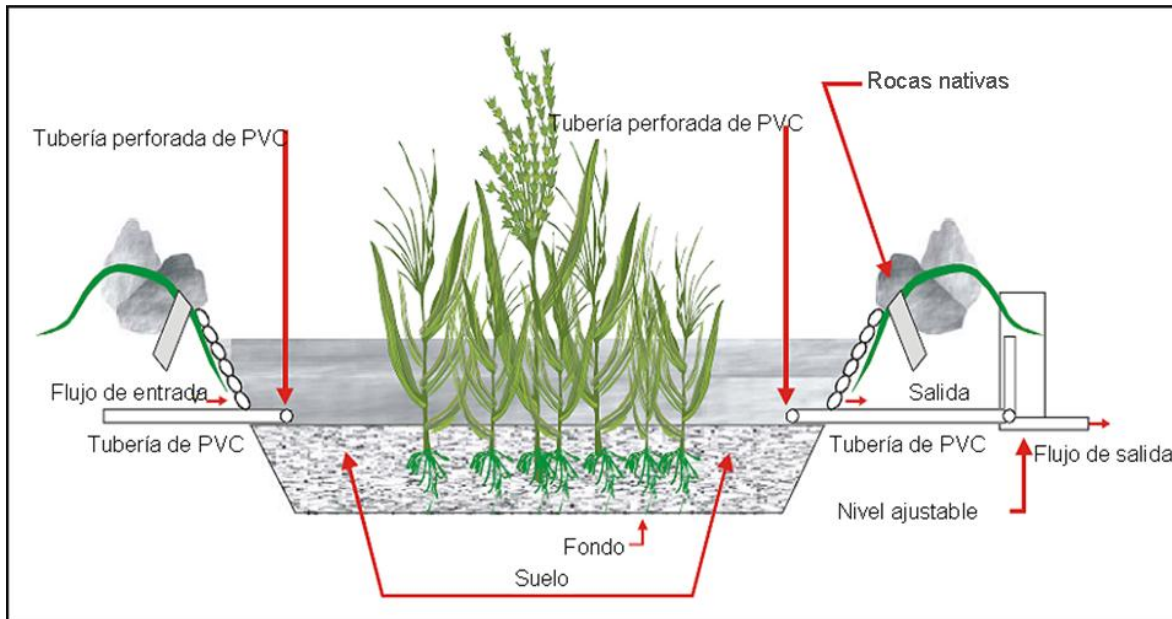
-“Vegetable submerged bed”: La lámina de agua no es visible, y el flujo atraviesa un lecho relleno con arena, grava o suelo, donde crecen las plantas, que sólo tienen las raíces y rizomas en contacto con el agua. Son equivalentes a los humedales de flujo subsuperficial (FS); tienen la ventaja de no producir olores ni mosquitos y de ocupar menos terreno, pero los procesos en su interior son en su mayoría anaerobios.

4.1.1. Humedales de flujo libre superficial (FLS)

Se definen como humedales artificiales de flujo libre superficial aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera. En los humedales FLS el agua fluye sobre la superficie del suelo con vegetación desde un punto de entrada hasta el punto de descarga.

Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada y su recolección. La vegetación emergente más comúnmente utilizada en humedales FLS incluye espadañas y aneas (typha), juncos (scirpus) y carrizos (phragmites). En sistemas diseñados principalmente para tratamiento, es común que sólo se seleccionen una o dos especies para la siembra.

La profundidad del agua en las porciones con vegetación de estos sistemas va desde unas pocas pulgadas hasta más de 60 cm.



(Modificado). U.S. EPA

Figura 4.1. Humedal artificial FLS

4.1.2. Humedales de flujo subsuperficial (FS)

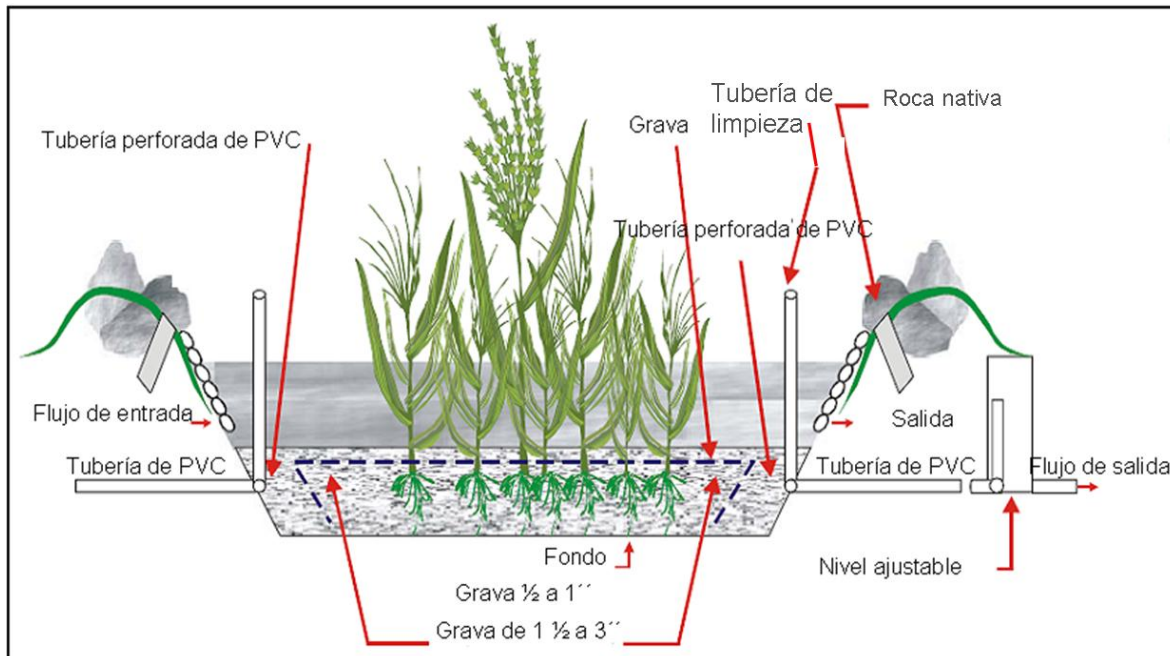
Un humedal artificial de flujo subsuperficial (FS), está diseñado específicamente para el tratamiento de algún tipo de agua residual, o su fase final de tratamiento, y está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado. La grava es el medio más utilizado aunque también se puede utilizar roca triturada, arena y otro tipo de materiales del suelo.

El nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie del medio ya que las principales ventajas de mantener un nivel subsuperficial del agua son la prevención de mosquitos, malos olores y la eliminación del riesgo de que el público entre en contacto con el agua residual parcialmente tratada.

En humedales FS el sustrato sumergido disponible incluye las raíces de las plantas que crecen en el medio, y la superficie misma del medio.

Las metas de diseño de los humedales FS artificiales son exclusivamente las funciones de tratamiento porque las posibilidades de proporcionar hábitat de vida silvestre y recreación pública son más limitadas que en el caso de los humedales FLS.

La vegetación emergente más comúnmente utilizada en humedales FS incluye las espadañas y aneas (typha), juncos (scirpus) y carrizos (phragmites), éste tipo de vegetación se describe más adelante.



(Modificado). U.S. EPA

Figura 4.2. Humedal artificial FS

Tabla 4.1. Comparación entre los sistemas FLS y FS

Humedales de flujo libre superficial	Humedales de flujo subsuperficial
<ul style="list-style-type: none"> • Superficie libre de agua • Flujo de circulación del agua en lámina libre sobre un lecho en el que enraízan los vegetales del humedal • Son más frecuentes (en USA el 70 %) • Menor costo de instalación • Hidráulica sencilla • Tienen gran parte de las propiedades de los humedales naturales • Favorecen la vida animal • Las bajas temperaturas provocan descensos en el crecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Lecho vegetal sumergido • Flujo sumergido, a través de un medio granular • Hidráulica más complicada • Son menos frecuentes (en USA el 20%) • Tratamiento más eficaz • Necesitan poco espacio • Flujo oculto • Sin malos olores • Soportan bien temperaturas bajas • Algo más caros que los FLS • Pocos problemas con la fauna



4.2. Carga hidráulica

En principio, se debe indicar que cada humedal artificial tiene entradas y salidas. El material que entra puede provenir, en la mayoría de los casos, de tratamientos previos, de tratamientos complementarios, del líquido reciclado ó en algunos casos, sin tratamiento.

El material que sale puede ir a tratamientos complementarios y, a veces, directamente al receptor.

El humedal, al ser una superficie expuesta a la intemperie, tiene las siguientes entradas:

- Precipitaciones (P)
- Afluente (A)
- Producto recirculado (R)

En las salidas se pueden tener las siguientes:

- Evaporación (Ev)
- Evapotranspiración (ET)
- Consumo propio en la constitución de los tejidos de las biocenosis presentes (C)
- Infiltración (I)

Por otra parte, en el humedal se almacenarán o se acumularán las entradas que admita el ecosistema, almacenamiento que se denominará AL.

$$\text{Almacenamiento} = \text{Entra (In)} - \text{Sale (Out)}$$

Se puede representar como:

$$\frac{dAL}{dt} = \frac{In}{dt} - \frac{dOut}{dt}$$

En este caso será:

$$In = P+A+R$$

$$Out = Ev+ET+C+I$$

es decir:

$$AL = (P+A+R)-(Ev+ET+C+I)$$

La carga hidráulica total se puede obtener con una fórmula que se ha conseguido mediante datos experimentales, en la que se relaciona esta carga hidráulica con la DBO₅ del efluente del humedal artificial de la forma siguiente:



$$C_h = \frac{DE - 0.192DA}{0.097}$$

donde:

Ch: Carga hidráulica

DA: DBO₅ del afluente (en mg/l)

DE: DBO₅ del efluente (en mg/l)

4.3. Retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica depende fundamentalmente de las características locales de las aguas residuales afluentes, de la DBO₅ que se exija en los vertidos efluentes, de la climatología, del flujo de diseño, de la geometría del sistema y, por supuesto, del sistema del humedal aplicado.

4.4. Profundidad

Para sistemas FS se recomiendan profundidades de 0.30 a 0.60 m, y no más, teniendo en cuenta que si hay pendiente, en la zona más profunda debe haber 0.60 m y en la menos profunda 0.30 m.

Para sistemas FLS se recomiendan profundidades de 0 a 0.45 m, siendo muy útiles y eficaces las instalaciones de 0 a 0.20 m de profundidad.

4.5. Carga orgánica

El tratamiento con un humedal artificial debe buscar que la capacidad de asimilación de éste siempre supere a la carga orgánica que se aporta con el agua residual.

La carga de DBO₅ se debe considerar para diseñar la superficie del humedal.