



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROPORCIONADOS POR LOS HUMEDALES ARTIFICIALES. APLICACIÓN A LA CREACIÓN DE ZONAS HÚMEDAS PARA MEJORAR LA BIODIVERSIDAD EN PATERNA (VALENCIA)

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación: **Grado en Obras Públicas.**
Especialidad en Hidráulica y Medio Ambiente.
Curso: 2015/16

Autor: Verónica Valera Furió
Tutor: Miguel Martín Monerri

Valencia, septiembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

Dar las gracias a mi tutor Miguel por ayudarme en el proceso de realización de este trabajo, a los profesores que saben transmitir la pasión que sienten por su trabajo y consiguen contagiártela.

Pero en especial agradecer y dedicar a esas personas que han estado a mi lado apoyándome en todo mi proceso y que han creído en mí, más que yo misma, gracias papás y en especial a ti Ana, por ser mi mayor crítica y mi mayor apoyo.

ÍNDICE DOCUMENTAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

CAPÍTULO 2.- OBJETIVO DEL ESTUDIO

CAPÍTULO 3.- DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE LA ACTUACIÓN

CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO N° 2: FICHAS DE ESPECIES DE ANFIBIOS CON PROTECCIÓN EN PATERNA

DOCUMENTO N°1.- MEMORIA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.1- INTRODUCCIÓN

1.2- BIODIVERSIDAD, ECOSISTEMAS Y BENEFICIOS

1.3- ANFIBIOS

1.3.1- TIPOS DE HÁBITATS PARA LOS ANFIBIOS

1.3.2- AMENAZAS SOBRE LA POBLACIÓN DE ANFIBIOS

1.3.3- IMPORTANCIA DE LOS ANFIBIOS EN LOS ECOSISTEMAS

1.4- HUMEDALES NATURALES

1.4.1- MECANISMOS DE MEJORA DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL

1.5- HUMEDALES ARTIFICIALES

1.5.1- TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES

1.5.2- USO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

1.5.3- MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES

1.6- NECESIDADES DE DEPURACIÓN Y USO DE AGUAS REGENERADAS

1.6.1- DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. NORMATIVA

1.6.2- AGUA REGENERADA. NORMATIVA

1.7- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

1.7.1- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE HUMEDALES NATURALES

1.7.2- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES

1.8- ALJIBES, INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES

1.9- ZONAS HÚMEDAS: LAS CHARCAS

1.9.1-TIPOS DE CHARCAS

1.9.2-IMPORTANCIA DE LAS CHARCAS

1.9.3- FACTORES QUE AMENAZAN LAS CHARCAS

1.9.4- EL ECOSISTEMA DE UNA CHARCA

1.9.5- LA SITUACIÓN DE LAS CHARCAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

1.9.6- NORMATIVA

1.9.7- FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO DE LAS CHARCAS

CAPÍTULO 2.- INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

CAPÍTULO 3.- DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

3.1- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

3.1.1- ENTORNO GEOGRÁFICO

3.1.2- CLIMATOLOGÍA

3.1.3- USOS DE TERRITORIO Y ECONOMÍA

3.1.4- ESPECIES DE ANFIBIOS EN LA ZONA CON FIGURA DE PROTECCIÓN LEGAL

3.2- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

3.3- USO DEL AGUA REGENERADA

CAPÍTULO 4.- DISEÑO DE LA ACTUACIÓN

4.1- DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL

4.2- DISEÑO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

4.3- HÁBITAT PARA ANFIBIOS

4.3.1- DISEÑO DE LA CHARCA

4.3.2- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CHARCA

4.3.3- GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CHARCA

4.3.4- EFECTOS ESPERADOS DE LA ACTUACIÓN

4.3.5- PRESUPUESTO DE LA ACTUACIÓN

CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

1.1.- INTRODUCCIÓN

La Tierra está constituida por distintas formas de vida y elementos que conforman cada uno de los ecosistemas que conviven en ella. Todos ellos interactúan con el medio en el que se desarrollan y es posible su supervivencia gracias a que ese gran ecosistema tiende a buscar el equilibrio entre sus interrelaciones.

El ser humano es solo parte de uno de esos ecosistemas que interacciona con el medio en el que vive y lo explota para cubrir sus necesidades básicas: alimento (agricultura, ganadería...), refugio (infraestructuras...), agua, etc. Durante la búsqueda de nuestro bienestar llevamos a cabo acciones o actividades sin tener en cuenta que podemos alterar el equilibrio del resto de ecosistemas, comprometiendo su conservación en el tiempo así como la perduración de sus especies; es decir, que las obras que llevamos a cabo o la sobreexplotación de muchos de los recursos naturales y beneficios que nos ofrecen los ecosistemas para beneficio propio, pone en peligro su supervivencia, y no debemos olvidar que de todos ellos depende nuestro propio confort y supervivencia de forma directa o indirecta.

La calidad de las masas de agua, y el estado de los ecosistemas que están ligados a ellas es un tema que preocupa mucho desde hace tiempo: el agua es indispensable para la vida, de eso no hay duda. El crecimiento de nuestros núcleos de población, así como de los núcleos industriales han hecho que el medio en el que vivimos se vaya deteriorando de forma alarmante, muestra evidente es la gran pérdida de biodiversidad y hábitats, así como los cambios que se observan en los ecosistemas mundiales. El cambio de usos de suelo, la ocupación mayor de territorio para satisfacer necesidades del ser humano ha llevado a la desertificación de muchas zonas, mala calidad de las aguas, deterioro de humedales...La creciente demanda de recursos como el agua, limitada en nuestro planeta, nos lleva a pensar que es necesario una concienciación de la sociedad sobre la importancia de dicho bien e ir en busca de nuevos métodos que nos ayuden a aprovechar mejor el agua, y de forma más eficiente, diferenciando la calidad de agua que se necesita para los distintos usos.

Otro factor que preocupa mucho es la gestión y generación de residuos que devolvemos al entorno en que vivimos. Con nuestra evolución y búsqueda de confort hemos ido incorporando en la naturaleza sustancias y compuestos químicos que de forma natural no estarían presentes en nuestros suelos, aire y agua, entre otros elementos. La mala gestión de

los residuos conlleva a que los ecosistemas que antes eran capaces de depurar nuestras aguas o nuestro aire se queden cortos, o incluso, que no sean capaces de asimilar algunas de las sustancias, llegando a ser mortales para algunas especies, modificando así el gran ecosistema planetario.

Para intentar ilustrar la problemática creada por algunas de las presiones humanas sobre el medio ambiente y los ecosistemas, nos apoyaremos en la siguiente figura sacada de una publicación de la OMS (1), donde podemos observar la relación entre presión humana generada en el medio ambiente y las consecuencias sobre nuestra salud:

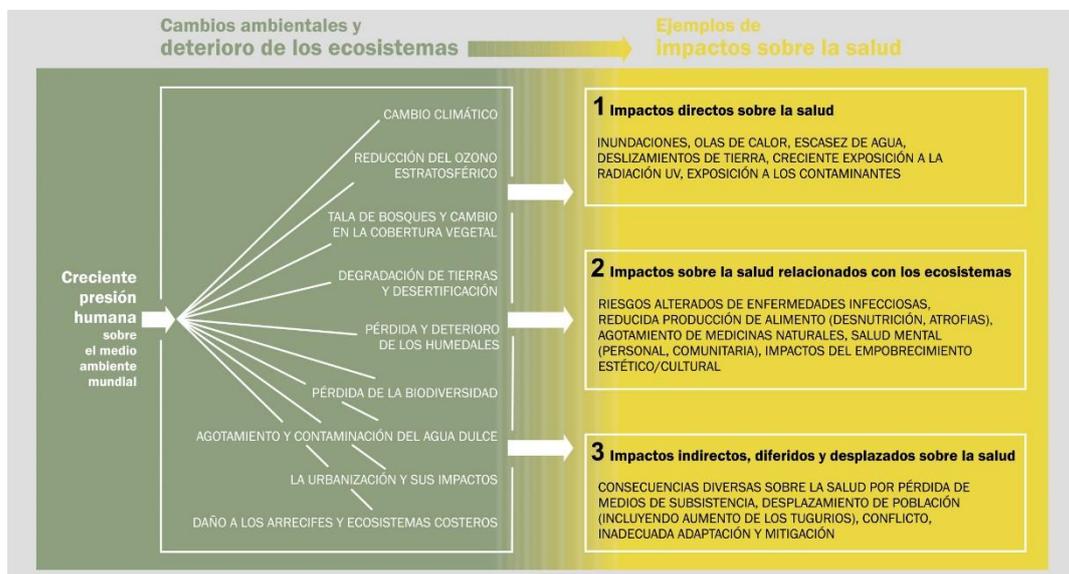


Figura 1- Efectos dañinos del cambio en los ecosistemas sobre la salud humana.
FUENTE: Ecosistemas y Bienestar Humano, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005).

1.2- BIODIVERSIDAD, ECOSISTEMAS Y BENEFICIOS

El Millenium Ecosystem Assessment (2) define el concepto biodiversidad como la variabilidad existente entre los organismos de cualquier ser vivo (plantas, animales, hongos o microorganismos) incluido el ámbito marino y terrestre, y otros ecosistemas acuáticos o complejos ecológicos que forman parte de ellos. Por lo tanto podemos definir a grandes rasgos el concepto como la diversidad de la vida en el Tierra, y es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que nos aportan, y en última instancia, para el bienestar del ser humano.

Es esencial mantener la biodiversidad de nuestros hábitats por varias razones: la presencia de distintas especies dentro de un ecosistema lo hace más resistente frente a un entorno cambiante en sus condiciones; por otra parte, un individuo por sí mismo, como una especie de planta que nos pueda alimentar representa un recurso biológico valioso de por sí para nosotros. Es necesario mantenerla tanto en cuanto existe una interdependencia entra todos

(1) La Organización Mundial de la Salud es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial. Fundada el 7 de abril de 1948.

(2) Organismo promovido por las Naciones Unidas para determinar en qué medida los cambios en los servicios de los ecosistemas han afectado el bienestar humano, de qué manera los cambios en los ecosistemas pueden afectar a las personas en las próximas décadas, y qué tipos de respuestas pueden adoptarse en las escalas local, nacional o global con el fin de mejorar el manejo de los ecosistemas y, con ello, contribuir al bienestar humano y a la disminución de la pobreza. (Ecosistemas y Bienestar Humano: El Marco de la Evaluación, MA 2003)

los seres vivos que componen el ecosistema global, cada especie está dentro de la cadena alimenticia de otra. También a nivel económico, ya que es fuente de nuevas materias primas para la industria (colorantes, resinas...), y a nivel de salud, ya que muchos de los medicamentos que usamos tienen su origen en sustancias que poseen animales y plantas.

Si entendemos la biodiversidad también como diversidad genética (variedad de genes entre poblaciones de especies y dentro de ellas), es fundamental para la mejora de especies dando paso a variedades más productivas y resistentes a plagas, sequías...

En definitiva podemos decir que el mantenimiento de la biodiversidad de nuestro planeta mejora la calidad de vida del ser humano, ya que interactúa con otros ecosistemas de los que depende para satisfacer sus necesidades a distintos niveles. En el esquema siguiente podemos ver algunos de los bienes y servicios que nos brinda la biodiversidad:



Figura 2- Bienes y servicios que da la Biodiversidad.
Fuente: Barrantes G.; Castro E.; 1999. Generación de ingresos mediante el uso sostenible de los servicios ambientales de la biodiversidad de Costa Rica.

Uno de los principales problemas para la protección de la biodiversidad en toda Europa es la pérdida y fragmentación de los hábitats. La red Natura 2000 surgió en defensa de las zonas naturales más importantes del continente, y contribuir a frenar su destrucción. Aunque su creación fue un paso importante para atacar el problema, la Unión Europea se dio cuenta que esto no era suficiente: las especies necesitan desplazarse de una zona a otra para poder sobrevivir.

Como respuesta ante este dilema surgieron las denominadas infraestructuras verdes (3) con el propósito de conectar entre sí las zonas naturales (ecoductos, pasillos verdes...) y mejorar la calidad ecológica general del entorno, haciéndolo más respetuoso y permeable a la vida

(3) Este concepto surge a raíz de la necesidad de crear corredores naturales y sostenibles entre las distintas zonas naturales, de forma que las especies puedan moverse entre ellas para preservar su presencia a lo largo del tiempo. Se incluye en el Libro Blanco de la Comisión sobre la Adaptación al Cambio Climático (COM, 2009) como "esencial para mitigar la fragmentación y el uso insostenible de la tierra, tanto dentro como fuera de la red Natura 2000, y para hacer frente a la necesidad de mantener y restablecer los múltiples beneficios de los servicios de los ecosistemas". (Background Paper, Green Infrastructure Implementation Conference, 19 de noviembre de 2010).

silvestre. También ayudarán a mantener el equilibrio de los ecosistemas y su buen estado, asegurándonos el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos tan valiosos que nos prestan.

La idea de inversión en este tipo de infraestructuras se basa en la idea de que todo territorio puede ofrecer distintos servicios ecosistémicos, por tanto, que se apoyan en la naturaleza para generar intereses tanto a la sociedad como a la naturaleza.

1.3- ANFIBIOS

Los anfibios componen una parte de los vertebrados del reino animal más vulnerables frente a alteraciones medioambientales, debido a su forma de vida:

- Ciclo vital : parte en medio acuático y parte en medio terrestre, en los que debe hallar las condiciones óptimas para su supervivencia
- Epitelios permeables: el tegumento que reviste la piel de los anfibios es muy permeable, ya que su respiración es cutánea, por lo que los contaminantes no encuentran impedimento para entrar en su organismo.
- La radiación UV genera daños en el material genético en las fases de huevo y larva por su exposición directa al sol.
- Muchas de las larvas de anfibios se alimentan de sustancias en suspensión o en el fondo, donde se acumulan gran cantidad de contaminantes y toxinas, introduciéndolas en sus organismos, impidiendo su desarrollo óptimo como individuo. También en el ciclo adulto introduce en su alimentación contaminantes, al ingerir otros animales, biomagnificando sus efectos en la cadena trófica.
- Dependencia de la temperatura y humedad: pequeños cambios en el clima de sus hábitats modificarán sus comportamientos y las variaciones de temperatura harán que los procesos de metamorfosis no se desarrollen de forma óptima.
- Distribución discontinua: sus poblaciones suelen distribuirse en forma de “manchas” de forma que cuando se extingue localmente una de estas manchas es muy difícil la recolonización de la especie, debido entre otras cosas a su baja capacidad colonizadora.
- Ciclo reproductor: al igual que el tegumento que recubre la piel de los anfibios, la superficie de las larvas es muy permeable, haciendo muy fácil que se introduzcan en ellos contaminantes.



Figura 3- Ciclo vital de la rana

El declive de los anfibios tiene causas de ámbito planetario, como para muchos otros seres vivos como el cambio climático, sequías, etc. También existen amenazas a nivel local íntimamente relacionada con el deterioro de los medios terrestres y acuáticos que conforman su hábitat, y que está en la mano del ser humano mitigarlos: contaminación de suelos y aguas, fragmentación de hábitat, introducción de especies exóticas...

Según un estudio publicado por la revista Science revela que el 20% de los vertebrados están en algún nivel de amenaza, dentro de los cuales el 41% de los vertebrados amenazados a nivel mundial son anfibios, y un 29 % en el ámbito de Mediterráneo.

1.3.1- TIPOS DE HÁBITATS PARA LOS ANFIBIOS

La distribución de las comunidades de anfibios depende de la diversidad de hábitats, sobre todo los acuáticos. Por ello podemos definir distintos cortejos de anfibios según las características del medio.

- **Punto de agua efímeros:** el sapo corredor es el primer anfibio colonizador de charcas efímeras o de nueva creación debido a la escasa competitividad de sus larvas frente a depredadores (insectos acuáticos) y a larvas de otros anfibios. En estos puntos de agua se suele encontrar también el sapillo moteado aunque también se les asocia a puntos de agua permanentes.
- **Puntos de agua permanentes:** en ellos encontramos anfibios cuyo ciclo vital lo realiza en su totalidad en el agua. Aquí podemos citar a anfibios como la rana común y el gallipato, que suele actuar como limitante para otras especies, tanto en fase adulta como larvaria, ya que es un buen depredador de larvas de otros anfibios. También el sapo partero a pesar de ser una especie muy terrestre, tiene una fase larvaria tan larga, puede superar los doce meses, necesita la presencia de agua casi permanente.
- **Prados húmedos:** son ambientes acuáticos escasos y amenazados por la transformación y explotación de fuentes y manantiales, en ellos se desarrolla el sapillo pintojo.
- **Medios antropizados:** algunas especies de anfibios como la rana común, el sapo partero y el sapo común, viven cerca de núcleos urbanos o infraestructuras artificiales creadas por el ser humano como las acequias. El sapo de espuelas se reproduce normalmente en canteras abandonadas, en charcas cercanas a zonas de cultivo o incluso en charcas interdunares litorales.

A la hora de tomar medidas para la restauración o creación hábitats para anfibios se deberá tener en cuenta la posibilidad de generar variedad de ambientes para que puedan albergar a mayor número de especies.

1.3.2- AMENAZAS SOBRE LA POBLACIÓN DE ANFIBIOS

Son múltiples las causas por las que la población de anfibios está mermando no solo en España, si no a nivel mundial. Las amenazas que sufren son de distinta naturaleza y se podrían clasificar en tres grandes grupos.

El primer grupo agruparía los grandes problemas ecológicos del planeta, que afectan a todos los seres vivos: el cambio climático lluvia ácida, las sequías y la desertificación. Solo actuaciones a nivel global podrán paliarse estos problemas.

Un segundo grupo vendría formado por las alteraciones del medio terrestre por acción directa de la actividad del ser humano. Esto no sólo significa la destrucción directa del hábitat de distintas especies, tanto de animales como de vegetales, limitando su zona de supervivencia; si no que además es la principal causa de la fragmentación del hábitat. Esto puede causar la desaparición local o global de poblaciones de distintas especies. Dentro de este grupo de amenazas se destacan las siguientes:

- Los incendios.
- Repoblaciones forestales efectuadas en lugares y/o procedimientos inadecuados.
- Urbanización de terrenos de interés para los anfibios.
- La ampliación de la red de infraestructuras lineales (carreteras, ferrocarriles...), que producen el “efecto barrera”, provocando muertes por atropellos, dificulta los desplazamientos relacionados con la reproducción e incomunica poblaciones de anfibios y otras unidades ecosistémicas.
- La agricultura intensiva, que altera los hábitats y debido a los productos químicos que se usan (fertilizantes, insecticidas...), contaminan químicamente el medio.
- La destrucción de los bosques de ribera.

Estas amenazas se podrían reducir mediante estrategias, programas y planes estatales que protejan estos hábitats.

El tercer grupo está formado por las amenazas de mayor gravedad para estos animales: la destrucción y alteración de los ecosistemas acuáticos. Los anfibios necesitan el medio acuático no solo para reproducirse, si no que en él desarrollan la mayor parte de su ciclo vital. La desaparición o degradación de las charcas puede significar la extinción completa en la zona de determinadas especies. Al tratarse de hábitats vulnerables son frágiles ante la alteración de sus componentes físicos, químicos y/o biológicos. Por ello son más que necesarias actuaciones, como programas para su conservación y protección, que vayan acompañadas de normativa que las respalde.

Entre las amenazas de este grupo se encuentran las siguientes:

- Eliminación directa de los medios acuáticos. Las obras públicas, los proyectos urbanísticos y las infraestructuras lineales ha conllevado a su eliminación.
- Canalizaciones de ríos, arroyos, acequias y cubrimiento de pilones, así como la construcción de embalses, impiden que los anfibios accedan a dichas masas de agua debido a sus características (pendientes, materiales, etc).
- Abandono de usos tradicionales del agua y la sobreexplotación de acuíferos.
- La deforestación no solo genera pérdida de hábitats, sino que además provoca una erosión excesiva que colmata las charcas colindantes por arrastre masivo. También alteran el régimen hídrico.

- Contaminación: las aguas llevan disueltos elementos químicos que produce efectos nocivos en los anfibios, ya sea porque los introducen de forma directa en su organismo o a través de la ingesta de sus presas o por absorción a través de la piel. Las consecuencias se reflejan en un descenso de las tasas de reproducción, retrasos en el desarrollo y mayor sensibilidad a enfermedades infecciosas.
- Introducción de especies foráneas: esta es la segunda causa de pérdida de diversidad según la Unión Mundial para la Conservación de la Naturales (UICN), después de la destrucción de hábitats.

1.3.3- IMPORTANCIA DE LOS ANFIBIOS EN LOS ECOSISTEMAS

La presencia de estos pequeños invertebrados es muy importante dentro de los ecosistemas y desde distintos puntos de vista. Desde el punto de vista ecológico son elementos clave dentro de las cadenas tróficas y un gran componente de la biomasa de vertebrados, estabilizando ecosistemas (tanto de depredador como de presa). También son clave para el control de distintas posibles plagas, ya que se alimentan de diversos tipos de insectos que son vectores de enfermedad, por lo que son excelentes “plaguicidas naturales” en el ámbito de la agricultura y forestal.

Debido a la comentada sensibilidad de su piel, nos sirven como bioindicadores de la salud de los ecosistemas, sobre todo de la calidad de las aguas donde habitan, así como indicador de los efectos sinérgicos de los distintos impactos ambientales de un medio. Del mismo modo destaca su utilidad en la medicina, ya que algunas especies contienen en sus secreciones cutáneas sustancias que les ayudan a combatir virus, bacterias y hongos del medio, que podemos emplear en productos para combatir herpes, esclerosis o el cáncer entre otros.

Estos animales también forman parte de nuestra cultura, ya que están presentes tanto en la mitología como en cuentos, incluso para algunas culturas es símbolo de buena suerte.

La falta de conocimiento de la sociedad sobre los anfibios hace que no sean vertebrados muy valorados, por lo que su pérdida de hábitat estaba más o menos permitida. Por eso es tan importante la concienciación social sobre la importancia de preservar estos animales y sus hábitats. Como se ha comentado en el apartado anterior, es más que obvio los beneficios que obtiene el ser humano de este grupo de animales: su presencia ayuda a combatir y controlar plagas, tanto a nivel agrícola como de salud, ya que parte de su alimentación se basa en la ingesta de distintos insectos, portadores de enfermedades como el mosquito tigre, que tan presente está en nuestro país estos últimos años.

Otra utilidad muy importante para nosotros como sociedad es que su presencia ayuda a mantener la estabilidad de los ecosistemas, además de ser capaces de transportar energía desde el medio acuático al terrestre tras su metamorfosis.

Es muy importante la iniciativa local a la hora de preservar y generar nuevos hábitats para los anfibios, ya que sencillas actuaciones de bajo coste como restauración y generación de charcas son muy efectivas para recuperar las poblaciones a nivel local y no perder así todo lo que nos aportan.

1.4- HUMEDALES NATURALES

Son muchas las definiciones de humedal las que podemos encontrar, el Convenio Ramsar, aprobado en 1971, fue el primer tratado internacional para preservar estas zonas húmedas y toda su flora y fauna; define humedal como todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, ya sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, sabrosas o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

La Ley de Aguas y Reglamento de Dominio Público Hidráulico lo define como una zona inundable, de naturaleza cambiante, irregular y dinámica, y de gran diversidad, por lo que posee un régimen jurídico propio y se reconoce de dominio público por su importancia en preservarlo y regular sus usos. De todo ello, podemos deducir que un humedal es un ecosistema diferenciado del terrestre, con su propia biota que ha tenido que adaptarse a las épocas de inundación y sequía-inundación, a sus características físicas, químicas y biológicas donde predominan procesos anaeróbicos en los suelos.

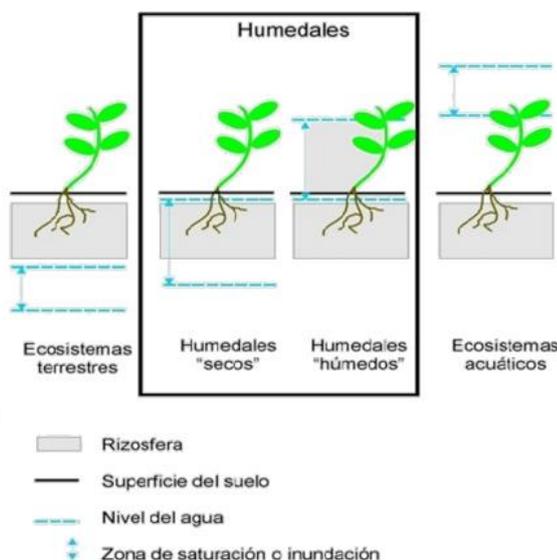


Figura 4- Esquema de los ecosistemas terrestres, acuáticos y humedales en relación a la variación del nivel del agua
FUENTE: Universidad Nacional de San Martín

1.4.1- MECANISMOS DE MEJORA DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL

Los humedales naturales por sus características intrínsecas de su funcionamiento y estructura son ecosistemas capaces de depurar el agua fluyente en su seno gracias a un complejo proceso donde se dan procesos físicos, químicos y biológicos por parte de los distintos seres vivos que en él habitan, por parte de sus elementos abióticos y sus relaciones entre sí.

- **Vegetación:** juega un papel importante en todo el proceso, su presencia hace que la velocidad de flujo de agua disminuya, reteniendo los sólidos entre sus tallos. También constituyen una superficie óptima para la formación de películas bacterianas, facilita la adsorción y filtración de constituyentes del agua residual, permitiendo la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controlando el

crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar al agua. También tiene un efecto amortiguador de las temperaturas extremas entre otros fenómenos atmosféricos, por interceptar nieve o lluvia, además de aislar de la superficie del agua. Y por supuesto, desempeñan un papel importante en la extracción de nutrientes del agua residual.

- **Microorganismos:** intervienen en la descomposición de la materia orgánica, suelen quedarse en la superficie del sedimento y parte sumergida de las plantas. Las bacterias forman parte de este grupo y son las encargadas, de por ejemplo, degradar el carbono presente y la eliminación del nitrógeno al transformarlo en compuesto asimilables por las plantas o a formas gaseosas que serán liberadas a la atmosfera.
- **Otros organismos:** hongos, animales como insectos, aves, anfibios son importantes para limitar y evitar plagas, regulando así la presencia de cada uno de los componentes de este ecosistema de forma que funcione en equilibrio.

1.5- HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales son zonas construidas por el ser humano en las que se intentan reproducir los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que se dan de forma natural en el ecosistema de un humedal natural.

La gran diferencia entre este tipo de humedales y los naturales, es que el ser humano es el que se encarga de controlar el flujo de agua y el tiempo en que permanece el agua en él, así se controla también los parámetros de la eliminación de contaminantes del agua a tratar.

1.5.1- TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Existen dos tipos de humedales dependiendo de la zona de circulación del flujo: los humedales superficiales, donde existe una lámina de agua expuesta a la atmosfera; y los humedales subsuperficiales, donde no existe lámina de agua libre en la superficie, si no que el agua atraviesa el sustrato, soporte de la vegetación.

HUMEDAL SUPERFICIAL

Como se ha comentado anteriormente, es un tipo de humedal donde existe lámina de agua libre en contacto con la atmosfera, el agua circula libremente por el tallo de la vegetación, lo que atrae a mayor cantidad de especies, aumentando la biodiversidad de la zona. A pesar de ello, son humedales que presentan desventajas como la aparición de malos olores y presencia de caracoles y mosquitos, vectores de enfermedades.

Por eso, este tipo de humedales se usan para depurar efluentes procedentes de tratamientos secundarios y para crear y restaurar ecosistemas acuáticos, como por ejemplo los existentes en la Albufera.

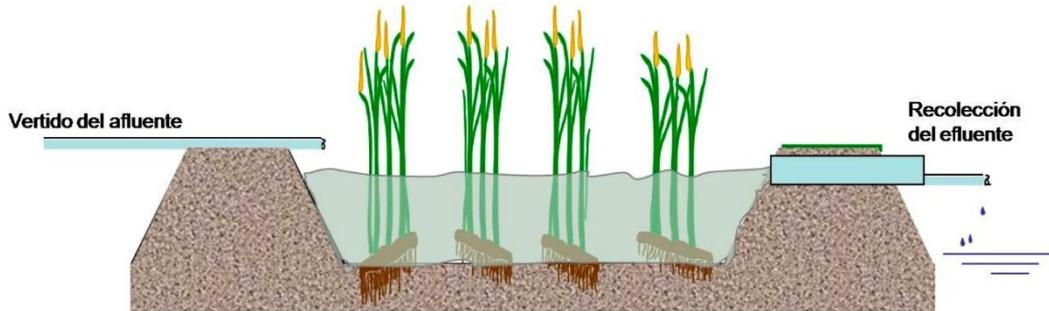


Figura 5- Croquis de humedal artificial superficial o de flujo libre.
Fuente: García y Corzo. (2008).

HUMEDAL SUBSUPERFICIAL

Este tipo de humedales se diferencia del anterior porque el flujo de agua a depurar atraviesa el sustrato que hace de soporte a la vegetación existente, se suele disponer de materiales granulares como gravas para facilitar el movimiento del agua en el sustrato y que no se colmate.

Las ventajas de estos humedales frente a los de lámina libre son, entre muchos otros, que necesitan menor superficie de implantación, además, al no existir lámina de agua libre evitamos los problemas de olores y presencia de mosquitos. Otro factor a tener en cuenta es la mayor adaptabilidad a todo tipo de climas que presenta este sistema ya que la capa de grava provee de mayor protección térmica, tanto en climas fríos como cálidos, evitando grandes cambios de temperatura que puedan afectar al proceso de depuración.

Es un sistema muy usado para la depuración de agua residual pretratada en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. Se clasifican según el sentido del flujo de agua en humedales subsuperficiales de flujo vertical y humedales subsuperficiales de flujo horizontal.

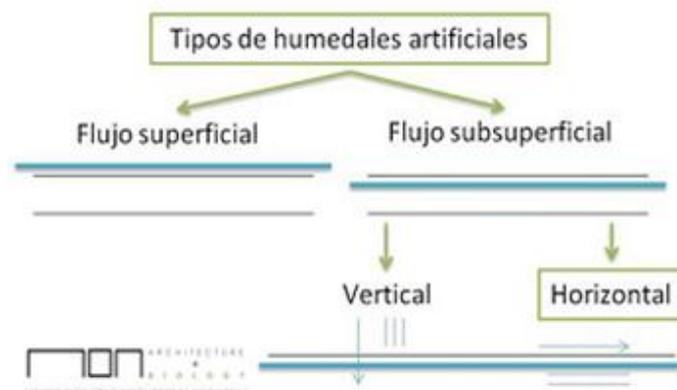


Figura 6- Clasificación de humedales artificiales según tipo y sentido de flujo de agua a depurar

- **Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical.** En este caso el agua fluye verticalmente a través del sustrato de manera intermitente, se suele disponer de chimeneas de aireación para favorecer las condiciones aerobias

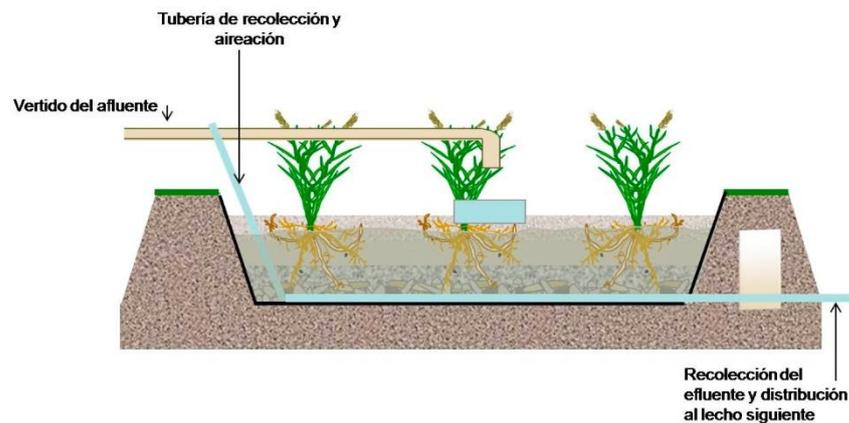


Figura 7- Croquis de humedal artificial de flujo subsuperficial vertical.
Fuente: García y Corzo (2008).

- **Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal.** En este tipo de humedal el flujo de agua pretratada entra al sistema atravesando el medio poroso (arenas, gravas), delimitado por un canal impermeable donde se implantan las plantas macrófitas (eneas, carrizos).

Es muy importante que el flujo de agua sea de forma equitativa y evitar la creación de caminos preferentes dentro del humedal.

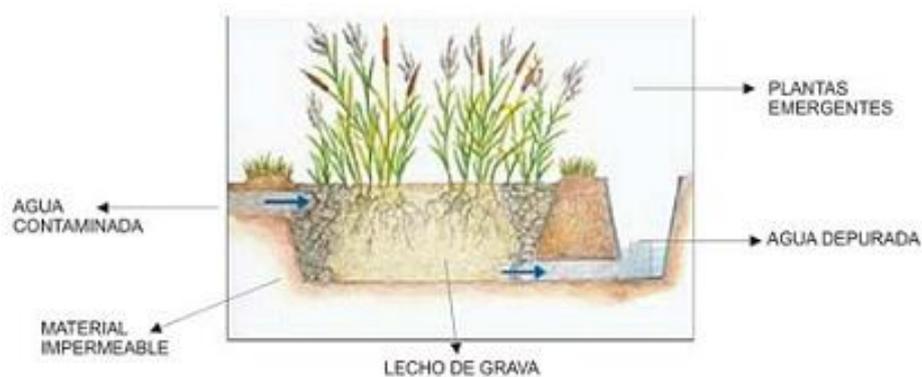


Figura 8- Esquema simplificado de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.
Fuente: web biosystem

1.5.2- USO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

El uso de este tipo de humedales para el tratamiento de aguas grises por biofiltración es una opción cada vez más presente por ser un sistema económico y sostenible de obtener agua regenerada de buena calidad para usar en otros fines.

El sistema puede ser construido para una sola casa o para un grupo de ellas. En este caso suele usarse el humedal subsuperficial de flujo horizontal, para evitar molestias a los residentes de las viviendas y evitar plagas de insectos no deseados.

El funcionamiento básico de este tipo de depuración de aguas se basa en tres procesos: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. El pretratamiento y los tratamientos primarios son previos, es decir, buscan eliminar o reducir la cantidad de materiales que obturan y desgastan canales y tuberías que lleguen a colmatar el sistema del humedal. Antes que éstos suele existir una etapa al inicio de retirada de grandes sólidos seguida por otra de retención de materia en suspensión. A la hora de elegir qué tipo de tratamientos previos se le dará al agua a tratar habrá que fijarse en distintos factores que van desde la calidad del agua que entra, costes de construcción y explotación, etc.

Pretratamiento: su objetivo es eliminar sólidos gruesos, arenas y grasas que puedan dañar o interferir en los siguientes procesos. Suele constar de una zona con rejillas de gruesos y/o rejilla de finos y de una zona de desarenado, de forma opcional puede constar también de un desengrasador al final de este proceso, si no se dispusiera de él, sería en el tratamiento primario donde se eliminarían aceites y grasas (tanque Imhoff o fosa séptica).

Tratamiento primario: su objetivo es reducir la materia en suspensión, evitando así la colmatación del humedal. Dependiendo de la cantidad de flujo de agua a tratar (habitantes) y distancia entre el sistema de tratamiento y la población, se elegirá un sistema u otro. Se podrá usar una fosa séptica, prefabricada o in situ, o el denominado Tanque Imhoff que, aparte de ayudar a la sedimentación de sólidos suspendidos del agua facilitan la degradación anaerobia y la mineralización de la fracción orgánica sedimentable. Suele usarse en poblaciones de 200 h.e a 500 h.e.

Tratamiento secundario: en la que se procede a la eliminación de la materia orgánica disuelta o coloidal, y lo lleva a cabo el propio humedal.

1.5.3- MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES

El principal objetivo del uso de estos humedales es la eliminación de materia orgánica biodegradable existente en las aguas residuales a tratar de modo que mejore la calidad del agua saliente y poder reutilizarla para otros fines, según marque la ley. La eficiencia del proceso depende no solo del buen diseño y dimensionamiento del humedal, si no también de la buena elección de vegetación para que en el tratamiento secundario sea absorbida la mayor parte de materia orgánica.

La eliminación de contaminantes del agua se lleva a cabo como se ha comentado anteriormente por distintos mecanismos que se enumera a continuación:

- Eliminación o reducción de materia en suspensión (SS): suele producirse por fenómenos de sedimentación, por la baja velocidad del agua, floculación y filtración. Tanto en humedales subsuperficiales de flujo vertical como los de flujo horizontal es muy eficaz.

- **Eliminación o reducción de materia orgánica:** estos mecanismos pueden ser de dos tipos, físicos y biológicos, estrechamente inter-relacionados entre sí. La materia orgánica llega de forma particulada o coloidal, y se separan de forma física fácilmente por los procesos indicados anteriormente para los sólidos en suspensión. A parte de estos procesos, puede darse también la adsorción y la absorción en la materia orgánica disuelta.

En los procesos biológicos intervienen seres vivos a nivel micro y macroscópico, e influye mucho factores como el pH del medio, disponibilidad de oxígeno y temperatura. Las reacciones de fotólisis, de oxidación/reducción e hidrólisis que se dan, ayudan a biodegradar la materia orgánica, tanto en ambientes aerobios como anaerobios; siendo el ambiente aerobio el más eficiente al usar como fuente de energía el oxígeno. La cantidad de oxígeno disponible en el agua viene dada por el balance de gases del sistema (fuentes y consumidores de oxígeno); el oxígeno se incorpora al sistema por aireación superficial, fotosíntesis (por la fotoasimilación del carbono de los seres fotosintéticos) y por la transferencia de la planta debido a la existencia de vías de aireación interconectadas en los tejidos de las plantas macrófitas. La disolución de dicho oxígenos en el agua dependerá de distintos factores, según sea la fuente de procedencia.

Las reacciones de hidrólisis transforman la materia orgánica sólida en compuestos orgánicos de menor peso molecular, y así ser más atacables para los microorganismos.



Figura 9- Detalle interior hoja de Feneo

- **Nitrógeno:** el nitrógeno está presente en nuestras aguas residuales en forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+), y nitrógeno orgánico, incluyendo el nitrógeno gaseoso (N_2, NO_x). Los procesos de eliminación de este elemento en humedales artificiales son físico-químicos y biológicos.

Dentro de los procesos físico-químicos encontramos los de filtración, intercepción, floculación y sedimentación sobre todo de la fracción de nitrógeno orgánico de los sólidos en suspensión. La volatilización de dicho elemento (desprendimiento de amoníaco gaseoso) por la variación de pH del agua es otro de los procesos por los que se elimina del sistema.

Dentro de los procesos biológicos podemos nombrar los siguientes:

- **Amonificación:** transformación por parte de los seres vivos del nitrógeno de la materia orgánica en nitrógeno amoniacal durante la degradación de la materia orgánica. Puede darse en condiciones aerobias o anaerobias, y la velocidad de esta transformación depende del pH del medio y aumenta con la temperatura. El componente resultante puede usarse como reactivo para otros procesos de remoción del nitrógeno.
- **Nitrificación:** los microorganismos aerobios nitrificantes son los encargados de transformar el amonio a nitrato. Dicho proceso consta de dos partes: primero, la oxidación del amonio a nitrito por bacterias del género Nitrosomona, y después, del nitrito al nitrato por bacterias Nitrobacter. El ion nitrato resultante, queda en el agua para ser absorbido por plantas o microorganismo o reducirse (desnitrificación).
- **Desnitrificación:** es la eliminación del nitrato en nitrógeno gaseoso. En dicho proceso intervienen las bacterias heterótrofas, en condiciones anaerobias y disponibilidad de carbono orgánico limitante. Este proceso se da en los sedimentos del humedal y en las biopelículas de zonas de poco oxígeno disuelto y alta disponibilidad de carbono, y da como resultado N_2O y N_2 que se queda en el agua para que las plantas puedan fijarlo o ser liberado a la atmósfera en zonas de poco vegetación.
- **Fijación de nitrógeno:** proceso de asimilación del nitrógeno gaseoso a nitrógeno orgánico por parte de organismos como algas verdes-azuladas y algunas bacterias, que contienen enzima nitrogenasa.
- **Asimilación por las plantas:** el nitrógeno es un macronutriente para las plantas, que lo asimilan en su forma inorgánica para formar parte de sus compuestos orgánicos nitrogenados estructurales; cuanto mayor es la tasa de crecimiento de la planta mayor es la extracción de nitrógeno. Para eliminar del todo dicho elemento del sistema se deberá podar de forma periódica la vegetación del humedal (hojas, tallos).

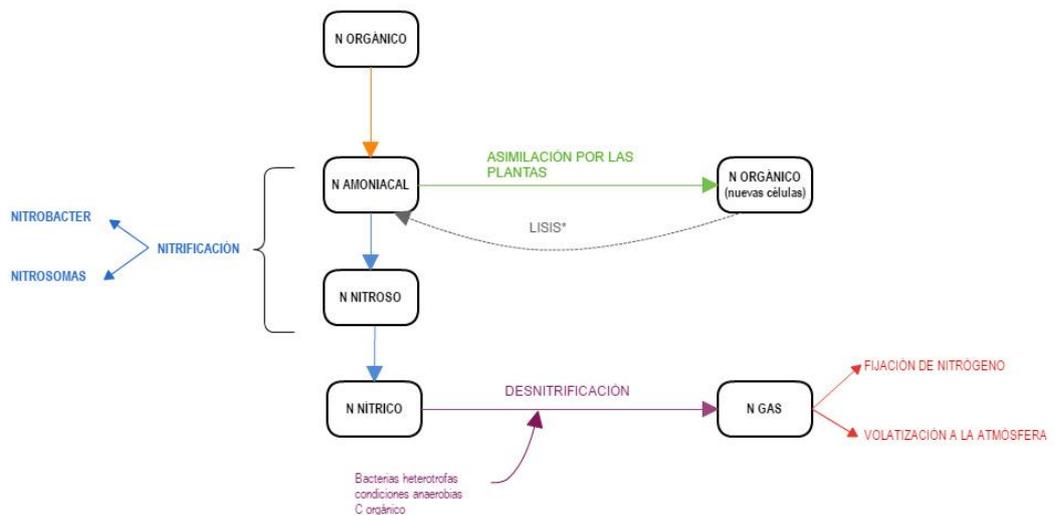


Figura 10- Esquema procesos eliminación nitrógeno

LISIS*= rotura molecular

- **Fosforo:** está presente en el agua residual de forma orgánica e inorgánica (ortofosfatos), disuelto en el agua o particulada. Los principales mecanismos de eliminación son la adsorción sobre el sustrato, asimilación por la planta (10 % aproximadamente) y precipitación química con elementos como el aluminio, el calcio o el hierro para dar fosfatos insolubles
- **Patógenos:** las aguas residuales pueden contener una gran variedad de patógenos, desde bacterias, virus o protozoos, pero normalmente para determinar el índice de contaminación fecal de un agua se usa el recuento de coliformes fecales. Los humedales son capaces de eliminar patógenos gracias a mecanismos como: absorción en el sustrato, donde las condiciones no son apropiadas para que sobrevivan; predación por protozoos y bacteriófagos y la eliminación mediante antibióticos producidos por las raíces de las plantas. En algunos casos se ha llegado a la eliminación de coliformes de un 99%.
- **Metales pesados:** entre estos mecanismos están la absorción, sedimentación, precipitación química y asimilación vegetal, ya que algunos metales son necesarios en pequeñas cantidades para el crecimiento de éstas y de animales, aunque un exceso de estos elementos puede resultar tóxico. Si sabemos de forma certera que el agua residual contiene metales pesados de forma importante, deberemos realizar tratamientos específicos previos para disminuir la presencia excesiva.

1.6- NECESIDADES DE DEPURACIÓN Y USO DE AGUAS REGENERADAS

Como se ha comentado en varias ocasiones, disponer de agua de calidad es indispensable para la salud de todo ecosistema del planeta, incluida la nuestra. Por ello la depuración de las aguas residuales generadas en las viviendas es interesante para poder abastecer las distintas demandas de éste preciado bien.

Verter al medio las aguas residuales no depuradas ejerce en los puntos de vertido distintos efectos negativos tales como:

- **Agotamiento del oxígeno presente en las aguas.** Los componentes que resulten fácilmente oxidables serán degradados vía aerobia por las bacterias que contengan, consumiendo el oxígeno disuelto en ellas. De este modo puede que el contenido de oxígeno disuelto quede por debajo de los límites mínimos necesarios para el desarrollo de vida acuática. Una vez consumido en su totalidad los procesos de degradación se llevarán a cabo por la vía anaerobia generando malos olores.
- **Aportes excesivos de nutrientes.** Al tratarse de aguas con altos contenidos de N y P, fundamentalmente, puede generar una proliferación excesiva de algas y otras plantas, llegando a eutrofizar las masas de agua donde se viertan.
- **Daños a la salud pública.** Si se vierte el agua residual sin tratar a cauces de dominio público, se puede fomentar la propagación de organismos patógenos para el ser humano tales como el tífus, el cólera, la hepatitis A o la disentería.

Las tecnologías no convencionales (TNC) o de bajo coste han sido probadas con éxito en la reducción de la carga contaminante de las aguas en numerosas partes del mundo desde hace tiempo, por lo que conforman un sistema maduro y de eficacia comprobada. Por consiguiente, es bueno plantear su uso a pequeña escala en núcleos de poca población, en urbanizaciones o viviendas unifamiliares, con tal de depurar el agua residual y obtener un agua producto con calidad suficiente como para poder reutilizarla en distintos ámbitos, cumpliendo las condiciones exigidas por ley para cada uso.

1.6.1- DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. NORMATIVA

Las aguas residuales recogidas domésticas presentan ciertos contaminantes de distinto tipo y naturaleza, y se presentan en ella en distintas formas (suspensión, coloidal, diluida y sedimentable). Para medir la contaminación del agua residual se miden distintos parámetros (DQO, DBO₅, SS, NT, PT), y se utiliza el concepto de habitante-equivalente (h-e) como una unidad de medición de la contaminación biodegradable presente en dichas aguas, referenciada no solo a los habitantes si no también a la industria, ganadería, etc del municipio.

En la tabla siguiente se muestra la contaminación promedio de las aguas residuales domésticas:

PARÁMETRO	DOTACIÓN Y CARGA CONTAMINANTE por h-e y día	CONCENTRACIÓN
Caudal	200 l	-
DQO	125 g O ₂	400-600 mg/l
DBO ₅	60 g de O ₂	250-300 mg/l
SS	90 g	300-450 mg/l
NT	12 g	40-60 mg/l
PT	3 g	10-15 mg/l

Tabla 1- Tabla de contaminación promedio de las aguas residuales domesticas
FUENTE: Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones, Confederación Hidrográfica del Ebro

Normativa:

En 1985, aparece la Ley 29/1985 de Aguas apostando por la publicación general de las aguas, la planificación hidrológica y el reparto competencial entre Estado y Comunidades Autónomas; dicha Ley sigue formando parte del esqueleto del Texto Redifundido de la Ley de Aguas de 2001.

La UE en 1991 como respuesta ante la situación de contaminación de las aguas de muchos de los países miembros, promulga la Directiva 91/271/CEE que obliga a tratar las aguas residuales antes del vertido, estableciendo en ella los requerimientos mínimos para la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas. En 1995, dicha Directiva es traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto Ley 11/1995, donde se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, desarrollado mediante el R.D 509/1996.

Los requisitos que deben cumplir, tanto los vertidos como las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, para que cumplan la Directiva 91/271/CEE vienen descritos

en el Anexo I, en las letras B y D y los cuadros 1,2 y 3 de éste último. La Directiva 91/271/CEE es modificada en 1998 por la Directiva 98/15/CEE, que se traspone en España mediante el Real Decreto 2116/1998, modificando el Real Decreto del año 1996.

Finalmente en la Directiva 2000/60/CE se crea el Marco comunitario en el ámbito de la política de aguas para la protección de todas las aguas, marcando unos objetivos de calidad de aguas, tanto superficiales, subterráneas como para zonas protegidas, a cumplir en 2015 para reducir así las presiones sobre las masas de agua.

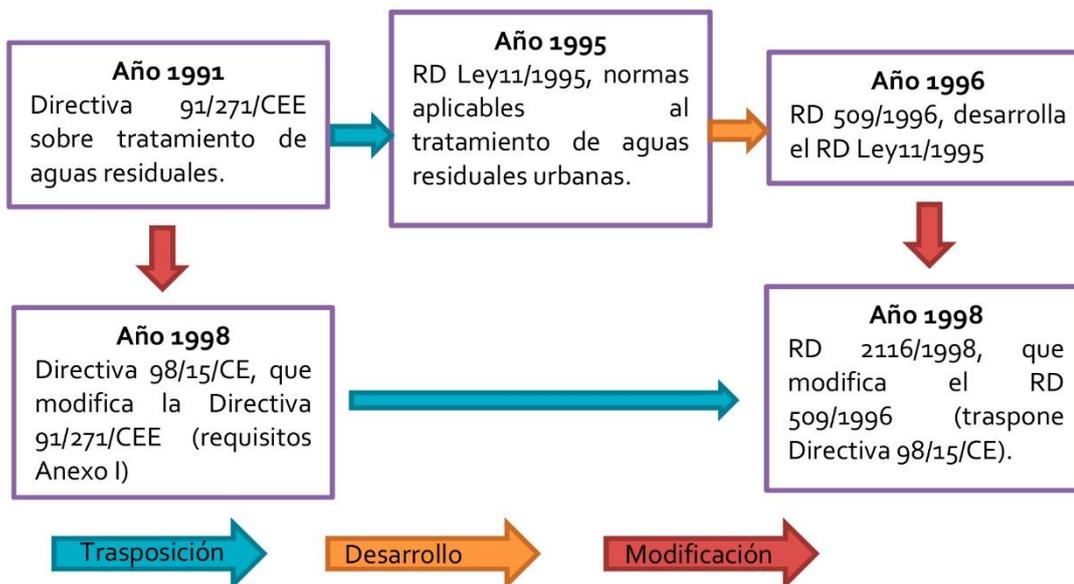


Figura 11- Esquema de la evolución de la legislación en depuración en España
FUENTE: Ortega Busutil. MAGRAMA 2012

1.6.2- AGUA REGENERADA. NORMATIVA

La legislación de depuración de aguas, como se ha podido observar en el esquema anterior, ha ido evolucionando por el camino de ser más restrictivos sobre el tratamiento y vertido de las aguas residuales que se generan con el fin de proteger dicho recurso y ser capaces de devolver el agua usada al medio, con una calidad aceptable y no comprometer el desarrollo de los ecosistemas. Pero con la aprobación del R.D 1620/2007 sobre la reutilización de las aguas, se da un paso más y tanto usuarios como gestores y planificadores piensan en el agua regenerada como un recurso adicional ordinario al agua potable para satisfacer las demandas del agua, con un uso sostenible y conservar y proteger los ecosistemas acuáticos, ya que ofrecen garantías de calidad y cantidad.

De entre los distintos beneficios que se obtiene con el uso de estas aguas cabe destacar en el ámbito social la posibilidad de reservar el agua de mejor calidad para los usos más exigentes, como el agua potable que no es fácil de asegurar en países con déficit de agua como España. Además, la reserva del agua regenerada no está sometida a cambios climatológicos ni entra en competencia con usos prioritarios como el de abastecimiento, por lo que da garantías para otros usos como el agrario o industria. Dentro de los beneficios ambientales son relevantes sobre todo si el agua regenerada sustituye a agua que saldría de cauces o acuíferos (disminuye la presión sobre dichas masas de agua).

Normativa

Como se ha comentado ya, el R.D 120/2007 establece un régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. En su Anexo I a) se pueden consultar los Criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos, los usos permitidos y su calidad mínima exigible; también se establece en él la frecuencia y método de análisis de los parámetros de estudio de la calidad del agua.

Dichos usos se dividen en cinco grupos: 1. Uso Urbano, 2. Uso Agrario, 3. Uso Industrial, 4. Uso Recreativo y 5. Uso Ambiental. Cada grupo tiene unas exigencias propias en cuanto a la calidad del agua depurada para poder ser reutilizada en cada caso. Entre los parámetros analizados según el R.D 1620/2007 se encuentran los nemátodos intestinales, *Escherichia coli*, sólidos en suspensión, turbidez y otros (*Legionella* sp., *Taenia* sp., etc).

Dentro de los *usos agrarios* hay tres calidades:

1. Calidad 2.1.
 - a. Riego de cultivos donde el agua entra en contacto con la parte comestible y se consumen en fresco.
2. Calidad 2.2.
 - a. Riego de cultivos donde no se impide que el agua entre en contacto con la parte comestible y se consumen después de un tratamiento industrial.
 - b. Riego de pastos, alimento de animales para leche o carne.
 - c. Acuicultura.
3. Calidad 2.3.
 - a. Riego de cultivos leñosos.
 - b. Riego de cultivo de flores ornamentales y viveros, sin contacto del agua con las producciones.
 - c. Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.

Dentro de los *usos industriales* existen dos calidades:

1. Calidad 3.1.
 - a. Aguas de proceso o limpieza excepto en la industria alimentaria.
 - b. Otros usos industriales.
 - c. Aguas de proceso y limpieza para uso de la industria alimentaria.
2. Calidad 3.2.
 - a. Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

Con respecto a los *usos recreativos* se diferencian dos calidades:

1. Calidad 4.1.
 - a. Riego de campos de golf.
2. Calidad 4.2.
 - a. Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.

Los *usos ambientales* se dividen a su vez en 4 objetivos de calidad en función del uso que se le dará al agua depurada:

1. Calidad 5.1.
 - a. Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.
2. Calidad 5.2.
 - a. Recarga de acuíferos por inyección directa.
3. Calidad 5.3.
 - a. Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público.
 - b. Silvicultura
4. Calidad 5.4.
 - a. Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).

1.7- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El concepto de “servicios ecosistémicos” fue acuñado hace más de 10 años y lo definió la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio como aquellos beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas de forma directa (como servicios de aprovisionamiento), o indirectos (servicios de apoyo); siendo claves para nuestro desarrollo y el desarrollo del resto de ecosistemas con los que nos interrelacionamos y para la seguridad del agua.

Los servicios ecosistémicos podríamos clasificarlos en cuatro grandes grupos:

- Servicios de abastecimiento: son beneficios materiales tales como alimento, agua, combustibles...la obtención de los recursos para nuestra supervivencia
- Servicios de regulación: son los beneficios que obtenemos debido a la regulación de procesos de los ecosistemas tales como evitar inundaciones, mejorar la calidad del aire o del agua... Casi siempre nos resultan imperceptibles, ya que los damos por sentado pero su degradación dan lugar a pérdidas importantes y difíciles de recuperar.
- Servicios de apoyo: son los necesarios para que el resto de servicios se lleven a cabo. Proporciona espacios vitales para las especies del planeta, pudiendo conservar su biodiversidad.

- **Servicios culturales y espirituales:** son bienes inmateriales tales como la estética, la inspiración... los ecosistemas nos proporcionan áreas de recreo donde realizar actividades que mejoran nuestra salud mental y física, nos dan un sentimiento de apego a una zona.

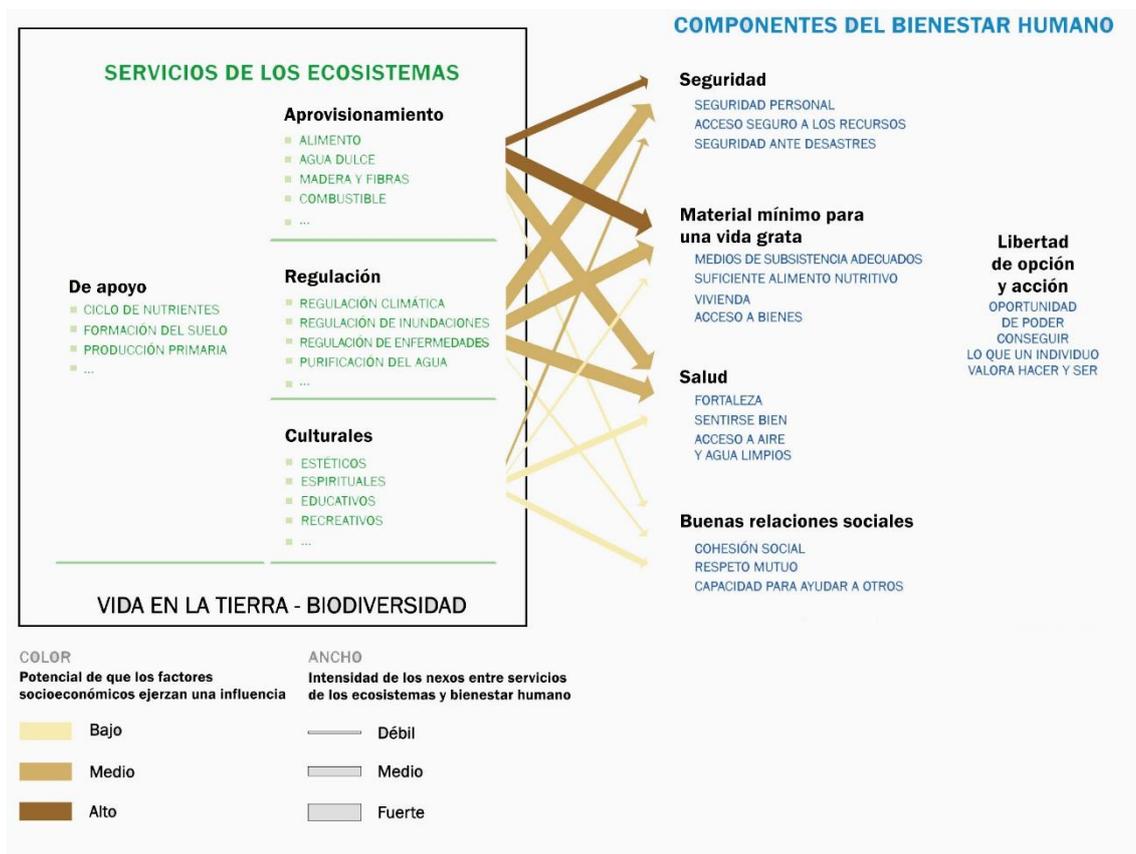


Figura12- Servicios Ecosistémicos
 FUENTE: Informe MA: Ecosistemas y Bienestar Humano, 2005
 FUENTE: P. Kandus et al. 2010 - Fundación Humedales)

1.7.1- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE HUMEDALES NATURALES

Los humedales conforman uno de los ecosistemas más ricos que existe y están muy vinculados a la supervivencia y bienestar de la población que habita en sus mediaciones. Por ello es muy importante que se haga un uso de ellos de forma que se preserve su integridad ecológica, de forma que funcione saludablemente y no se vea comprometida la continuidad de dichos servicios y se mantenga su biodiversidad.

A continuación se muestra un cuadro-resumen donde se pueden observar una relación de funciones básicas de los humedales y los bienes ofrecidos:

Funciones ecosistémicas		Ejemplos de bienes y servicios
Genéricas	Específicas	
Regulación Hidrológica	Desaceleración de los flujos y disminución de turbulencia del agua	Estabilización de la línea de costa. Disminución del poder erosivo.
	Regulación de Inundaciones	Disminución de la intensidad de los efectos de las inundaciones sobre áreas vecinas
	Retención de agua Almacenaje a largo y corto plazo	Presencia de reservorios de agua para consumo y producción.
	Recarga de acuíferos	Reservas de agua dulce para el hombre, para consumo directo y para utilización en sus actividades productivas
	Retención y estabilización de sedimentos	Mejoramiento de la calidad del agua
	Regulación de procesos de evapotranspiración	Atemperación de condiciones climáticas extremas
Regulación Biogeoquímica	Ciclado de nutrientes (Nitrógeno, Carbono, Fósforo, etc.) Almacenaje / retención de nutrientes (ej. Fijación/ acumulación CO ₂ , liberación de NH ₄)	Retención de contaminantes Mejoramiento de la calidad del agua Acumulación de Carbono Orgánico (ie.turba). Regulación climática
	Transformación y degradación de nutrientes y contaminantes	Mejoramiento de la calidad del agua. Regulación climática
	Exportación de nutrientes y compuestos.	Vía agua: Sostén de cadenas tróficas vecinas Regulación Climática: Emisiones CH ₄ a la atmósfera
	Regulación de salinidad	Provisión de agua dulce - Protección de suelos - Producción de sal
	Producción primaria	Secuestro de carbono en suelo y en biomasa Producción agrícola Producción de forraje para ganado doméstico y especies de fauna silvestre de interés. Producción apícola Producción de combustible vegetal y sustrato para cultivos florales y de hortalizas (turba)

Ecológicas	Producción secundaria	Producción de proteínas para consumo humano o como base para alimento del ganado doméstico (fauna silvestre , peces e invertebrados acuáticos) Producción de especies de interés cinegético Producción de especies de peces para pesca deportiva y comercial. Producción de especies de interés turístico-recreacional (aves, mamíferos, reptiles, anfibios)
	Provisión de hábitat	Ambientes de interés paisajístico Oferta hábitat de especies de interés comercial, cinegético, cultural, etc. Provisión de hábitats críticos para especies migradoras (ej. aves) Provisión de hábitats críticos para la reproducción de especies animales (ej. aves, tortugas acuáticas, peces e invertebrados acuáticos)
	Mantenimiento de interacciones biológicas	Mantenimiento de cadenas tróficas locales y de ecosistemas vecinos Exclusión de especies invasoras.
	Mantenimiento de la diversidad tanto específica como genética	Provisión de productos animales y vegetales alimenticios, y construcción. Provisión de productos animales y vegetales no alimenticios (cueros, pieles, plumas, plantas y peces ornamentales, mascotas, etc.) Provisión de productos farmacológicos y etnobiológicos (para etnomedicina, con fines religiosos, rituales, etc.) Producción agrícola

Tabla 2- Relación entre los bienes y servicios que prestan los humedales y sus funciones ecosistémicas.
FUENTE: P. Kandus et al. (2010)

Según el informe emitido por el MA en 2005, “Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y agua”, los dos servicios más importantes para las poblaciones cercanas a dichas zonas húmedas son las de abastecimiento de agua, ya que muchos humedales son los encargados de la recarga de acuíferos; y el suministro de pescado como fuente de alimento y factor de economía. Otros servicios muy importantes que nos brindan son la purificación del agua y desintoxicación de contaminantes, la regulación del clima y la mitigación de los efectos del cambio climático.

En la siguiente tabla extraída del Informe de la MA: Los Ecosistemas y el bienestar humano, se observa que los humedales juegan un papel muy importante en todo el ciclo hidrológico y biogeoquímico, siendo capaces de regularlo.

Servicios	Comentarios y ejemplos
De aprovisionamiento	
Alimento	Producción de pescado, caza, frutas y granos
Agua dulce*	Almacenamiento y retención de agua para uso doméstico, industrial y agrícola
Fibra y combustible	Producción de troncos, leña, turba, forraje
Bioquímicos	Extracción de medicinas y otros materiales desde la biota
Materiales genéticos	Genes para la resistencia a patógenos de plantas, especies ornamentales, etc.
De regulación	
Regulación del clima	Fuente y sumidero de gases de efecto de invernadero; en los niveles local y regional influye sobre la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos
Regulación del agua (flujos hidrológicos)	Recarga y descarga de agua subterráneas
Purificación del agua y tratamiento de residuos	Retención, recuperación y eliminación del exceso de nutrientes y otros contaminantes
Regulación de la erosión	Retención de suelos y sedimentos
Regulación de desastres naturales	Control de inundaciones, protección contra las tormentas
Polinización	Hábitat para polinizadores
Culturales	
Espirituales y de inspiración	Fuente de inspiración; muchas religiones vinculan valores espirituales y religiosos a aspectos de los ecosistemas de los humedales
Recreativos	Oportunidades para actividades recreativas
Estéticos	Muchas personas encuentran belleza y valores estéticos en ciertos aspectos de los humedales
Educativos	Oportunidades para la educación formal y no formal y para capacitación
De apoyo	
Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica
Ciclo de los nutrientes	Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes

*Si bien el agua dulce se consideró como un servicio de aprovisionamiento en la EM, varios sectores la consideran también un servicio de regulación.

Tabla 3- Servicio de los ecosistemas que provienen o derivan.
FUENTE: Informe de la MA: Los ecosistemas y el bienestar humano. Humedales y agua (2005)

Dada la importancia de estas zonas húmedas surgió del Convenio Ramsar para protegerlas y mejorarlas:

- Control de inundaciones: reducen los picos de crecida ya que retienen el exceso de escorrentía en su llanura de inundación para liberarla después.
- Reposición de aguas subterráneas: disminuye la velocidad del agua por lo que aumenta la percolación de agua a acuíferos subterráneos. También disminuye la capacidad erosiva del agua de los ríos al almacenar la escorrentía en ellos y aumenta la fertilidad de dichas tierras debido a la sedimentación de materiales y nutrientes.
- Retención de agua: el almacenamiento de dicha agua puede usarse para abastecer de agua a una población y como hábitat para una gran diversidad de animales.(reservorios de biodiversidad)
- Depuración de aguas: la mejora de calidad de las aguas que atraviesan dichos ecosistemas es uno de los servicios que más se ha sabido aprovechar por parte de los seres humanos, al tratar de imitar su estructura y funcionamiento en los humedales artificiales.
- Valores culturales
- Recreación y turismo
- Mitigación del cambio climático y adaptación a él

1.7.2- SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Como ya se ha comentado anteriormente, un humedal artificial intenta simular a uno natural, por lo que también constituye un ecosistema capaz de ofrecer muchos de los servicios anteriormente mencionados. El hecho de que se haya investigado para imitarlos es fundamentalmente con el objetivo de mejorar y preservar la biodiversidad creando nuevos hábitats, controlar inundaciones, retener nutrientes para restaurar tierras agrícolas debido a la retención de nutrientes; y la depuración de aguas residuales.

El siguiente TFG se apoyará en uno de los servicios ecosistémicos mencionados para la obtención del agua necesaria para la creación de hábitats para los anfibios. La depuración de aguas residuales de unas viviendas mediante los humedales subsuperficiales de flujo horizontal nos proporcionará gran parte del caudal de agua necesario y con la calidad necesaria.

1.8- ALJIBES, INFRAESTRUCTURAS SOSTENIBLES

Desde hace más de 5000 años, distintas cultura han usado y desarrollado métodos para que la captación y aprovechamiento del agua de lluvia sea más eficiente, y hacer frente así a la escasez de dicho recurso. El concepto en sí es sencillo: recolectar y capturar el agua al caer y almacenarla en depósitos o cisternas para poder utilizarla cuando sea necesario.

Dentro de estas infraestructuras tan antiguas encontramos los aljibes utilizadas desde la antigüedad para recoger y almacenar el agua de las fuertes lluvias y dosificarla durante todo el año. Para su construcción se solía excavar un hoyo en la tierra de dimensiones variables según las necesidades y el espacio disponible y después se hacían los cimientos, subiendo el muro a base de piedra.

A estas construcciones se le debe sumar los sistemas de captación de agua, igual de importantes: el aljibe protegía el agua, mientras que es sistema de captación era el encargado de recogerla y llevarla a éste. Hay distintos tipos de captación: captación de ladera y meseta, captación de barranco o la captación de vaguada.

Los aljibes no solo servían para abastecer a una comunidad de agua, si no que también era un punto de encuentro social: personas que iban a recoger agua, a lavar o pastores que llevaban su rebaño.

Uno de los inconvenientes de la utilización de estas construcciones es la pérdida de calidad de agua que se consumía: es obvio que era un agua sin tratar, que quedaba estancada un determinado tiempo, factor que influye en su calidad como el sabor y olor, y la posible presencia de materia orgánica u otros contaminantes. Hoy en día la posibilidad de contaminación directa o indirecta del agua recogida es menor.

En la actualidad existen muchas iniciativas a favor de volver al uso de los aljibes como estructuras para obtener un aporte extra de agua, con sistemas modernizados para evitar sus inconvenientes. Cada vez más son las viviendas que cuentan con sistemas de captación de aguas pluviales procedentes de sus tejados, almacenando el agua recogida en depósitos de agua para su posterior uso.

El agua de lluvia a pesar de no ser potable (apta para el consumo humano), es un agua casi destilada de gran calidad y es perfectamente utilizable para muchos otros usos. Entre muchos de los beneficios que obtenemos es que el agua recogida no depende de la red pública pública (es gratuito) y al ser independiente, da cierta seguridad en caso de corte del suministro. Además es un sistema de bajo costo energético y ayuda a laminar los picos de demanda de la red de forma que puede abastecer sin problemas a los usuarios. También son infraestructuras ecosostenibles que ayudan a sensibilizar a la sociedad en el tema de aprovechamiento del agua como recurso limitado y preciado.

Esta es otra de las infraestructuras de las que se hará uso en el presente trabajo con tal de alcanzar nuestro objetivo, garantizando el aporte de agua necesario a nuestra zona húmeda, haciendo más eficiente la gestión del agua. Además el hecho de utilizar el aporte del agua de lluvia nos permitirá bajar la salinidad de la misma, buscando las condiciones óptimas para el hábitat creado y sus individuos.

1.9- ZONAS HÚMEDAS: LAS CHARCAS

Las charcas son pequeñas masas de agua dispersas a lo largo de nuestros paisajes que permiten el mantenimiento de una gran diversidad de organismos acuáticos, y otros que sin ser acuáticos, precisan de ellos para completar parte de sus ciclos vitales como es el caso de los anfibios. Existen distintas definiciones propuestas por biólogos y limnólogos que intentar acotar el término de charca, de manera intuitiva una posible definición sería “masa de agua donde la luz penetra hasta el fondo”. Como no existe una definición que satisfaga plenamente a ninguno de los expertos, algunas organizaciones han establecido las propias, por ejemplo, la Convención de Ramsar marca que una charca será una masa de agua cuya superficie igual o inferior a 10 hectáreas, mientras que la European Pond Conservation Network (EPCN) define charca como “toda masa de agua artificial o natural de superficie comprendida entre 1 m^2 y 5 hectáreas, que retiene el agua durante 4 meses del año o más”.

En cualquiera de estas definiciones, lo que es obvio es que estas masas de agua conforman pequeños ecosistemas acuáticos completos, con variaciones en su superficie y estacionalidad. A pesar de su pequeña extensión, en conjunto las charcas representan un 30 % de la superficie mundial de agua estancada y permiten a numerosas especies ampliar su distribución, ya que ayudan a que estén presentes en territorios áridos, siendo su presencia crucial para su supervivencia.

Suelen tener cierto grado de naturalización y recogen las aguas de escorrentía de laderas llegando a almacenarla durante un tiempo determinado, dependiendo de su extensión, profundidad, insolación, etc. Lo sorprendente de estos ecosistemas acuáticos es que pese a que los estanques temporales solo contengan agua por unas semanas, en ellos podrán producirse con todo, una fuerte sucesión estacional de organismos, lo que permite una diversidad sorprendentemente alta, pues la mayoría de la fauna que habitan en ellas son capaces de sobrevivir a la época de las secas, sus huevos soportan la ausencia de agua o son capaces de moverse hacia dentro o hacia afuera de ellos como lo hacen los anfibios y los insectos acuáticos adultos.

1.9.1-TIPOS DE CHARCAS

Dentro de estos ecosistemas existe una clasificación amplia en función de la característica que se estudie: el origen del agua temporalidad, flujo, tamaño, sustrato y características físico-químicas y biológicas del agua. Pueden ser naturales, seminaturales o artificiales.

ORIGEN DEL AGUA

El origen del agua marcará también las características físico-químicas y biológicas del agua. Atendiendo a esta característica se puede clasificar a las charcas en tres tipos:

- **CHARCAS DE LLUVIA:** normalmente están alimentadas por aguas subterráneas sub-superficiales, suelen ser temporales y de escasa profundidad. El agua presenta baja mineralización, conductividades muy bajas y gran turbidez debido a la resuspensión de las finas partículas del sedimento. Suelen denominarse lavajos o navajos.
- **CHARCAS ASOCIADAS A CAUCES:** pueden ser temporales o permanentes. Si son más profundas que el cauce principal pueden quedar aisladas formando las conocidas pozas. Son aguas con mayor conductividad y más transparentes.
- **BALSAS ALIMENTADAS POR FUENTES Y MANANTIALES:** habitualmente son charcas permanentes asociados a acuíferos con regímenes kársticos.

MORFOLOGIA

Las *pozas* suelen tener el perímetro bien delimitado, mientras que en las *charcas de lluvia* resulta difícil definir el nivel máximo de inundación, ya que solo ocurre en años de máxima pluviosidad; debido a esa fluctuación de nivel de agua hace que sus orillas sean invadidos por vegetación. La pendiente que presentan según el tipo de charca es muy importante: las pozas presentan paredes casi verticales, mientras que los navajos tienen una pendiente escasa, lo que las hace más accesibles a determinadas especies y más vulnerables a las inclemencias del tiempo (lluvias, viento, sol...).

Los navajos suelen ser menos extensos y profundos, por lo que de normal son temporales (dependen de las precipitaciones del lugar). Su estacionalidad no las hace ecosistemas menos ricos en biodiversidad, estudios demuestran que este tipo de charcas albergan menor número de especies pero de mayor interés biogeográfico ligados estrictamente a este tipo de ecosistemas temporales.

FLUJO Y TEMPORALIDAD

Las charcas de lluvia generalmente son de escasa profundidad, menos de metro y medio, por lo que su hidroperiodo dependerá en gran parte de ella. En el caso de las pozas suelen ser superiores a metro y medio y la mayoría se considerarían semipermanentes. Esto significa que generalmente tienen agua todo el año, pero que en determinados momentos del año pueden secarse.

Los navajos al no tener salida superficial del agua quedan como ecosistemas aislados en espacio y tiempo. En las charcas con aguas de menor turbidez es normal la proliferación de vegetación macrófita, mientras que en charcas de lluvia está limitado por la fluctuación del nivel de agua. Por ello en invierno este tipo de ecosistemas se ven desprovistos de vegetación, salvo la que haya crecido en verano. En primavera la vegetación acuática crece rápidamente, pudiendo cubrir la totalidad de la columna de agua al final del hidropериодо.



Figura 13- Charca temporal de reducido tamaño. Calderones en la Estación Biológica de Torretes, Ibi
FUENTE: Vicente Sancho e Ignacio Lacomba (2010)

1.9.2-IMPORTANCIA DE LAS CHARCAS

Las charcas son zonas húmedas ambientales muy sensibles cuya red genera importantes recursos naturales para la biodiversidad, impecables para mantener determinados ciclos ecológicos esenciales, por su valor cultural e interés científico.

Estos ecosistemas son refugio para especies raras y amenazadas, siendo muy importantes para la biodiversidad dulceacuícola, ya que pueden albergar comunidades vegetales y animales tan complejas como los ríos. También juegan un papel conector muy importante entre los distintos medios acuáticos ya que la red de charcas conforma un corredor ecológico para la distribución de especies.

No debemos olvidar la importancia de estos hábitats en otros aspectos como el socioeconómico y social; las charcas forman parte de la historia y cultura de nuestros pueblos y ciudades, haciendo visible la compatibilidad entre el uso tradicional de dichas zonas húmedas y la conservación de la biodiversidad (muchas charcas rurales son usadas como abrevaderos para el ganado). En las afueras de muchos pueblos y ciudades se encuentran estas masas de agua sirviendo a la población como zona de recreo (pasear, pescar), aunque es posible que en la actualidad muchas de ellas están tan deterioradas que son incapaces de albergar vida en ellas.

Uno de los grandes problemas de las charcas degradadas es causa de un mal uso de ellas, al ser usadas como vertederos, la materia orgánica depositada colmata la charca y empieza a pudrirse, agotando el oxígeno existente en ella para la vida del resto de seres vivos del ecosistema, y limitando la presencia en la charca de bacterias descomponedoras, las

únicas de sobrevivir en dichas circunstancias (eutrofización de la charca).

Dentro del aspecto económico también son importantes como proveedoras de servicios ecosistémicos intangibles y ayudan a paliar los efectos del cambio climático y en la óptima gestión del agua. Según recientes investigaciones sugieren que dado su enorme número y alta productividad, las charcas actúan como sumideros de carbón (captan CO₂) de forma efectiva al igual que los océanos. Podemos deducir que la conservación, restauración y creación de estos hábitats es útil a la larga para corregir los efectos climáticos, incluso son interesantes para prevenir inundaciones si somos capaces de generar una red de charcas ubicadas de forma estratégica para ello.

La importancia de su protección y estudio no es solo de forma individual, si no más bien como el conjunto que forman. Otro aspecto a tener en cuenta, es la adecuación de senderos naturales cerca de estas zonas húmedas para poder observar aves que usan dichos hábitats de forma permanente o temporal, y crear una zona de sensibilización, y docencia ambiental para la sociedad.

1.9.3- FACTORES QUE AMENAZAN LAS CHARCAS

El abandono de estas zonas húmedas está presente en toda Europa, en los últimos 50 años se ha visto como han desaparecido gran parte de ellas: en países como Francia, Bélgica, Holanda o Alemania han desaparecido más del 90 %; en Suecia y Polonia un 50 % aproximadamente y en España e Italia más del 60%. En la zona mediterránea las charcas son más vulnerables debido a su menor profundidad y extensión, haciéndolas más susceptibles a la contaminación, a los efectos del cambio climático, el drenaje y la destrucción debida a la acción del hombre.

La ganadería y agricultura intensivas y el abandono de prácticas tradicionales son algunos de los impactos ambientales producidos por la acción del hombre que afectan a su. La contaminación directa y la de los acuíferos que las alimentan, así como la sobreexplotación del agua para uso humano, la introducción de especies exóticas son otros muchos factores de ello y de la rarefacción de anfibios.

Estos ecosistemas acuáticos no cuentan con el mismo apoyo, tanto científico como normativo, que otros ecosistemas de agua dulce. Lo que lleva a que no exista tanta investigación destinada a su conservación y gestión, ni tanta protección legislativa. Algunas de directivas creadas con el fin de protegerlas, como la Directiva de Hábitats no ha propiciado iniciativas reales para su conservación y protección, como tampoco lo ha logrado la Directiva Marco del Agua, que pretende proteger todas las masas de agua, pero que se aplica de forma general a humedales de 50 hectáreas de superficie o superior. La mayoría de iniciativas para su protección y mejora se han desarrollado a partir de medidas de protección de especies.

Con iniciativas como el proyecto Life: Restauración de hábitats prioritarios para los anfibios, en cual participa la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, se pretende proteger a estos vertebrados y sus hábitats. Algunos de los principales objetivos que busca es la restauración de 55 puntos de agua, la creación de 23 reservas de fauna para anfibios y la implementación de una campaña de educación ambiental, entre muchos otros.

Tras estudiar varios de estos proyectos se puede concluir que las iniciativas adoptadas para la conservación de estos hábitats dan óptimos resultados aun teniendo presupuestos de bajo coste.



Figura 14- Charca eutrofizada por excrementos de ganado. Bassa del Mas de la Canalet, Vistabella del Maestrat
FUENTE: Vicente Sancho e Ignacio Lacomba (2010)

1.9.4- EL ECOSISTEMA DE UNA CHARCA

Las charcas forman un hábitat muy rico en biodiversidad, cuenta con plantas y animales adaptados tanto al medio acuático y como al medio terrestre. El ambiente creado en ellas es de vital importancia para anfibios y numerosos invertebrados acuáticos, algunos de estos individuos son de extrema rareza que solo se dan en él. Dado sus características como la estacionalidad, las convierten en ambientes frágiles y susceptibles de desaparecer de forma imperceptible para parte de la sociedad.

Existe una zonificación del entorno en función de la profundidad de la charca y de la capacidad de penetración de la luz en sus aguas (la turbidez o claridad de sus aguas es clave para ello). En las charcas poco profundas la luz penetra hasta el fondo permitiendo el desarrollo de las plantas acuáticas y el fitoplancton, base de su cadena trófica).

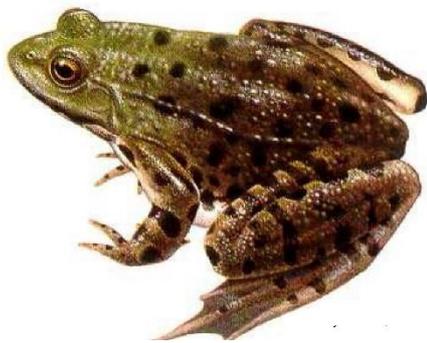
En las masas de agua de mayor profundidad existe una zona donde no llega la luz donde la producción de energía es compensada por la respiración. En el fondo de ésta existe la zona bentónica donde se llevan a cabo la mayoría de procesos de descomposición de materia orgánica.

Fuera de la charca se crea una zona litoral muy variable debido a las fluctuaciones del nivel del agua y la temporalidad de la misma. La franja creada es muy importante para su desarrollo, ya que en ella se llevan a cabo la mayoría de las interacciones entre los organismos que alberga este ecosistema. La relación existente entre las zonas húmedas y el entorno terrestre es fuente de intercambio de materia orgánica; además, los hábitats

terrestres que se originan dan refugio y alimentación a gran parte de los seres vivos que habitan en la charca, sobre todo a anfibios adultos y algunos insectos.

Dentro de la flora que podemos observar en las charcas están las algas verdes, la lenteja de agua, el lirio, el Jacinto de agua, las calas y los juncos. Dentro de la fauna existe una mayor diversidad de especies, dentro de los consumidores primarios podríamos nombrar a las pulgas de agua, el caracol, larvas de mosquito y renacuajos; como consumidores secundarios podríamos nombrar las larvas de libélula, las ranas, los sapos, los zapateros o tejedores o cangrejos, entre otros. Las tortugas o patos son consumidores terciarios de dichos ecosistemas, así como también lo son culebras y garzas. No podemos olvidarnos de la presencia de descomponedores de materia orgánica como bacterias y hongos que equilibran las funciones del ecosistema.

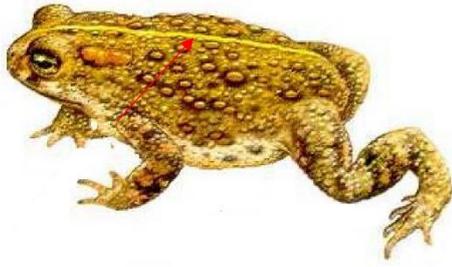
Dentro de los anfibios podemos destacar especies representativas de nuestra Península como la rana común (*Pelophylax perezi*), el sapo común (*Bufo bufo*), el sapo corredor (*Bufo calamita*), el sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*), el gallipato (*Pleurodeles walt*) y el sapo partero ibérico (*Alytes obstetricans*).



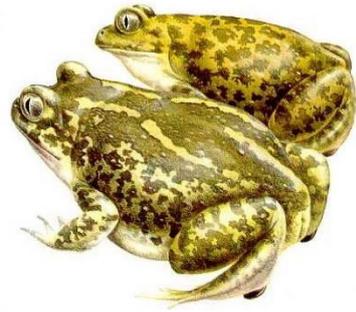
RANA COMÚN (*Pelophylax perezi*): Rana de tamaño medio a grande y color verdoso, muy ligada al medio acuático, le gustan las masas de agua permanentes



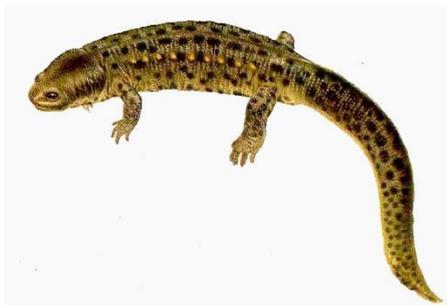
SAPO COMÚN (*Bufo bufo*): De gran tamaño y color pardo, se le reconoce fácilmente porque tiene el iris rojizo y las glándulas parótidas (ubicadas debajo de los ojos) muy marcadas; de hábitos terrestres, requiere masas de aguas tranquilas, permanentes y con vegetación para reproducirse.



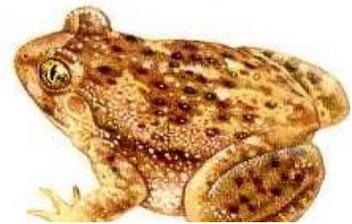
SAPO CORREDOR (Bufo calamita): Se desplaza corriendo, en lugar de a saltos. Suele tener una línea vertebral más clara y algunas verrugas color rojo o negro. Es capaz de reproducirse en aguas temporales de corta duración como cunetas, charcos, etc.



SAPO DE ESPUELAS (Pelobates cultripes): De color pardo oliváceo, a veces blancuzco, y pupila vertical. Se encuentra en terrenos blandos y arenosos (de fondos de lagunas), donde es capaz de enterrarse con las fuertes espuelas negras de sus patas traseras hasta un metro de profundidad.



GALLIPATO (Pleurodeles walt): Es el anfibio de mayor tamaño, pues alcanza hasta 30 cm. Es difícil de localizar porque suele permanecer escondido; prefiere aguas profundas, permanentes e incluso con fangos y turbidez. Cuando se siente amenazado, asoma los extremos de las costillas como si fueran espinas.



SAPO PARTERO IBÉRICO (Alytes obstetricans): De pequeño tamaño, piel color pardo o grisáceo y con manchas verdes, rojas y grises y pupila vertical. Tienen preferencia por suelos blandos, donde se entierran con sus patas delanteras, y por estructuras de aguas permanentes (como pilones y fuentes), donde los renacuajos pueden permanecer hasta un año. El macho transporta los huevos hasta su eclosión en el medio acuático.

Para entender mejor la importancia de las charcas se adjunta un esquema donde se visualiza la cadena trófica de éstas:

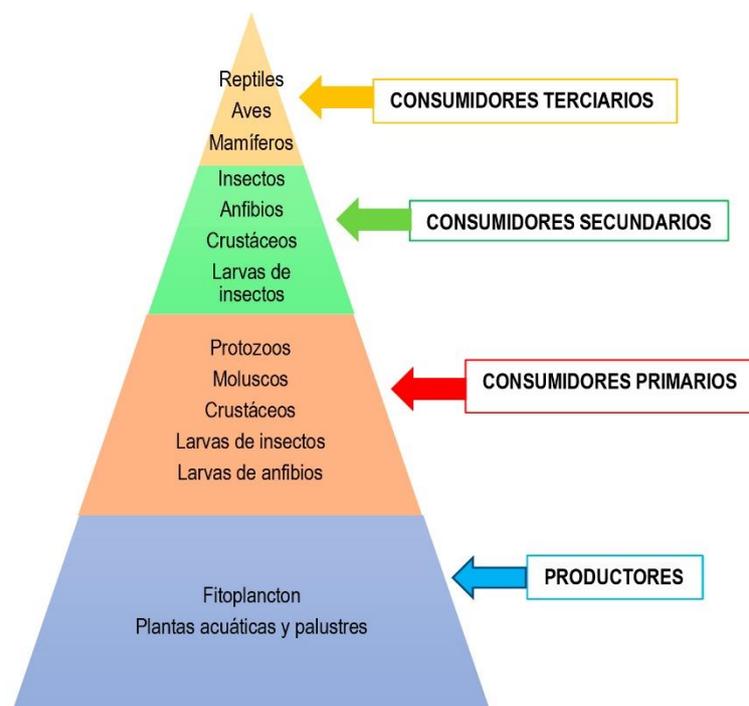


Figura 15- Esquema cadena trófica de una charca

1.9.5- LA SITUACIÓN DE LAS CHARCAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

La Conselleria de Medi Ambient llevó a cabo el Inventario de Puntos de Agua de Interés para la Conservación de la Biodiversidad entre 1996 y 1999, donde se catalogaron aproximadamente 4500 puntos de agua, incluidos fuentes, balsas y charcas. También se definía su estado de conservación, las especies presentes y las medidas de conservación a adoptar para cada una de ellas. A raíz de esto, se desarrolló el proyecto LIFE-Anfibios.

Las zonas de mayor densidad de charcas están en la meseta interior y zonas montañosas, debido a que la zona litoral está muy explotada, sobre todo en la zona interior de Castellón, en las comarcas de Los Serranos, Valle de Ayora y canal de Navarrés en Valencia y norte de la provincia de Alicante y sur de Valencia.

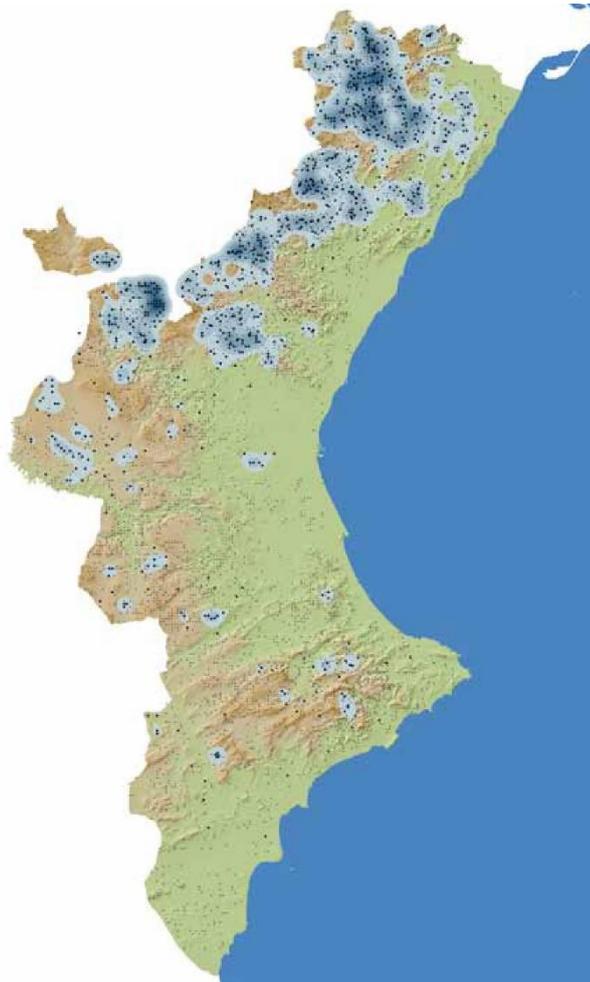


Figura 16- Distribución de las charcas temporales y zonas con mayor densidad
FUENTE Vicente Sancho e Ignacio Lacomba (2010)

1.9.6- NORMATIVA

Existen diversas disposiciones legales que intentan proteger las charcas temporales y las especies que habitan en ellas y la necesidad de reconocer su importancia. A continuación nombraré algunas de ellas:

- **Convenio Ramsar**

Es de los primeros tratados modernos de conservación y uso racional de los recursos naturales, promovido en 1960 por distintas organizaciones internacionales dedicadas a la conservación. Culminó en 1971 y entró en vigor en 1975, suscrito por España en 1982. Principalmente busca la conservación y uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y con la cooperación internacional. Cuenta con más de 158 países contratantes y 1830 humedales con una extensión global de 170 millones de hectáreas.

La Resolución VIII.33 sobre charcas temporales reconoce la importancia de dichos hábitats y clarifica su inclusión como humedales de importancia. Tras la resolución se pide a los países contratantes a que velen por el uso racional de las lagunas tem-

porales que tengan en sus territorios, respetando sus características específicas. En el Anexo I de la Resolución, se intenta dar unas pautas para la identificación, el manejo sostenible y designación de dichas lagunas temporales tales como:

- Normalmente las lagunas temporales son humedales de reducidas dimensiones (menos de 10 hectáreas de superficie) y poco profundos, caracterizadas por la alternancia de etapas de presencia de agua y sequía, y cuya hidrología es en gran medida autónoma.
- Las lagunas temporales pueden aparecer en muchas partes del mundo, pero están especialmente bien representadas en las zonas cársticas, áridas, semi-áridas y de tipo mediterráneo.

- **Directiva Marco del Agua**

Dicha directiva fue traspuesta a la legislación de España en el año 2000, por la Ley 62/2003. Su principal objetivo era establecer un marco de protección de las aguas continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Algunos de los objetivos que se perseguía con ella son:

- Prevención del deterioro adicional y protección y mejora de los ecosistemas acuáticos y terrestres, dependientes de éstos.
- Promoción de los usos sostenibles del agua
- Protección y mejora del medio acuático.
- Reducción de la contaminación de las aguas subterráneas.
- Paliación de los efectos de inundaciones y sequías.

- **Directiva de Hábitats**

La finalidad de la Directiva 92/43/CEE es la de establecer medidas que garanticen la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres. Para ello se recoge en su Anexo I los hábitats de interés comunitario, designando zonas de especial conservación y en el Anexo II la relación de especies o subespecies de interés comunitario, para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación.

Establece un sistema de protección de las especies silvestres, destinando su Anexo IV a identificar las especies de animales y plantas de interés comunitario que necesitan de una protección estricta a pesar de estar fuera de la Red Natura 2000. Esta normativa también se encarga de regular la explotación de las especies silvestres: en el Anexo V se incluyen las especies de interés comunitario cuya captura en la naturaleza y explotación pueden ser objeto de medidas de gestión, y en su Anexo VI muestra una lista de métodos y medios de captura y sacrificio prohibidos.

En el Anexo IV debemos destacar la inclusión de especies de anfibios como el sapo partero común (*Alytes obstetricans*), el sapo corredor (*Bufo calamita*), el sapo de espuelas (*Pelobates cultripedes*), comentados anteriormente y el sapillo pintojo meridional (*Discoglossus jeanneae*).

La Directiva crea una red ecológica coherente de zonas especiales de conservación con la Red Natura 2000, incluyendo las zonas de protección especial designadas por la Directiva de Aves (C.E.P.A)

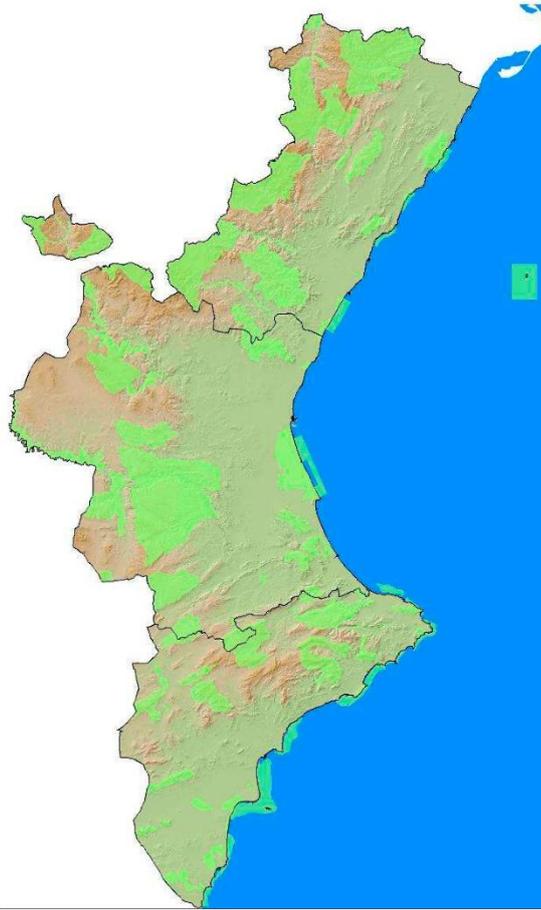


Figura 17-Mapa de lugares de interés comunitario de la Red Natura 2000
FUENTE: Guía metodológica de actuaciones de restauración de puntos de agua de restauración de puntos de agua en ecosistemas mediterráneos en ecosistemas mediterráneos, Generalitat Valenciana (2009)

Las charcas temporales mediterráneas son un hábitat comunitario prioritario (código 3170) según la Directiva Hábitats. Esto implica que requieren la designación de zonas de especial conservación, es decir que deben ser considerados como hábitats de conservación prioritaria.

- **Ley 11/1994, de Espacios Naturales Protegidos y Catálogo Valenciano de Zonas Húmedas**

En el artículo 15 de esta Ley se define zona húmeda como “...las marismas, marjales, turberas o aguas rasas, ya sean permanentes o temporales, de aguas estancadas o corrientes, dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales”. En 2002 se aprobó el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana por parte de la Generalitat. En él se incluyen algunas charcas y lagunas temporales.

A raíz de la mencionada Ley, la Comunidad Valenciana tienen una importante red de espacios naturales protegidos. Los espacios de mayor superficie son los Parques Naturales, que incluyen a su vez charcas temporales, al igual que algunos Paisajes Naturales Municipales y Paisajes Protegidos, que se consideran hábitats de interés para los anfibios, como El Pozo Junco (El Toro) Hort de Soriano (Carcaixent), entre otros.

En la Comunidad Valenciana también contamos con el Decreto 32/2004, del Consell de la Generalitat, que crea y regula un Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas, y establece las categorías y normas para su protección. En la siguiente tabla se intenta resumir la catalogación de anfibios presentes en la Comunidad Valenciana.

Especie	Catálogo nacional	Catálogo Valenciano	Convenio de Berna	Directiva Hábitats
Pleurodeles waltl	Interés especial	Vulnerable	Anexo III	-
Alytes obstetricans	Interés especial	-	Anexo III	Anexo IV
Discoglossus jeanneae	Interés especial	Vulnerable	Anexo II	Anexo IV
Pelobates cultripes	Interés especial	-	Anexo II	Anexo IV
Pelodytes punctatus	Interés especial	-	Anexo III	-
Bufo bufo	-	Protegida	Anexo III	-
Bufo calamita	Interés especial	-	Anexo II	Anexo IV
Rana perezi	-	Protegida	Anexo III	Anexo IV

Tabla 4- Categorías de protección de los anfibios de la Comunidad Valenciana

1.9.7- FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO DE LAS CHARCAS

El comportamiento hidrológico de las charcas es decisivo para su biología de la flora y fauna. La cantidad de agua y el tiempo que es capaz de retenerla en la cubeta es clave para que los organismos que habitan en ellas sean capaces de completar sus ciclos vitales.

Para determinar su comportamiento debemos tener en cuenta diferentes variables que le afectan siendo los parámetros más importantes los siguientes:

- **Parámetros de la cuenca hidrológica:** la cantidad de agua que llegue a la charca dependerá de la superficie de la microcuenca que vierte a ella y de la capacidad de absorción del terreno. Si el suelo es muy permeable no se generará tanta escorrentía de agua que alimente nuestra charca, lo que será necesario mayor precipitación para que llegue a ella.
- **Parámetros de la charca:** la capacidad de almacenaje dependerá de la extensión, de la profundidad y de la forma de la cubeta.
- **Parámetros climáticos:** los valores de las precipitaciones anuales, la evapotranspiración y el régimen de vientos serán claves para determinar el hidroperiodo de la charca.
- **Otros parámetros:** hay que tener en cuenta que en algunas zonas el agua de la charca puede ser ingerida por el ganado o fauna silvestre, que pueden acelerar su desecación en épocas cercanas a los meses de verano.

2- OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este TFG es la aplicación de distintos conceptos de Ingeniería Medioambiental para la creación de hábitats, en este caso charcas para la recuperación y protección de los anfibios. Los ecosistemas donde habitan estos pequeños invertebrados gozan de una rica biodiversidad, su declive y vulnerabilidad hace que sea prioritario su conservación.

Para alcanzar el propósito el trabajo se apoyará en distintas tecnologías e infraestructuras sostenibles. Se partirá del planteamiento de una solución para el saneamiento de las aguas residuales de tres viviendas unifamiliares planteadas en una parcela. La propuesta a desarrollar será la depuración de dichas aguas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial de flujo horizontal. El efluente obtenido a la salida del sistema tendrá calidad de agua suficiente para alimentar nuestra charca.

Se plantea también la creación de aljibes que capten y recojan las escorrentías de aguas pluviales generadas en los tejados de las viviendas. Se estudiará cuál es la solución más adecuada a dicho proyecto. El agua recogida en estas infraestructuras provisionará el caudal de agua necesario para la charca en caso de ser necesario. En épocas donde la acumulación de esa agua en los aljibes no sea necesaria para la alimentación del hábitat planteado, se plantea la posibilidad de hacer uso de ella para tareas como el riego de zonas verdes de las viviendas. Además de ser una garantía de aprovisionamiento, el agua de lluvia ayudará a bajar la salinidad de la charca, para alcanzar las condiciones óptimas del ecosistema.

Dentro de las actuaciones de preservación y protección de los hábitats para anfibios está la prevista en este estudio: la creación de una charca. Su construcción se llevará a cabo siguiendo una serie de recomendaciones y métodos sacados de las escasas guías publicadas. Siguiendo la bibliografía obtenida se tratará de asegurar la eficacia del nuevo hábitat.

Este trabajo quiere contribuir a la divulgación y concienciación de las prácticas para mantener la biodiversidad de los pequeños ecosistemas que sufren la presión de la actividad humana. Se persigue también la maximizar el uso del agua que disponemos y de realizar una gestión eficiente de ella.

3- DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Como se ha comentado brevemente en el apartado anterior, el estudio surge para dar salida al tratamiento de aguas residuales de unas viviendas mediante un sistema de depuración no convencional.

La parcela de la que se encuentra en Montecañada, urbanización de La Cañada (Paterna, Valencia). En ella se proyecta la construcción de tres viviendas unifamiliares con una parcela de algo más de 500 m². En ella se implantarán todos los componentes que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales escogido: la fosa séptica como tratamiento primario de las aguas grises, y las celdas que compondrán los humedales artificiales, así como el resto de elementos necesarios (tuberías de recogida de las aguas a tratar desde las viviendas hasta la fosa séptica, arquetas de distribución de éstas sobre los humedales, etc.)

El efluente recogido a la salida del sistema de depuración será conducido por una red de tuberías que lo transportarán hasta la zona donde se creará la charca.

Los aljibes se colocarán en la fachada de las viviendas, podrían soterrarse pero implicaría el uso de bombas para subir el agua almacenada hasta la tubería que la trasladaría hasta el punto de agua creado. se adoptará esta solución al ser la más viable económicamente, los aspectos estéticos de las viviendas no se verán afectados negativamente, ya que se buscará la propuesta que genere menor impacto visual.

El hábitat creado se implantará en una pinada cercana a la parcela, adoptando los aspectos técnicos y constructivos necesarios para su viabilidad. Se adoptara las medidas oportunas para su protección frente a fauna local y su uso recreativo no indicado.

A continuación se muestra un esquema conceptual que engloba las distintas actuaciones que se llevarán a cabo en este trabajo:

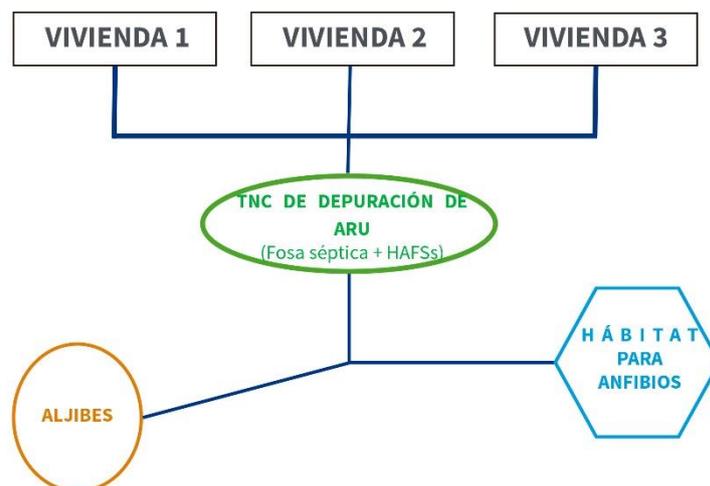


Figura 18- Esquema básico de la actuación

3.1- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

3.1.1- ENTORNO GEOGRÁFICO

Paterna es un municipio de la provincia de Valencia, situado a 5 km al norte de la capital, en la ribera izquierda del río Turia. Forma parte de la comarca de l’Horta integrada en el área metropolitana de Valencia. El término limita al norte con Bétera, al este con Godella, Burjassot y Valencia; al sur con Quart de Poblet y Manises y al oeste con Ribera-roja, la Eliana y San Antonio de Benageber.

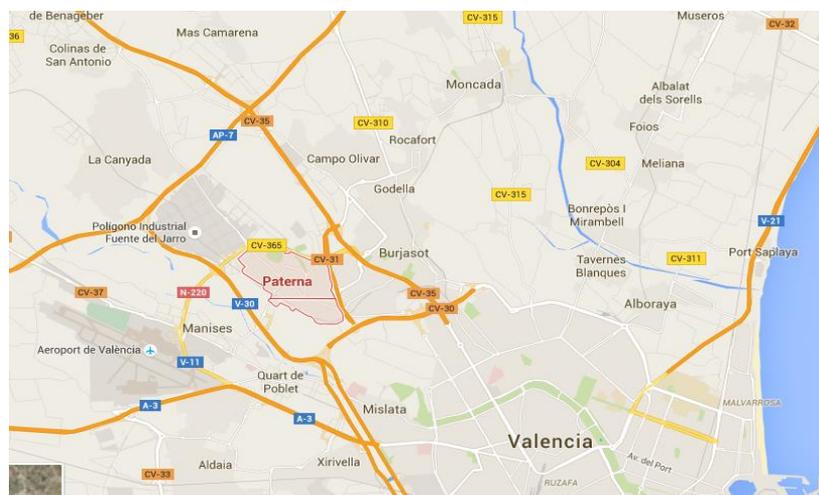


Figura 19- Imagen del municipio de paterna extraídas de Google Maps

A la población originaria se le unieron otros barrios y pedanías debido a su gran expansión, dando lugar a una simbiosis cultural y social en dicho territorio. El municipio de Paterna tiene 36.6 km² de superficie, contando con los distintos núcleos de población: Casco Urbano (Centro, Alborgí, Campamento, Santa Rita), La Cañada (La Cañada, El Plantío, *Montecañada*, La Vallesa), Mas del Rosari (La Coma), Terramelar, Llama Llarga (Valterna) y Bobalar (Casas Verdes, Cruz de Gracia y Santa Gemma).

El estudio se llevará a cabo en el barrio de La Cañada perteneciente a dicho municipio, con una extensión aproximada de 51'6 hectáreas, más concretamente en la urbanización de Montecañada; en una parcela de 2405'4826 m² de superficie en la que ubicaremos tres viviendas unifamiliares (39°32'10.71"N, 0°28'19.46"O); con una parcela construida de 491'1612 m² aproximadamente. Dicha parcela esta aproximadamente a 108 m sobre el nivel del mar.



Figura 20- Imagen de la localización de la parcela objeto de estudio.
FUENTE: Google Earth

El entorno en el que se encuentra presenta unas características complejas ya que consta de zonas urbanas y núcleos industriales; al igual que encontramos espacios naturales gracias al paso del río Turia, existencia de zonas boscosas y un humedal en La Vallesa. También se deberá tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el estudio el uso agrícola del suelo en la zona.

La implantación de los humedales artificial subsuperficial de flujo horizontal para el tratamiento de las aguas residuales se localizará en la parcela. El agua tratada se reutilizará con fines ambientales tal y como indica la normativa específica en este tema.

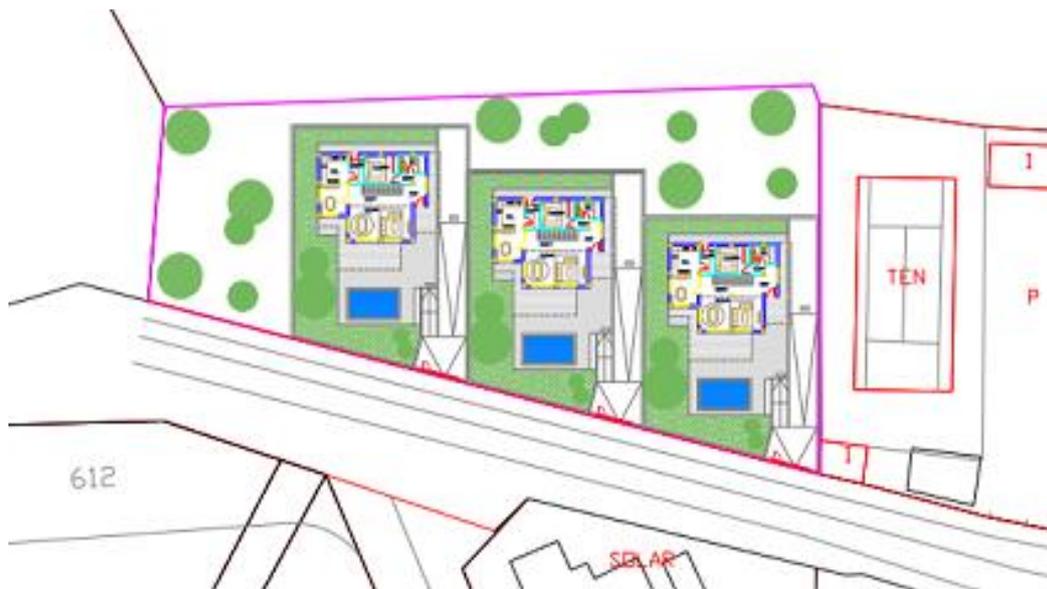


Figura 21- Plano de la parcela y las casas.
FUENTE: Calatayud | Arquitectura y Construcción

3.1.2- Climatología

El clima del ámbito de estudio es suave durante todo el año, característico del clima de la llanura litoral debido al efecto regulador del mar Mediterráneo, sobre todo en los meses más cálidos que representan un periodo estival seco y de elevada humedad relativa; con precipitaciones máximas en otoño. La temperatura media anual es de 17.6 °C, siendo el mes más frío enero con 10.5 °C y el mes más cálido agosto con 25.9 °C. La media anual de días de heladas es de 4.9, lo que indica la poca frecuencia de heladas en la zona.

La precipitación media anual es de 461 mm, lo que indica condiciones ombroclimáticas secas, según la clasificación de Rivas- Martínez. Según los datos obtenidos en la estación de Manises de "AEMET", se observa que la distribución de precipitaciones es la típica de climas mediterráneos, con un máximo en otoño (72 mm en octubre, el mes más lluvioso) y un mínimo en verano (12 mm en julio).

Los vientos más frecuentes son los del W con un promedio del 14,1 % y los de E con el 13,2 %. Durante los meses estivales predominan los vientos de componente E mientras que en otoño e invierno predominan los de componente W.

Con todo, se puede clasificar el clima de la zona como semiárido, mesotérmico, con poco o ningún superávit de agua en invierno. Los inviernos son relativamente suaves, con nevadas raras, y los veranos cálidos existiendo un claro predominio de los días de cielo claro sobre los cubiertos o nublados y dándose, en general, un clima más frío y seco que el de la capital debido a su mayor altitud y lejanía del mar.

En la tabla siguiente, obtenida por los datos de la estación meteorológica de “Aemet” en Manises, Valencia, la más cercana a nuestra área de estudio, podemos observar algunos datos climatológicos:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	10.5	15.8	5.1	37	66	4.0	0.2	0.3	0.6	2.3	8.4	176
Febrero	11.4	16.8	5.9	34	65	3.8	0.0	0.2	1.3	1.2	6.6	172
Marzo	13.6	19.3	7.8	30	61	3.3	0.0	0.1	0.8	0.4	6.7	220
Abril	15.5	21.1	10.0	40	59	4.7	0.0	1.1	0.4	0.0	5.1	238
Mayo	18.7	24.1	13.4	38	60	4.5	0.0	1.9	0.3	0.0	5.4	268
Junio	22.7	27.8	17.5	18	59	2.6	0.0	2.0	0.2	0.0	9.0	294
Julio	25.5	30.6	20.5	12	61	1.1	0.0	1.7	0.1	0.0	13.3	328
Agosto	25.9	30.8	20.9	16	63	2.0	0.0	2.3	0.1	0.0	10.0	292
Septiembre	23.0	28.0	18.0	63	65	4.8	0.0	3.1	0.1	0.0	6.6	236
Octubre	19.0	24.1	13.9	72	67	4.7	0.0	1.8	0.4	0.0	5.1	207
Noviembre	14.2	19.3	9.2	51	67	4.1	0.0	0.6	0.1	0.1	6.1	168
Diciembre	11.2	16.2	6.1	48	67	4.4	0.0	0.2	0.6	1.8	7.8	160
Año	17.6	22.8	12.4	461	63	43.9	0.2	15.5	5.1	4.9	92.5	-

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados

Tabla 5- Tabla de datos climatológicos de la estación de Manises
FUENTE: Aemet

A continuación muestro una tabla donde se pueden observar los datos climatológicos obtenidos en la serie de 10 años (2005-2015), correspondientes a las medias mensuales de la estación de Moncada, la más cercana al término de estudio, obtenidos del Servicio Valenciano del Riego (IVIA), añadiendo otros datos necesarios para llevar a cabo nuestro estudio como la evapotranspiración de referencia media. De este modo podremos obtener datos más reales sobre caudales de agua aportados a la charca que se quiere crear.

Mes	Tmed med (°C)	Tmed max (°C)	Tmed min (°C)	HR med (%)	Vmed (km/h)	ETo med (mm)	Ptotal (mm)	Radiacion media
Enero	8,71	15,73	3,11	64,48	3,94	36,89	21,48	7,34
Febrero	9,42	15,72	3,52	60,34	4,87	49,09	24,05	10,21
Marzo	11,70	18,14	5,82	59,93	4,40	74,66	35,52	14,46
Abril	14,14	20,14	8,31	63,03	4,05	94,97	29,05	18,31
Mayo	17,20	23,20	11,31	60,69	4,10	124,28	27,63	21,67
Junio	20,71	26,47	14,80	61,59	3,99	140,50	18,67	23,36
Julio	23,18	28,23	17,66	63,89	3,88	149,87	6,22	23,14
Agosto	23,12	28,45	17,73	64,46	3,59	129,37	15,52	19,86
Septiembre	20,40	26,28	15,28	65,67	3,52	92,57	47,46	15,69
Octubre	17,10	23,42	11,81	68,06	3,18	60,90	42,52	11,28
Noviembre	12,34	18,95	7,41	65,01	3,56	40,49	35,53	8,06
Diciembre	9,23	16,38	4,11	65,49	3,39	30,61	18,63	6,52

Tmed med Temperatura media
Tmed max Temperatura media de las temperaturas máximas
Tmed min Temperatura media de las temperaturas mínimas
HR med Humedad relativa media
Vmed Velocidad media
ETo med Evapotranspiración de referencia media
Ptotal Precipitación total

Tabla 6- Tabla datos meteorológicos de Moncada
FUENTE: SERVICIO VALENCIANO DEL RIEGO GVA. IVIA

3.1.3- Usos de territorio y economía

Paterna es un municipio cuyo uso del suelo es mayoritariamente declarado rústico, seguido del uso residencial, terciario y por último, industrial. El 32% del término municipal son zonas verdes, con 213 espacios verdes entre los que se destaca la Vallesa (espacio natural protegido). La vegetación que existe es mayoritariamente de secano con abundancia de algarrobos y olivos y un pequeño porcentaje de cultivo de regadío, destacando los cítricos y las hortalizas.

Las actividades económicas están claramente focalizadas al sector servicios (8'50%), seguida del sector industrial (16'60%) y la construcción seguida muy de cerca (14'00%), mientras solo un 0'90% está destinada al sector agrícola. Es por ello que se ven muchos polígonos industriales en dicho término municipal para dar cobijo a dichas actividades económicas.

3.1.4- Especies de anfibios en la zona con figura de protección legal

En el municipio de estudio se pueden destacar tres especies de anfibios con estado legal de protección. Con ello queda justificada la necesidad de creación de un hábitat para su conservación y fomentar su presencia en la zona.

Las especies con estado legal se muestran en la siguiente tabla:

Nombre científico	Nombre valenciano	Nombre castellano	Origen	Medio	Estados Legales
<i>Alytes obstetricans</i>	Tòtil	Sapo partero común	Autóctono	Terrestre	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Hábitats · Anexo IV Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial
Bufo bufo	Gripau comú, renoc comú	Sapo común	Autóctono	Terrestre	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Convenio de Berna · Anexo III
<i>Pelophylax perezi</i>	Granota verda	Rana común	Autóctono	Terrestre	Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Hábitats · Anexo V

Tabla 7- Especies de anfibios autóctonos de Paterna con Estados legales de Protección.
FUENTE: Banco de Datos Biodiversidad, Comunidad Valenciana

En el anexo correspondiente del trabajo se podrá encontrar las fichas completas de las especies de anfibios obtenidas por el Banco de Datos de la Biodiversidad de la Comunidad Valenciana.

3.2- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

Para dar solución al tratamiento de las aguas residuales generadas por las tres viviendas planteadas en la parcela de la urbanización, se propone lo que se conoce como Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal. La tecnología a utilizar es denominada como tecnología no convencional de depuración de aguas. De este modo conseguimos disponer de un sistema ambientalmente sostenible.

Los motivos por los que se adopta la implantación de esta TNC son los siguientes:

- Es una técnica adecuada para el tratamiento de aguas de viviendas aisladas, ubicadas en entornos rurales.
- De las experiencias anteriores en la implantación de estos sistemas se extrae rendimientos en la eliminación de la DBO_5 de un 80 % aproximadamente, de DQO y de SST del 60 %, de $N-NH_4^+$ del 20 % y de PT de al menos un 40%.
- La creación de los Humedales Artificiales se implantarán en la parcela rústica colindante a la parcela de las viviendas, aprovechando las pendientes del terreno para que el flujo de agua se produzca por gravedad, eliminando costes energéticos como el bombeo del agua.

- La vegetación que se plantará serán especies autóctonas de la zona: la enea.
- Es una solución que genera menor impacto ambiental, se puede conseguir una integración paisajística que incluso, añade valor paisajístico a la zona.
- Escasa generación de lodos en el tratamiento primario. Si se emplean fosas sépticas o tanques Imhoff, la retirada de los lodos se espacia en el tiempo.
- Se opera con elevados tiempos de retención, se toleran bien las puntas de caudal y de carga.
- Mínima producción de olores al no estar expuestas al aire las aguas a tratar en los humedales de flujo subsuperficial.
- Sencillez operativa, al limitarse las labores de explotación a la retirada de residuos del pretratamiento y al corte y retirada de la vegetación una vez seca.
- Posible aprovechamiento de la biomasa vegetal generada.

3.3- USO DEL AGUA REGENERADA

El efluente que obtenemos del proceso de depuración podremos reutilizarlo para distintos ámbitos en función de la calidad con la que salga. Los posibles usos vienen definidos en el R.D. 1620/2007 sobre las aguas regeneradas. La calidad del agua depurada se definirá atendiendo a los valores de determinados parámetros a estudiar como la cantidad de sólidos en suspensión que tenga, entre otros.

En el Anexo I A), se adjuntan en forma de tabla los valores máximos permitidos de dichos parámetros en función del uso que quiera darse a las aguas. En este estudio se busca usar el agua regenerada para alimentar un hábitat para anfibios.

Al consultar la normativa se observa cierta dualidad en la definición de uso del agua para nuestro fin. Si bien la creación de un nuevo hábitat acuático tiene un objetivo claramente medioambiental, puede entenderse en otro apartado de uso que no sea el medioambiental.

La creación de la charca se podría entender como la creación de una masa de agua a la cual está impedida el acceso del público al agua, perteneciente al uso recreativo del agua regenerada, de calidad 4.2. También es posible encajar el uso del agua en el uso ambiental grupo 5.4: otros usos ambientales. Por lo que ante la duda se deberá adoptar como propio el uso de agua que resulte más restrictivo, y se observará los valores máximos admisibles de los parámetros físico-químicos para el uso que competa, se pueden observar en la siguiente tabla sacada del Anexo I del R.D. 509/1996:

REQUISITOS PARA LOS VERTIDOS PROCEDENTES DE INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (1)	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 (a 20 °C) sin nitrificación (2).	25 mg/L O_2	70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.(3)	Muestra homogeneizada sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de cinco días de incubación a 20°C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO).	125 mg/ L O_2	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión (SS).	35 mg/L ⁽⁴⁾ de conformidad con el apartado 3 del art.5 R.D (más de 10.000 h.e) ⁽³⁾ 60 de conformidad con el apartado 3 del art.5. R.D (de 2000 a 10000 h.e) ⁽³⁾	90 ⁽⁴⁾ 90 de conformidad con el apartado 3 del art. R.D. (más de 10.000 h.e.) ⁽³⁾ . 70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D. (de 2.000 a 10.000 h.e.) ⁽³⁾	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje.

(1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

(2) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO_5 y el parámetro sustituto.

(3) Se refiere a los supuestos en regiones consideradas de alta montaña contemplada en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto-ley 11/1995.

(4) Este requisito es optativo

[Tabla 8]

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (1)	Método de medida de referencia
Fósforo total	2 mg/l P (10.000 a 100.000 h.e.) 1 mg/l P (más de 100.000 h.e.)	80	Espectrofotometría de absorción molecular.
Nitrógeno total (2)	15 mg/l N (de 10.000 a 100.000 h.e.) ⁽²⁾ 10 mg/l N (más de 100.000 h.e.) ⁽³⁾	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular.

- (1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.
- (2) Nitrógeno total equivalente a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO).
- (3) Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto 3 del apartado A) del anexo III. No obstante los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, de conformidad con el apartado A)1 del anexo III que se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso la media diaria no deberá superar los 20 mg/l N total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 °C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.

[Tabla 9]

Tablas 8 y 9 - Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamientos de aguas residuales urbanas

Con las tablas anteriores podemos acotar los valores límite que debe tener el efluente antes de su reutilización. En cuanto a la calidad de las aguas regenerada para el uso medioambiental 5.4 no están determinados en el R.D 1620/2007, según la legislación se estudiará en cada caso. Para el uso del agua clasificado como 4.2 la normativa sí fija los límites, que se muestran en la siguiente tabla:

CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
4.- USOS RECREATIVOS					
CALIDAD 4.2 a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. P : 2 mg P/L (en agua estancada)

Tabla 10-Anexo I.a: Criterios de calidad para la reutilización de las aguas regeneradas según sus usos
FUENTE: R.D. 1620/2007

4.- DISEÑO DE LA ACTUACIÓN

En el siguiente apartado se procederá al diseño de cada una de las infraestructuras detalladas en el estudio que compete a este TFG. De este modo se pretende explicar cada actuación que se debe seguir para alcanzar el objetivo.

4.1- DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL

La solución adoptada tiene un coste inicial mayor que los humedales artificiales superficiales (impermeabilización, provisión y colocación de gravas), pero tienen muchas otras ventajas frente a ellos. En la siguiente tabla se puede comparar los dos sistemas mencionados:

	FLUJO SUPERFICIAL	FLUJO SUBSUPERFICIAL
Tratamiento	Tratamiento de flujos secundarios (aguas ya tratadas por otros medios, ej. Lagunas, biodiscos, fangos activos, etc)	Para tratar flujos primarios (aguas pretratadas ej, Tanques Imhoff, fosas sépticas)
Operación	Opera con baja carga orgánica	Altas tasas de carga orgánica
Olor	Puede ser controlado	No existe
Insectos	Control es caro	No existe
Protección térmica	Mala, las bajas temperaturas afectan al proceso de remoción	Buena, por acumulación de restos vegetales y flujo subterráneo el agua mantiene temperatura casi constante
Área	Requieren superficies de mayor tamaño	Requieren superficies de menor tamaño
Costo	Menor costo en relación al subsuperficial	Mayor costo debido al material granular que puede llegar a incrementar el precio hasta un 30 %
Valor ecosistema	Mayor valor como ecosistema para la vida salvaje, el agua es accesible a la fauna	Menor valor como ecosistema para la vida, el agua es difícilmente accesible a la fauna
Usos generales	Son de restauración y creación de nuevos ecosistemas	Tratamiento de aguas residuales, principalmente para casas aisladas y núcleos menores de 200 habitantes
Operación	Son tratamientos adicionales a los sistemas convencionales (usadas para tratamiento terciario y mejora d calidad de agua)	Puede usarse como tratamiento secundario

Tabla 11- Cuadro comparación entre distintos sistemas de flujo de humedal.
FUENTE: "Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales" (V:A)

Dentro de los humedales artificiales subsuperficiales existen dos tipos: de flujo vertical y de flujo horizontal. Para este caso se ha optado por los últimos ya que los costes de mantenimiento son menores (movimiento del flujo por gravedad), y su operación es más sencilla (menor mantenimiento). Usaremos el humedal como tratamiento secundario de las aguas a depurar.

Para dar solución al tratamiento de las aguas residuales se ha elegido el sistema TNC de Humedal Artificial de flujo subsuperficial horizontal. Antes de proceder a la explicación de los distintos procesos que existen en este tipo de sistemas de depuración de aguas es necesario conocer los datos de partida del estudio, como el caudal del agua residual doméstica a tratar y sus características:

1. Cálculo del caudal de aguas residuales

Para calcular el caudal de ARU generadas por las tres viviendas partimos de una situación hipotética al no poder obtener datos reales del volumen de agua residual generada en nuestro caso. Al no disponer de datos reales nos basaremos en datos obtenidos por el INE. En el apartado de Agricultura y Medio Ambiente, en 2013 el consumo medio de los hogares de 130 litros por habitante y día por lo que se tomará ese dato como referencia:

DOTACIÓN AGUA PREVISTA			
	Número habitantes	Dotación (l/hab/día)	Nº días/año
Población anual	18	130	365

Según la guía que vamos a seguir entre el 80-90 % del agua abastecida se convierte en agua residual, por lo que se puede estimar una producción anual de aproximadamente 726 m³ de aguas residuales en total. El caudal medio de agua residual que entrará al sistema de depuración será de aproximadamente 2 m³/día. Al no tratarse de un núcleo urbano, no se tendrá en cuenta variación del caudal de aguas residuales en verano ya que el número de habitantes por casa se supone constante, y el uso de las piscinas en meses estivales se rechazará como agua generadora de dicho caudal, ya que no se pueden usar para la depuración. Otros caudales a tener en cuenta en el diseño son:

- Caudal medio horario ($Q_{med.h}$). Es el igual al caudal medio diario dividido entre las horas del día = $1'989/24 = 0.083 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal punta diario ($Q_{punta.d}$). Lo calculo multiplicando el caudal medio diario por un factor de al menos 3, teniendo en cuenta que no se trata de núcleos poblacionales = $5'97 \text{ m}^3/\text{d}$, aproximadamente 6 m³/ día.

2. Cálculo de la carga orgánica

Para poder diseñar correctamente el sistema de depuración de aguas es necesario realizar el cálculo de la carga orgánica del caudal que entrará al sistema. Para hallar dicho dato, asignaremos una carga orgánica de 60 g DBO₅/habitante, al tratarse de familias numerosas, y se considera que con niños pequeños. Por lo tanto, podemos obtener un valor aproximado de 394'2 kg DBO₅/año.

Una vez conocidos los datos de partida podremos diseñar y dimensionar los procesos necesarios que se llevarán a cabo en el tratamiento de las ARU.

A continuación se procederá a la explicación de las fases del proceso y al cálculo de los parámetros necesarios para su correcto diseño.

- **PRETRATAMIENTOS:**

Al tratarse de aguas residuales domésticas de tres viviendas unifamiliares, los *pretratamientos* como las rejillas y filtros no son necesarios, ya que se usará como tratamiento primario una fosa séptica. Normalmente estos dispositivos llevan integrados de origen esos filtros protectores. El objetivo de esta primera fase es separar toda la materia sólida superior a una determinada medida que podría ser perjudicial para los conductos y dispositivos de la instalación posteriores. El tanque de desengrase tiene como función retener las grasas y aceites contenidos en las aguas residuales; y es opcional en el caso de viviendas unifamiliares si están cerca de la fosa séptica, y minimizando la presencia de aceites y grasas en las aguas mediante la recogida en la cocina de éstos.

- **TRATAMIENTO PRIMARIO:**

Como se ha comentado, usaremos en el presente caso como tratamiento primario una fosa séptica común para las tres viviendas proyectadas. El agua a tratar entra por un extremo de la fosa y sale por el otro. Dispone de una separación interior que conforma dos cámaras: la primera y más grande, acumula las grasas y la mayoría de sólidos.

FOSA SÉPTICA

Las fosas sépticas están formadas generalmente por dos compartimentos: un *decantador* donde tiene lugar los procesos físicos de decantación de sólidos, y un *digestor*, donde tienen lugar los procesos biológicos y químicos.

En el *decantador* se lleva a cabo la separación de sólidos que contienen las aguas residuales por decantación, los más pesados se depositan en el fondo y las grasas y sólidos más ligeros flotan formando una especie de espuma en la superficie. Los lodos generados por la sedimentación son almacenados en el mismo tanque hasta su retirada, la descomposición de la materia orgánica disuelta en ellos genera un burbujeo que puede hacer que la decantación de sólidos no sea la adecuada; es por ello que suele estar dotado de un segundo

compartimento donde se dan unas mejores condiciones de decantación. Con su uso se puede reducir entre un 60 y 80 % el contenido de sólidos.

En el *digestor* se producen procesos de fermentación en condiciones anaerobias, sin oxígeno, y son las bacterias anaerobias las encargadas de descomponer la materia orgánica gasificando, hidrolizando y mineralizando. No se generan olores debido a que los gases generados (CO_2 , CH_4 , H_2S), se combinan con los metales presentes en los lodos dando lugar a sulfuros metálicos insolubles. Son procesos lentos, incompletos y generan malos olores. A la hora de elegir y dimensionar la fosa séptica se debe tener en cuenta, para su óptimo funcionamiento, factores como la calidad de las aguas residuales que entran, su pH, el caudal de agua a tratar, caudales punta, etc.

Los lodos que se generan en el fondo de cada uno de los compartimentos experimentan reacciones de degradación anaerobia, mineralizándose y experimentando una reducción de volumen, lo que permite que las fosas funcionen durante largos periodos de tiempo sin necesidad de purgar el excedente de lodos.

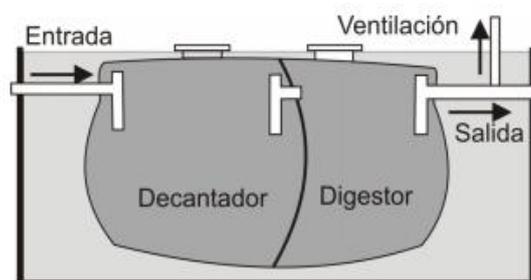


Figura 22- Fosa séptica.

FUENTE: "Diseño e instalación de sistemas autónomos de depuración. Gobierno de las Islas Baleares.

Existen distintos tipos de fosas dentro del mercado. Consultando catálogos nos encontramos con las **fosas sépticas con prefiltro biológico** como tratamiento primario. La justificación de usar este tipo de fosa es que en ella se realiza también un tratamiento secundario: las aguas claras, tras el paso por el decantador y digestor, pasan por el prefiltro biológico a través de una tubería que distribuye las aguas sobre el material filtrante, donde las bacterias aeróbicas/anaeróbicas siguen depurando los restos orgánicos del agua, dejando el efluente con una mejor calidad. No obstante, por experiencias anteriores, se ha valorado que no existe una mejora de las aguas que justifique su uso en casos parecidos al que compete este estudio.

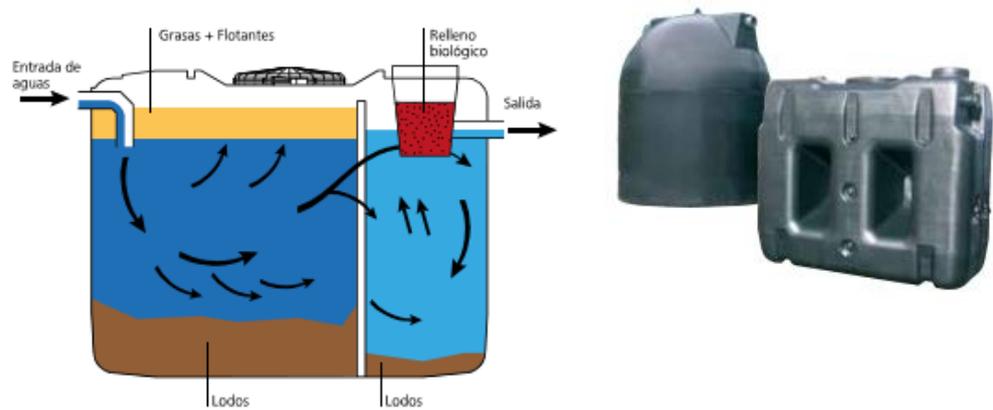


Figura 23- Fosa séptica con prefiltro biológico: funcionamiento y aspecto real.
FUENTE: Catálogo Roth de depuración de aguas residuales.

Por ello se elegirá una fosa séptica enterrada prefabricada normal de dos compartimentos. El material del dispositivo será de poliéster reforzado de alta resistencia química, mecánica y a la corrosión. La capacidad deberá ser acorde a los habitantes equivalentes de los que recibirá esas aguas residuales, según bibliografía consultada (Guía de Sistemas Autónomos de depuración, del gobierno de Islas Baleares), el volumen mínimo deberá de ser de 3000 l para una vivienda unifamiliar con capacidad máxima de seis personas, aumentando el volumen en 500 l por cada h-e adicional, por lo que partiremos de un total de seis personas por vivienda, dando lugar a una fosa de volumen de 9000 l mínimo, para dar servicio y asegurar el buen funcionamiento de dicho componente. Si consultáramos directamente los catálogos se observa que nos indican unas tablas dando la relación del volumen de la fosa con los h-e a los que puede abastecer. Para un número previsto máximo de 6 habitantes por vivienda deberíamos dimensionar el dispositivo para 18 personas, examinando un catálogo nos daría un volumen del dispositivo de 5000 l (según ficha técnica del catálogo de depuración de Roth, da servicio para 25 h-e).

Si el caso fuese de una pequeña población donde los caudales medios y los caudales punta se regularizan en cierta manera, podríamos guiarnos por los catálogos. Pero en este caso se trata de tres viviendas unifamiliares aisladas, y se debe tener en cuenta que los caudales punta pueden ser muy altos en determinados momentos (períodos vacacionales, fines de semana), debido a una mayor ocupación de éstas, haciendo que el tiempo de retención de las aguas residuales en la fosa no sea el suficiente para su correcto funcionamiento.

Para conseguir el correcto funcionamiento del dispositivo hay que tener en cuenta los siguientes condicionantes:

- Un contenido de nitrógeno amoniacal menor de 200 mg N/L, de forma que no se inhiba el metabolismo bacteriano.
- Un volumen de agua de dilución superior a 40 L/hab·día.
- El uso de un desengrasador cuando la concentración de grasas sea mayor a 150 mg/L, evitando que pasen a los humedales y obturen así el medio granular.

- Debe haber un resguardo libre sobre el nivel de agua, generalmente de 0,3 m.
- En las fosas enterradas, la capa de tierra no debe ser superior a 0,4 m para permitir un acceso fácil.

A continuación se muestra una tabla donde se observan los valores recomendados de los parámetros de diseño de fosas sépticas según el documento guía que se está siguiendo:

Parámetro	Valor recomendado
Volumen mínimo del agua + fangos	Qdiario < 6 m ³ /d.....V= 1,5 x Qdiario 6 < Qdiario < 40 m ³ /d.....V= 4,5 m ³ + 0,75 x Qdiario Qdiario > 40 m ³ /dTanque Imhoff
Altura útil del agua	Superior a 1 m
Resguardo (material flotante)	Superior a 0'25 m
Velocidad de acumulación de fango	0,5 L/hab·d
Periodicidad de vaciado de fangos	2-3 años
Compartimientos	2 (2/3 del volumen el primero y 1/3 el segundo) ó 3 (1/2, 1/4 y 1/4 ó, 1/3,1/3,1/3)
Tiempo de retención	<10 m.....2 días >10 m2 días mínimo: 1 día
Dispositivo de entrada	Tubería sumergida 0'30 m
Dispositivo de salida	Tubería sumergida mínimo 0,30 m y/o 40% de la altura del agua
Dimensiones (A= ancho, L=largo)	4·A>L>2·A

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se debe dimensionar la fosa de forma que al alcanzar caudales punta (que pueden ser tres veces mayores a los del caudal medio), el tiempo de retención del agua en ella sea de al menos 1 día. Adoptando una dotación media de 130 l/hab x día (datos INE), sale un caudal medio de 5'4 l/habitante, y teniendo en cuenta el factor del caudal punta mencionado anteriormente nos sale un volumen de fosa séptica de al menos 7021 l, para que con los caudales punta el tiempo de retención sea de al menos 1 día.

A este volumen se le debe añadir el volumen estimado de lodos que se generarán en el periodo de vaciado de fangos que se acumularan en el fondo (2-3 años). Si se toma como referencia que en un clima cálido se produce un volumen de lodos de 40 l / hab x día,, al volumen calculado se le sumará aproximadamente 3 m³. El volumen final de la fosa será de 10'1 m³ aproximadamente.

La altura de agua en la fosa debe ser mayor a 1 m y un resguardo mínimo de 0'5 m, por lo tanto se podrían adoptar las siguientes dimensiones de la fosa: altura de 1'4 metros, anchura de 1'9 m y largo de 3.8 m, cumpliendo así con lo indicado en la tabla anterior (valores recomendados de los parámetros de diseño de fosas sépticas).

• TRATAMIENTO SECUNDARIO

Para esta etapa de la depuración se hará uso de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal comentados. Hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas necesitan un flujo continuo de agua, y por lo que es muy importante su buen diseño. Para su diseño se adoptará la metodología descrita por García y Corzo (2008) y se partirá de los datos obtenidos al principio del apartado en cuanto a caudal y características de las aguas a tratar:

1. Resultado de la fosa séptica con filtro biológico.
2. Cálculo de la superficie del humedal a partir de la carga orgánica.
3. Cálculo hidráulico: determinación de la longitud y la anchura de las celdas del humedal.
4. Estimación de superficie total necesaria para su implantación. Detalles.
5. Estimación de costes.
6. Explotación y mantenimiento

1. Resultado de fosa séptica

Con los datos de caudales y cargas estimadas anteriormente se puede determinar las concentraciones de materia orgánica en el agua residual. La concentración de contaminante es de $461'54 \text{ mg/l}$, aplicando un rendimiento teórico de eliminación de DBO_5 de la fosa séptica del 50 % (rendimiento entre 40-60 %), nos da una concentración de efluente de $230'77 \text{ mg/l}$. por lo tanto, el agua que entrará en el Humedal Artificial contendrá dicha concentración de DBO_5 .

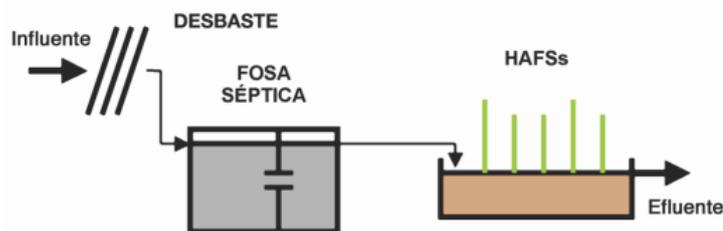


Figura 24- Esquema de funcionamiento del sistema de depuración
FUENTE: Salas, Pídre y Cuenca, CENTA (2007)

2. Cálculo de la superficie del humedal a partir de la carga orgánica.

Debemos cumplir que el efluente que sale del sistema sea menor o inferior a 25 mg/l (Directiva europea 91/271/CEE), y a partir de este valor máximo calcularemos la superficie necesaria del humedal para que se cumpla.

Debemos elegir en este punto el tipo de sustrato que usaremos, ya que su porosidad es parámetro necesario para realizar nuestros cálculos. Proponemos

el uso de gravas finas de tamaño efectivo D_{10} de 16 mm, y porosidad de 0'40 y con una conductividad hidráulica de 3500 d.

Para calcular la superficie usaremos la indicada en la metodología que estamos siguiendo hasta ahora:

$$S = \frac{Q}{k_A} \ln \left[\frac{DBO_{5,0}}{DBO_{5,1}} \right] \quad k_A = k_v \varepsilon h$$

S (m): superficie de humedal artificial.

Q (m³/d): caudal medio diario.

k_A (m/d): constante de velocidad de biodegradación de la materia orgánica en medio poroso.

ε : porosidad.

k_v (d⁻¹): constante de velocidad de biodegradación.

h (m): profundidad del lecho.

$DBO_{5,0}$: Demanda biológica de oxígeno en la entrada (mg/l).

$DBO_{5,1}$: Demanda biológica de oxígeno en la salida (mg/l).

Los que usaremos son los siguientes:

Q (m ³ /d)	2
ε	0'35
k_v (d ⁻¹)	0.35
H (m)	0.40
$DBO_{5,0}$	230
$DBO_{5,1}$	25

De este modo obtenemos una superficie de 90'1 m².

Ahora debemos comprobar que la carga orgánica superficial sea inferior a 6 g DBO_5/m^2 . En nuestro caso sale inferior (5'07 g DBO_5/m^2 d).

3. Cálculo hidráulico: determinación de la longitud y la anchura de las celdas del humedal.

Este cálculo sirve para dimensionar en longitud y anchura la celda, o celdas, que compondrán nuestro humedal artificial. Su superficie la deberemos sumar a la superficie calculada anteriormente.

Aplicamos la Ley de Darcy para establecer el flujo de agua a través de un medio poroso. A menor porosidad del medio, tendremos un flujo más homogéneo y que se aproxime más al descrito por dicha ley:

$$A_s = \frac{Q}{k_s \times s}; \text{ donde:}$$

Q (m³/d): caudal máximo diario.

k_s (m/m d): conductividad hidráulica.

A_s (m): sección del humedal en la dirección perpendicular al flujo.

s: gradiente hidráulico (m/m)

Se usan los siguientes valores, y se aplica una reducción de 5 a la conductividad hidráulica para prever la posible colmatación (factor de seguridad); obtendremos el resultado:

Q (m^3/d)	6
k_s (d^{-1})	3500
s (m/m)	0.005

La sección transversal que obtenemos es de $1'7 m^2$, y obtenemos una anchura de celda para el calado elegido ($0'4 m$), de $4'25 m$. Decido establecer dos celdas de 5×10 metros, obteniendo $100 m^2$ de superficie de humedal útil, alcanzando de este modo los objetivos de calidad propuestos. La configuración de 2 celdas del sistema nos asegura una mejor distribución del agua residual en el lecho de forma uniforme, y da flexibilidad al sistema durante su explotación.

4. Estimación de superficie total necesaria para su implantación. Detalles.

A dicha superficie calculada, se debe añadir la superficie necesaria para la creación de pequeños caminos de separación entre las celdas para permitir tareas de mantenimiento.

La ubicación ideal de los humedales es en una zona llana o de poca pendiente para que el agua circule por gravedad en todos los elementos, alejada de zonas de grandes pendientes o taludes susceptibles de ser erosionados, para que el material erosionado no entre en el sistema y lo colmate.

En este caso una de las ubicaciones planteadas es la colocación del sistema entre la parcela donde están ubicadas las viviendas y la parcela colindante, donde actualmente existe una pinada. La fosa séptica recogerá las aguas residuales de las tres viviendas y estará enterrada causando un impacto visual nulo.

La topografía de la ubicación elegida es prácticamente llana, y cumple con los requisitos mencionados en la guía utilizada para su diseño. En el siguiente plano se puede observar la ubicación del sistema y la colocación de las tuberías de recogida de las aguas residuales de las viviendas que alimentarán de forma conjunta la fosa séptica:

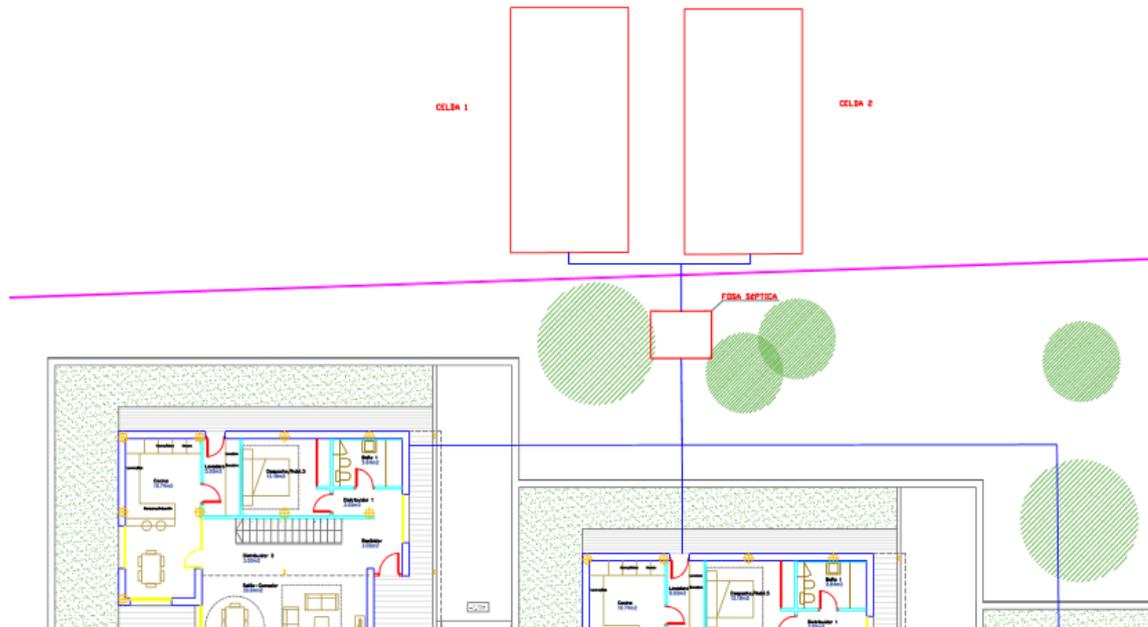


Figura 25- Plano ubicación del sistema: fosa séptica y celdas de humedales
FUENTE: Calatayud Arquitectura I Construcción.

Es muy importante que el caudal entrante a los humedales se reparta equitativamente en todo el ancho del sistema para no crear zonas muertas ni circuitos preferentes. Por ello es muy importante que se dispongan de sistemas de entrada y salida del agua que así lo garantice: arquetas de distribución y arquetas de salida.

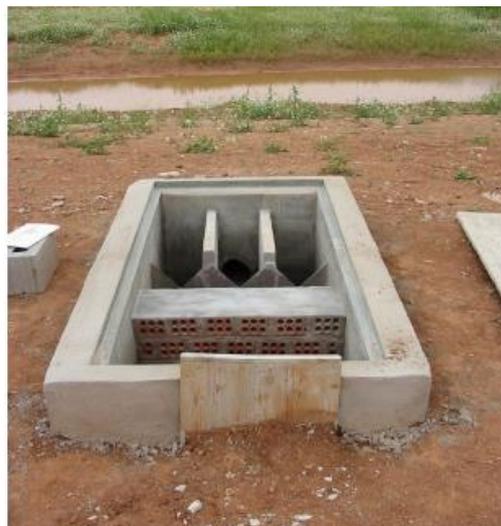


Figura 26- Arqueta de repartición, fase de construcción
FUENTE: "J.García, A.Corzo (2008)

El medio granular propiamente del humedal debe estar exento de finos, y debe ser duro, homogéneo, durable y capaz de mantener su forma a largo plazo. Debe también permitir un óptimo desarrollo de las plantas y biofilm.

La impermeabilización de las celdas es importante ya que aseguran que el agua de las celdas no se infiltre al terreno, pudiendo contaminar las aguas subterráneas. Este paso se llevará a cabo aplicando capas de arcilla compactada sobre el terreno tras su buena nivelación y compactación. Si fuera necesario se recurrirá a la colocación del geotextil para garantizar la buena impermeabilización y evitar problemas de infiltración.

La plantación que usaremos para los humedales será autóctona de la zona, entre ellas el carrizo (*Scirpus lacustris*), al ser una planta de crecimiento rápido. La distancia de plantación entre plantas será de aproximadamente de 0'6 m, con una penetración de las raíces en las gravas de 30 - 40 cm.



Figura 27- Tuberías de alimentación apoyadas en zona de cabecera
FUENTE: Sistemas de depuración en pequeñas poblaciones, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX



Figura 28- Aspecto de un Humedal Artificial Subsuperficial recién plantado
FUENTE: V.A,CENTA (2008)

5. Estimación de costes.

El coste final dependerá mucho del tamaño final de la instalación y del precio del sistema de tratamiento primario seleccionado, y por supuesto, del precio del terreno necesario para implantarlo. La obra en sí, es sencilla requiriendo mayor atención la nivelación del terreno, la impermeabilización y las obras de llegada y salida del efluente.

El coste de inversión de la fosa séptica podría estimarse entre 100-200 €/ h-e y gasto anual de explotación de 20-60 €/ h-e / año. En cuanto al coste de la implantación de tratamiento secundario de las aguas residuales (HAFSsH) podríamos estar hablando de unos 300 €/ h-e y de un importe en mantenimiento aproximado de 20 €/ h-e.

En la siguiente tabla se trata de hacer una estimación aproximada del coste de la instalación del sistema planteado. Los datos de referencia para el presupuesto de la implantación del Humedal Artificial se han sacado del artículo "Subsurface-flow constructed wetlands in Spain for the sanitation of small communities: A comparative study", y los datos de costes de la fosa de distintos catálogos de dichos dispositivos.

TIPO DE SISTEMA	COSTES DE CONSTRUCCIÓN (€/h-e)	COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (€/h-e)
HAFSs Horizontal	503	58
Fosa séptica	135	40

Se estima un gasto inicial de inversión total de aproximadamente 11.484 € y de 1.764 € anuales.

6. Explotación y mantenimiento

Su mantenimiento y explotación no requiere de necesidades especiales, pero sí de una inspección rutinaria y periódica por parte del encargado, sobre todo para asegurar el buen funcionamiento del tratamiento primario (fosa séptica) para evitar que los sólidos gruesos entren en el humedal y lo colmaten.

En el primer y segundo año es conveniente quitar a mano las malas hierbas hasta que el crecimiento de las plantas adecuadas sea el predominante. La poda de la vegetación implantada se hará una vez al año como recomendación, al finalizar otoño, dejando emergentes unos 10 cm de planta.

Otras tareas propias de su mantenimiento es la comprobación del sistema de alimentación, distribución e impermeabilización de los humedales, para asegurar el buen funcionamiento de éstos. De forma anual se deberá medir la permeabilidad del sustrato filtrante y prevenir y controlar posibles plagas en la vegetación y el humedal.

4.2- DISEÑO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Para completar y garantizar un caudal mínimo continuo de agua que alimente nuestra zona húmeda, hábitat para recuperación y conservación de especies de anfibios, planteo la construcción de un aljibe para recolectar el agua pluvial generada en las viviendas y aprovecharla para nuestro proyecto. El clima de la zona es considerado como un clima local de estepa, con pocas precipitaciones a lo largo del año y de forma torrencial (grandes descargas de agua en poco tiempo), lo que justifica la importancia de recolectar el agua pluvial de la zona para reutilizarla.

Para poder captar el agua de lluvia se necesita que las superficies expuestas a las precipitaciones permitan su escurrimiento, ya sea porque son superficies impermeables o porque su capacidad de absorción sea inferior a la de infiltración en el terreno con pendiente. En las viviendas, las zonas de captación normalmente son los techos impermeables. Mediante canalones en los tejados y canaletas las aguas pluviales son recogidas y conducidas al tanque de almacenamiento (aljibe). Los canalones tienen rejillas para evitar que entren en las bajantes partículas de tamaño mediano como hojas, que puedan obstruirlo.

A continuación describiré brevemente en qué consisten los distintos elementos que conforman un sistema de captación de aguas pluviales:

- **Área de captación:** es el lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia. El agua captada será transportada por el sistema de conducción.
- **Sistema de conducción:** el agua captada será transportada por éste hasta el depósito o aljibe.
- **Sistemas de filtración:** la existencia de filtros eliminará el polvo y otras impurezas que contenga el agua; servirá con un sistema de filtrado básico (eliminación de impurezas más gruesas).
- **Depósito o aljibe:** el agua será almacenada en el depósito que tendrá un tamaño adecuado a la pluviometría esperada de la zona, será de un material que permita la correcta conservación de la calidad del agua, antiguamente eran aljibes de obras de fábrica, aunque actualmente también disponemos de depósitos de materiales plásticos especiales para dicha misión que pueden ir enterrados y en superficie.

Los depósitos de agua deberán tener el volumen adecuado e impedirán la entrada de luz (para que no proliferen algas) y de animales. Será de hormigón prefabricado o de polietileno, me decantaré por el depósito de polietileno por su menor complejidad en la instalación.

A la hora de elegir las dimensiones del depósito debemos tener en cuenta distintos factores como la precipitación media de la zona, la posible superficie de captación y evapotranspiración media de la zona.

Para calcular el dimensionamiento del sistema se seguirá la “Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en edificios”, de Aqua España.

1. CAPTACIÓN

1.1 Superficies de captación:

Las superficies de captación son aquellas que, salvo por operaciones de mantenimiento, no son transitables. Pueden ser diversas (distintos tipos de tejado), por lo que hay que considerar el efecto que a nivel cuantitativo y cualitativo que producen en el agua recogida.

A nivel cualitativo hay que tener en cuenta las limitaciones de los tejados verdes (aportación de nutrientes), los tejados asfálticos (aportación de hidrocarburos) o los tejados metálicos (aportación de iones metálicos), así como las limitaciones según las normativas específicas de los tejados de fibrocemento o amiantos. A nivel cuantitativo, expresando en tanto por uno su eficiencia, toman los siguientes coeficientes de escorrentía en función del tipo de tejado:

Tejado duro inclinado	0'8 a 0'9
Tejado plano sin gravilla	0'8
Tejado plano con gravilla	0'6
Tejado verde	0'3 a 0'5
Superficie empedrada	0'5 a 0'8
Revestimiento asfáltico	0'8 a 0'9

En este caso se trata de un tejado inclinado duro, por lo que su factor de escorrentía (F) será de 0.9.

1.2 Conducciones / Canaletas

El material de estos elementos no debe ser fácilmente alterable ni alterar la calidad del agua que transporta, recomendando usar materiales reciclables.

Las conducciones verticales pueden colocarse en el interior o exterior de la vivienda, en este caso se colocarán en el exterior, para facilitar las labores de mantenimiento y no afectar al diseño de la vivienda.

2. FILTRACIÓN

Se puede distinguir entre tres tipos de filtros en función de su ubicación:

- Tipo U1. Filtros para la instalación en bajantes
- Tipo U2. Filtros para la instalación en las cisternas
- Tipo U3. Filtros para la instalación individual (en arquetas, enterradas o en superficie).

Con respecto al principio de funcionamiento existen dos tipos básicos:

- Tipo F1. Filtros con expulsión de la suciedad "Autolimpiantes"*
- Tipo F2. Filtros con acumulación de la suciedad

Para este caso se elegirá un U1/ F2, Filtros de bajantes por coste y mantenimiento y al obtener con ellos buenos rendimientos (80 % - 90 %)

3. ALMACENAMIENTO

A parte de las consideraciones básicas descritas al principio de este apartado (proteger el agua de la luz solar, evitar el ingreso y ataque de insectos y roedores, etc); el punto más importante para el diseño del sistema de captación es el dimensionado del depósito.

El volumen de la cisterna dependerá de tres factores: la superficie de captación, la precipitación media anual de la zona a ubicarlo y la demanda exigida del sistema (demanda del uso del agua de lluvia).

3.1. Cálculos

Los cálculos se realizarán con la siguiente formulación abreviada:

- AGUA QUE PODEMOS RECOGER ANUALMENTE (A)

$$A = F \times M \times P$$

Siendo F el factor de escorrentía, en este caso 0'9, M la superficie de recogida en metros cuadrados (110 aproximadamente por vivienda), y P la pluviometría anual media de la zona (461 mm/año, o lo que es lo mismo 461 l/m²/año), nos sale un volumen de 45.639 litros anuales.

- NECESIDAD DE AGUA RECOGIDA (N)

El volumen anual de agua pluvial esperado es de 45.639 litros por vivienda, lo que nos da un total de 136.917 litros. Si la necesidad de agua requerida para la creación del nuevo hábitat es de apoyo al caudal recogido por el sistema de depuración, cumple de sobra con las necesidades. De este modo, si existe excedente del agua recogida por el sistema de captación en relación a la requerida para la charca, puede ser usada por los habitantes de las viviendas para realizar actividades que no requieran calidades de agua potable, fundamentalmente para riego de zonas ajardinadas de la vivienda.

Podemos estimar un volumen del depósito de 2500 a 3000 litros, teniendo en cuenta el agua que podríamos recoger de los tejados de las viviendas. Este volumen se ha incrementado un 20 % debido a que no se utiliza el volumen muerto del fondo de la cisterna que contiene sedimentos.

Dicho depósito se colocara en una de las fachadas de las viviendas con dimensiones de 3 metros de ancho, por 2 metros de altura y 0'5 metros de profundidad. Cada vivienda dispondrá de su propio aljibe colocado en superficie para que el agua se distribuya por gravedad a la charca, y contara con un grifo al que se le podrá adaptar una manguera para el riego de zonas verdes, en caso de por no ser requerida para el hábitat de anfibios.

El precio estimado para un depósito de agua destinado a la recogida del agua de lluvia de volumen de 3000 l es aproximadamente 2.700 €. Existe gran variedad de depósitos, desde los más básicos y sencillos a otros con función decorativa como en la foto anterior.



Figura 29- Ejemplo de depósito de agua para recogida de aguas pluviales en superficie.

FUENTE: Empres GRAF

3.2 Explotación y mantenimiento del sistema

Este sistema requiere de un mantenimiento y control para mantener la calidad del agua almacenada. Por ello se realizara un mantenimiento periódico del sistema, al menos una vez al año, con los siguientes puntos clave:

- Captación. Revisión de cubiertas, canaletas y bajantes (estado de conservación y evitar posibles obturaciones y suciedad).
- Revisión periódica del estado de conservación y limpieza del equipo de descarte de primeras aguas, en caso de que se disponga.
- Filtración. Revisar y limpiar periódicamente el dispositivo filtrante.
- Almacenamiento. Revisión de la cisterna y sus equipos (en especial rebosadero y válvula de pie) para verificar necesidades de limpieza y estado de conservación.
- Equipos del sistema de distribución.
- En caso de disponer de un sistema automático de desinfección se debe comprobar periódicamente su correcto funcionamiento.
- En caso de detectar malos olores se recomienda una limpieza o desinfección y el origen del problema y las acciones correctivas para evitar que se reproduzcan.



- | | |
|---|--|
| 1 → Bajante de pluviales. | 6 → Rebosadero |
| 2 → Entrada de las aguas filtradas a los Depósitos. | 7 → Toma para riego y otros usos |
| 3 → Filtro de pluviales. | 8 → Evacuación de las aguas que no se han almacenado |
| 4 → Difusor de entrada ralentizador. | 9 → Infiltración de las aguas evacuadas |
| 5 → Unidad de aguas pluviales. | |

Figura 30- Esquema de instalación del sistema de captación de aguas pluviales en superficie
FUENTE: Catálogo Bricolaris.

4.3- HÁBITAT PARA ANFIBIOS

Existen diversas actuaciones para la protección y conservación de los anfibios y sus hábitats. Dichas actuaciones se han estudiado durante el desarrollo del proyecto LIFE “Restauración de Hábitats Prioritarios para los Anfibios”, ya mencionado en el trabajo.

Teniendo en cuenta el tipo de punto de agua sobre el que se quiere actuar y su problemática se plantean distintas acciones a llevar a cabo para su protección, conservación o creación. La tabla que se muestra a continuación muestra para cada tipo punto de agua las diferentes actividades a desarrollar. En la tabla se distinguen entre las acciones a aplicar de forma necesaria (X) y las que se pueden aplicar de forma opcional (O).

ACTUACIÓN	UNIDAD DE OBRA									
	RETIRADA SEDIMEN- TOS	INSTALA- CIÓN RAMPAS	RECUPERA- CIÓN APORTES	ELIMINA- CIÓN EXÓTI-CAS	SEÑALÉTI- CA	VALLA- DO	INSTALA- CIÓN REFUGIOS	RESTAURA- CIÓN MÁRGENES	CONTROL EROSIÓN	BARRE-RAS ANFIBIOS
Creación de una charca			X		O	O	X			
Restauración de charcas	X		X	O	O	O	O	X	X	O
Fuentes y abrevaderos	X	X	X	O	O		O			
Prados húmedos			X	O	O		X			O
Protección de charcas					X	X				
Depósitos extinción incendios	O	X			O	X	O			
Balsas de riego	O	X		O		O	X	O	O	O
Creación de charca temporal			X		O	O	X			O
Humedales litorales	X		X	O	O	O	O	O		
Canteras y graveras	O	O	X	O	O	O	X	O	O	O

Tabla 13- Actuaciones descritas en el manual y tipo o unidades de obra a realizar en cada punto de agua
FUENTE: Sancho e I. Lacomba (2010)

En este proyecto se ha decidido crear una charca para anfibios en la pinada existente en la parcela colindante a la parcela de estudio, donde se encuentra las tres viviendas. El nuevo hábitat será abastecido de agua gracias al efluente procedente del humedal artificial comentado anteriormente. Debemos tener en cuenta que el caudal de agua a reutilizar no corresponde de forma exacta al que entra a dicho sistema. Al construir los humedales se deberá descontar el caudal perdido por la evapotranspiración de las plantas y sumarle la precipitación pertinente. Teniendo en cuenta los datos meteorológicos recabados por el Servicio Valenciano de Riego (IVIA) en la tabla 6, se puede estimar la reducción del caudal de entrada hasta en unos 700 l/día en verano. De esta forma se estima que en verano el caudal disponible para abastecer la charca pueda reducirse de 2000 m³/día a 1300 m³/día. La evapotranspiración del agua propia de la charca, debido a los factores ambientales y la flora que en ella se instalará, se considera nula ya que la superficie de la zona húmeda es mucho menor respecto a la de los humedales.

La reducción de caudal disponible procedente de los humedales en la época estival podría comprometer el abastecimiento del nuevo hábitat, no llegando a alcanzar las condiciones exigidas por los anfibios. Por ello el agua pluvial recogida en los aljibes de las viviendas juega un papel clave en el éxito de la propuesta planteada. Usando esta técnica milenaria de recuperación de agua pluvial suplimos el déficit de agua para la charca garantizando así su viabilidad en el futuro.

Finalmente el agua recogida por los aljibes de las viviendas y el agua de la depuradora será la que alimente el nuevo hábitat. Para ello contaremos con un caudal medio de abastecimiento de 1675 l/día en época estival y en épocas de menor evapotranspiración de las plantas de aproximadamente de 2275 l/día; más que suficiente para mantener las condiciones requeridas por los anfibios en la charca.

Con la construcción de la charca se pretende que los anfibios la colonicen de forma natural y la usen como hábitat para su reproducción. Esta actuación es de dificultad baja, pero de alta durabilidad y coste, por eso es importante estudiar bien el proyecto.

4.3.1- DISEÑO DE LA CHARCA

Antes de empezar a diseñar y construir la charca debemos tener en cuenta algunos conceptos previos a la descripción de las acciones que se van a llevar a cabo en la creación de la zona húmeda para garantizar el resultado de ella.

Una regla general en el diseño de una charca experimental es que cuanto peor sea la calidad de agua que la alimenta menor será la profundidad de la charca. La razón de dicha regla es que la mayoría de las plantas acuáticas que viven en profundidad no toleran las aguas sucias o contaminadas.

Para llevar a cabo la construcción del nuevo hábitat se debe seguir unos pasos para conseguir un óptimo resultado: elección del lugar, diseño de la charca, y criterios de construcción, la creación de una zona periférica de protección de la charca.

También se debe estudiar el uso que se le dará a la zona húmeda por parte de las personas y por el resto de fauna para asegurar su viabilidad en el futuro. En este caso el acceso a la charca será exclusivo para la flora y fauna propia del ecosistema, es decir, el acceso a ella estará restringido al público para usos recreativos, así como estará restringido su uso por parte de la ganadería.

1. ELECCIÓN DEL LUGAR

Elegir bien la ubicación reducirá gastos, esfuerzos y minimizará las tareas de mantenimiento. Existen ciertas pautas a tener en cuenta a la hora de seleccionar la ubicación de la charca:

- Elegir una zona con superficie suficiente para que la charca tenga el tamaño, la pendiente y la forma adecuada.
- La charca puede ser permanente si existe una fuente o manantial cerca.
- Previamente se deberá recaudar la autorización del propietario del terreno, ya sea público o privado.
- Se debe asegurar que los terrenos donde se va a llevar a cabo la actuación no albergan valores ecológicos, arqueológicos, culturales, etc.

Este paso es el más importante de todos ya que de él dependerá que la charca sea eficaz para su objetivo: que sea colonizada por los anfibios de forma natural y que hagan uso de ella para su reproducción y completar su ciclo vital.

Para seleccionar el lugar adecuado se deberá tener en cuenta determinados factores de la zona:

- **ECOLÓGICOS:**
En la zona de estudio existe presencia de especies de anfibios con algún tipo de protección legal, por lo que es prioritario crear espacios adecuados para su reproducción y favorecer la conexión entre poblaciones aisladas. La charca en sí sería una infraestructura verde que ayuda a crear corredores ecológicos entre especies y lugares.
- **HIDROLOGÍA:**
Conocido el origen del agua que alimentará el ecosistema, en este caso el agua procedente de los aljibes y de la depuradora, se puede garantizar la presencia de agua en los periodos donde se prevé que los anfibios ocuparan la charca (periodos de reproducción y de fase larvaria).
- **GEOMORFOLOGÍA DEL TERRENO:**
Este factor condicionará mucho la creación de la charca:
 - *Pendiente:* cuanto mayor sea, mayor será la erosión y mayor será la dificultad a la hora de retener agua y llevar a cabo las obras.
 - *Tipo de suelo:* si el suelo es muy permeable se deberá impermeabilizar para evitar la infiltración.
- **SOCIO-CULTURALES:**
El promotor debe contar con la autorización. Si la acción se lleva a cabo dentro de un Espacio Natural Protegido se deberá contar con los permisos pertinentes de la administración ambiental.

También es conveniente realizar entrevistas a los usuarios y habitantes del entorno para conocer distintos aspectos de la zona.
- **TERRITORIO:**
Saber la superficie disponible para la implantación de la charca o conjunto de charcas es importante. También conocer los puntos de reproducción próximo a la zona de anfibios es importante para que la charca creada no sea una charca aislada.

También se deberá tener en cuenta la cercanía de la charca a las zonas urbanas, carreteras y otros elementos que son elemento de riesgos para los animales.

Que en la zona de implantación del ecosistema se den las condiciones adecuadas es muy difícil, pero existen soluciones para evitar o minimizar los efectos negativos que puedan causar la presencia de factores inadecuados.

En este caso la charca se ha considerado ubicar en la parcela contigua a la de las viviendas, alejada de las viviendas cercanas y del sistema de humedales aproximadamente 18- 20 metros, para favorecer la colonización de la charca al dotarla de cierto aislamiento de factores que degraden el nuevo ecosistema. El

volumen de la primera charca es aproximadamente de $1'8 \text{ m}^3$ y una segunda temporal de $0'5 \text{ m}^3$.

La topografía del terreno es suave, con poca pendiente, lo que beneficia la creación al no ser una zona muy erosionable. En la zona donde se piensa instalar las charcas existen pequeñas diferencias de cota, apenas unos metros, que se aprovechará para la creación de la segunda charca temporal a menor cota que la permanente. Actualmente existen pinos en la parcela, por lo que se pedirá permiso al ayuntamiento para usar parte de ella para implantar los humedales artificiales y la charca, dado que es un proyecto de mejora de la biodiversidad del lugar. En el área de estudio se pueden encontrar calizas lacustres del Mioceno Superior, areniscas y margas del Mioceno. Por lo tanto es conveniente impermeabilizar la charca.



Figura 31- Situación de las charcas en la parcela objeto de estudio
FUENTE Google Earth



Figura 32- Situación de las charcas en la parcela objeto de estudio
FUENTE Calatayud Arquitectura I Construcción

2. DISEÑO DE LA CHARCA

Algunos principios básicos en la morfología de la charca pueden ser cruciales:

- Mejor crear un conjunto de charcas de distintas tipologías para favorecer la invasión de especies de anfibios con necesidades diferentes. De este modo se aumentará la biodiversidad de la zona húmeda creada.
- Favorecer el perímetro, creando orillas y zonas de litoral lo más amplias y onduladas posibles.
- Crear taludes muy tendidos y orillas de poca pendiente (menor de 12°), así se facilitará la entrada y salida de los anfibios.
- Tener en cuenta el uso del suelo del entorno, en este caso es una pinada.
- Diseñar la actuación para que su mantenimiento a largo plazo sea mínimo.
- Adecuar las condiciones de la charca a los anfibios que se prevé que la colonicen.

Se debe tener en cuenta las características del terreno donde se va a ubicar y las necesidades de la charca:

2.1. Adecuación de la charca al terreno:

- Se debe evitar excavar demasiado, evitando grandes movimientos de tierra. Los anfibios usarán las irregularidades del terreno como refugio. Por ello no se uniformizarán los márgenes, como tampoco se crearán formas muy sinuosas y complicadas que dificulten el flujo del agua y favorezca la aparición de mosquitos.
- Se debe mantener la cobertura vegetal existente, evitando que en las cercanías de la charca existan árboles de hoja caduca que puedan con su caída colmatar la charca. En este caso los árboles existentes son pinos. Si fuera necesario serían replantados en zonas algo más alejadas del hábitat, de forma que no genere demasiada sombra en éste y dificulte la evolución natural del ecosistema.
- Se impermeabilizará la charca mediante la colocación de una lámina de giscolene (4). Para evitar que se pinche o deteriore, se extenderá la lámina sobre el terreno liso, seco y sin asperezas. Se deberá limpiar previamente el terreno de piedras y rellenar con una capa de arena de río.

Para que la lámina de giscolene no se aprecie y cause impacto visual, se colocará encima geotextil y sobre éste una capa fina de arena (5 cm), útil también para que la vegetación acuática colonice más fácilmente.

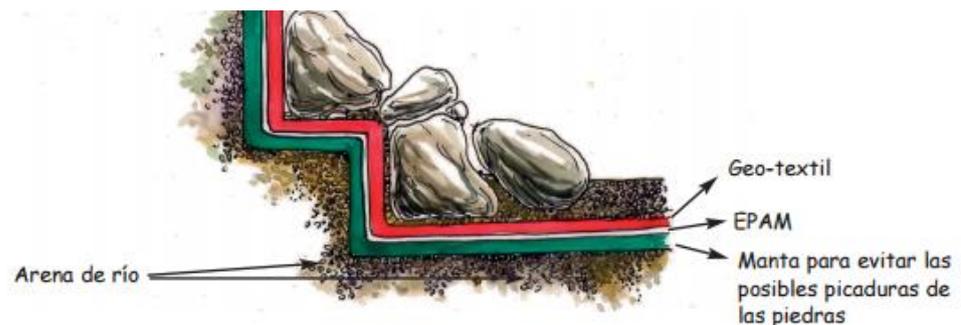


Figura 33- Ilustración de la impermeabilización de la charca
FUENTE: Manual de creación de charcas para anfibios (2007)

2.2. Tamaño y profundidad de la charca

Teniendo en cuenta los anfibios que se pretende que colonicen la primera charca permanente se puede crear una charca cónica para que la permanencia del agua en ella sea mayor. Las dimensiones serían aproximadamente de 2 metros largo por 1'5 metro de ancho, con profundidad de 60 cm. Se han elegido dichas dimensiones en función del número de especies e in-

(4) lámina o membrana impermeable de caucho EPDM (caucho de etileno polipropileno dieno o caucho de etileno). Son atóxicas y están libres de nitrosaminas. Se disponen en distintos grosores y medidas y tienen una gran flexibilidad, adaptabilidad y durabilidad.

dividuos que se prevé que la colonicen. La profundidad se ha determinado en 60 cm atendiendo sobre todo a los requerimientos del sapo común que necesita profundidades mayores a los 50 cm para considerar apta un hábitat para su reproducción.

Como se ha comentado ya, es conveniente crear un conjunto de charcas con distintas características para atraer a mayores números de especies, tanto de flora como de fauna, y enriquecer de este modo la biodiversidad del ecosistema creado. En este caso se ha planteado crear una segunda charca de menor dimensión (1 x 1 x 0'5 m), que tenga carácter temporal de agua. Este segundo hábitat estará colocado a continuación de la primera charca y se alimentará del excedente de la misma, moviéndose el agua por gravedad con un pequeño salto de altura de poco más de 1 metro.

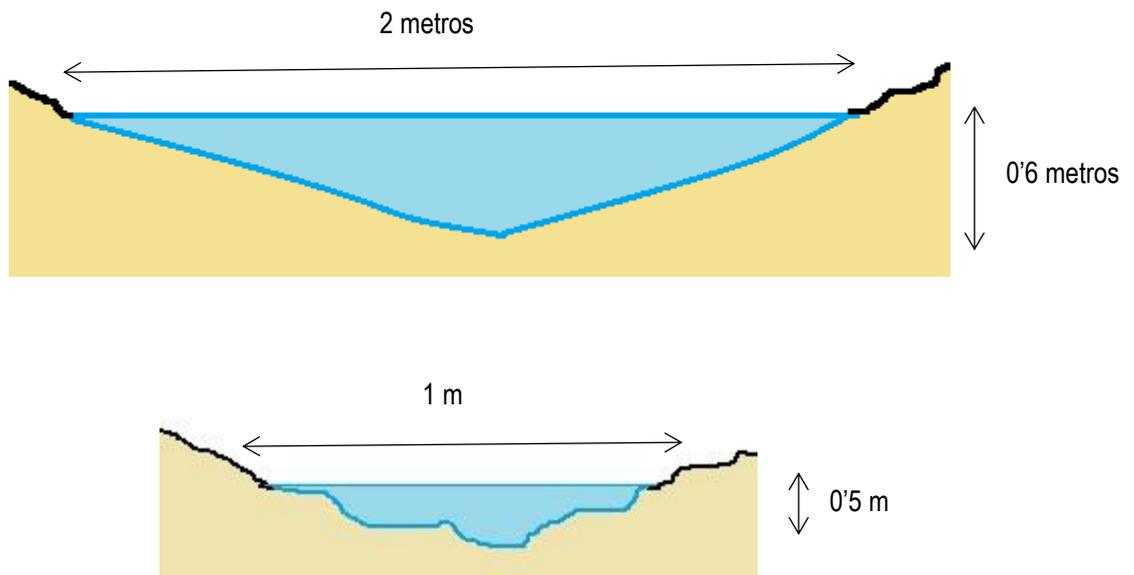


Figura 34 y 35- Formas aproximadas de las charcas: arriba la charca permanente, abajo la charca temporal.

De forma completamente ilustrativa se adjunta como se pretende ubicar el conjunto de charcas y de qué forma se pretende alimentar una y otra.

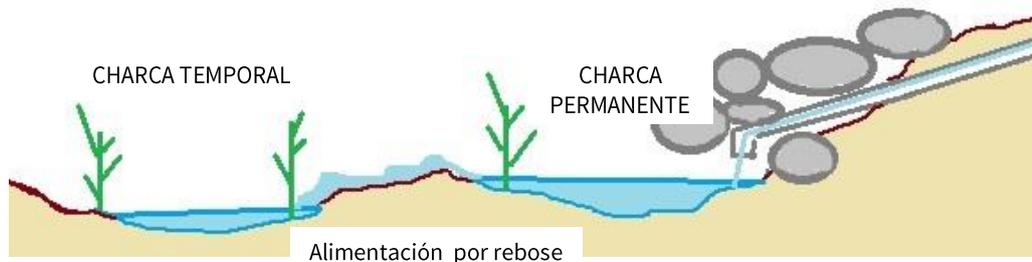


Figura 36- Esquema simple de la ubicación de las dos charcas.

Como se puede apreciar en el dibujo la primera charca será alimentada a través de una tubería que recoge el efluente procedente de los humedales. La tubería estará enterrada en el suelo para su protección frente a acciones externas (sol, ataque de animales, etc), y garantizar así la calidad del agua que se necesita. Dispondremos de aproximadamente 20 metros de tubería que conectará el humedal con la charca. El flujo de agua se moverá por gravedad de un sistema a otro a través de una tubería de PVC o PE, de diámetro interior 40 mm, para evitar sedimentaciones en ella.

La charca se alimentará a través de la tubería vertical generando pequeñas turbulencias en el agua de forma que se produzca una aireación del agua de la charca produciendo una ganancia de oxígeno directo en ella. A lo largo de la tubería existirá una arqueta de registro con el fin de facilitar el acceso al interior de la misma y permitir así su inspección y conservación. La tubería de alimentación estará oculta por piedras, vegetación y otros elementos que naturalicen la charca.

El tiempo de residencia del agua en la charca se estima que sea de 0'6 días a 1 día; al renovar el agua evitaremos una proliferación excesiva de insectos y algas. Para determinar dicho tiempo se ha tenido en cuenta la superficie media de la charca y el caudal de entrada de agua. Al diseñar la charca irregular en su perímetro y con la colocación de piedras y troncos, conseguiremos que la velocidad del agua que entra sea menor y aumentar algo más el tiempo que permanece el agua estancada en la charca, ya que la presencia de insectos de forma controlada, como es el caso, ayudará a la colonización de ésta al disponer de mayor recurso de alimento.

La creación de orillas más someras y tranquilas es adecuado para el desarrollo de los renacuajos de los anfibios, ya que buscan estas condiciones en este estado vital.

2.3 Requisitos de la charca para anfibios

Se pretende construir una charca que atraiga a los anfibios colonizadores. Para ello debemos tener en cuenta aspectos como las pendientes de los márgenes para facilitar la entrada y salida de estos vertebrados a la masa de agua, o la construcción de refugios.

Se deberá conocer las condiciones óptimas de los anfibios locales que se pretenden atraer para que la charca las cumpla. En este caso, tanto la rana común como el sapo común y el sapo partero común prefieren puntos de agua permanentes para completar sus ciclos vitales y con poca corriente de agua. El sapo partero común necesita suelos blandos para poder enterrarse y el sapo común uso la vegetación como refugios. Estos requisitos son los que se deben proporcionar en el diseño de la charca.

- **ACCESOS Y SALIDAS:** pendiente de los márgenes
Es imprescindible que al menos el 25 % de los bordes de la charca tengan la pendiente suave de forma que los anfibios puedan salir y entrar de la masa de agua sin dificultad. Muchas balsas o abrevaderos con paredes muy verticales suponen verdaderas trampas para estos animales.

Una buena pendiente para las orillas podría ser de 1 V: 10 H (3°) a pendientes más tendidas de 1 V: 20 H (5°). De esta forma no solo se adecuan los accesos y salidas, si no que también permite la existencia de una superficie litoral, que como se ha comentado es muy importante para el ecosistema creado. Intentaremos que los bordes sean irregulares, pudiendo crearse penínsulas y entrantes o incluso bancos de arena para generar distintos espacios dentro de la misma que serán usados por distinta fauna.

Se debe procurar no crear zonas de agua estancada y generar dentro de la charca zonas con distintas profundidades (5-15 cm) para facilitar la alimentación de los anfibios.

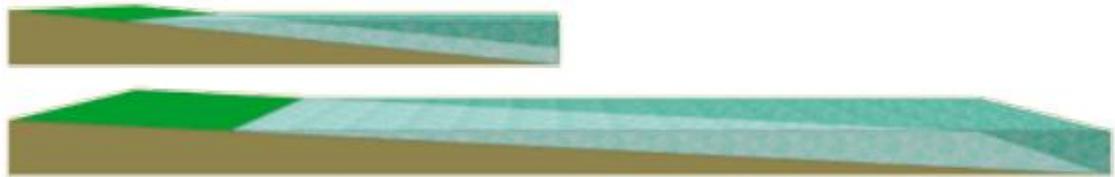


Figura 37- Ejemplos de pendientes óptimas para favorecer la biodiversidad (Pendiente de arriba de 5° y la de abajo de 3°)
FUENTE: Sancho y Lacomba (2010)

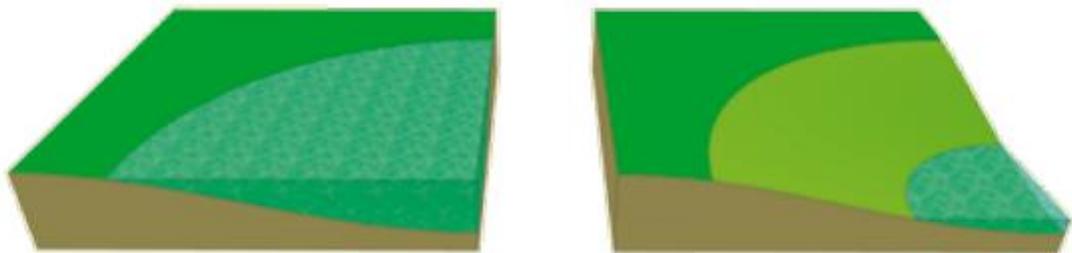


Figura 38- Esquema de una charca con escasa pendiente. A la izquierda, charca totalmente llena; a la derecha, en período de estiaje, en amarillo se observa la superficie de litoral, muy superior a la obtenida con otras pendientes.
FUENTE: Sancho y Lacomba (2010)

- **SOL Y SOMBRA:**
Es necesario crear zonas en la charca que reciban sol, ya que a los anfibios les gusta calentarse la piel y las plantas acuáticas crecerán mejor. Y las zonas de sombra son necesarias para disminuir la evaporación del agua y controlar el crecimiento de algas.
- **AUMENTO DE REFUGIOS:**
Se colocaran refugios acuáticos para minimizar la depredación, los refugios instalados irán desde la colocación de tejas, troncos y la propia vegetación acuática. La colocación de piedras y troncos en las orillas, dejando el mayor número de huecos posibles será una buena medida para aumentar el número de sitios donde completar las funciones vitales para los anfibios.

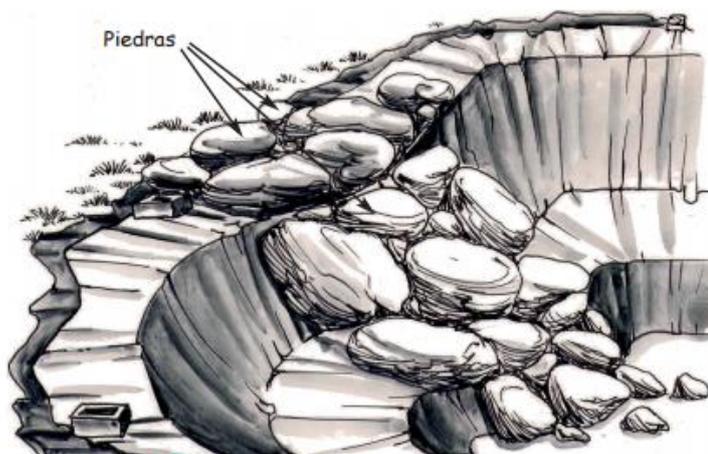


Figura 39- Ilustración diseño de una charca: Bordes
FUENTE: Manual de creación de charcas para anfibios (2007)

- **VALLADO:**
Es conveniente proteger el perímetro de la charca con vallas a fin de que el uso de ésta sea solo para la fauna local, protegiéndola así de posibles vertidos en ella, o su uso como abrevadero de animales.

2.4 Período de actividad de los anfibios

Debe existir una planificación de la actuación, de modo que se respeten las épocas en las que no pueden realizarse tareas con maquinaria en campo debido a circunstancias como por ejemplo al tratarse de días con riesgo de incendio o ser época de cría o apareamiento de animales como las aves. Se intentará crear las mínimas molestias en el entorno.

Por ello debemos conocer el ciclo vital de las especies a atraer para saber en qué momento utilizan el hábitat acuático y el hábitat terrestre, y durante cuánto tiempo. De este modo se evitará cualquier daño a poblaciones de anfibios de la zona. Con esta información también se puede crear el ecosistema más adecuado para estos anfibios en cada una de las fases de su vida.

Los anfibios que trata este estudio son de costumbre terrestres exceptuando la época de celo y puesta de huevos. El periodo de reproducción puede variar según factores externos como la temperatura, la humedad, etc. El sapo común tiene su periodo de celo de invierno a primavera, mientras que la rana común la tiene de marzo a julio.

Consultando manuales de construcción de charcas se ha extraído un calendario para usar a modo de guía, obteniendo distinta información de distintas especies de anfibios. La información referida a los adultos (color naranja) indica los meses del año en los que hay que tener más cuidado con el medio terrestres, ya que los individuos estarán fuera de los refugios (naranja claro) o están en su periodo reproductivo (naranja oscuro).

De color verde claro se representa la presencia de larvas. Por lo tanto en esos periodos de tiempo hay que tener especial cuidado con el medio acuático (verde oscuro presencia máxima de larvas en el medio acuático).

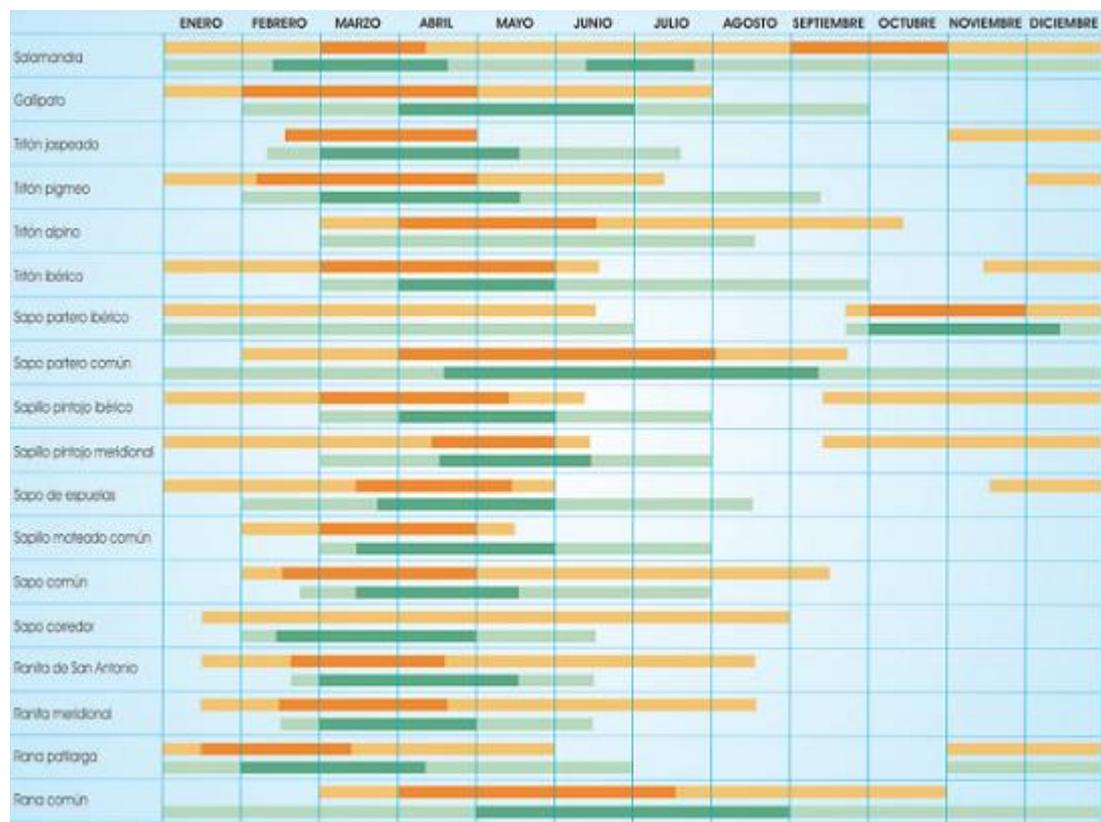


Figura 40- Calendario orientativo de la reproducción de anfibios de la Comunidad de Madrid. FUENTE: Manual de creación de charcas para anfibios (2007)

Así pues se puede observar que el *sapo partero común* tiene su ciclo reproductivo de abril a julio, y hace mayor uso del medio terrestres los meses de febrero, marzo, agosto y septiembre. Se observa que durante todo el año el medio acuático presenta larvas de este anfibio, siendo máxima su presencia de mediados de abril a mediados de septiembre (mayor cuidado en el medio acuático).

En cambio el *sapo común* usa el medio terrestre de febrero a septiembre, siendo los meses de reproducción desde mediados de febrero a finales de abril. La presencia de larvas es de finales de febrero a finales de julio, siendo máxima de mediados de marzo a mayo.

La *rana común* tiene el periodo de celo de abril a mediado de julio, y limita su presencia terrestre a los meses de marzo hasta octubre. Existen larvas en el medio acuático durante todo el año, especialmente los meses de verano.



Figura 41- Imagen de renacuajos en agua somera
FUENTE: Manual de ceración de charcas para anfibios (2007)



Figura 42- Imagen de una puesta de huevos de sapo común.
FUENTE: Manual de ceración de charcas para anfibios (2007)

3. CREACIÓN DE LA ZONA PERIFÉRICA DE PROTECCIÓN DE LA CHARCA

La zona periférica de la charca es muy importante, en este caso se usarán arbolado y matorral de la zona (pinos sobre todo) para proteger el perímetro del hábitat creado y dar cobijo y sustento a la fauna local. De este modo se favorece la propagación de especies autóctonas.

Si bien sabemos que la vegetación colonizará la charca de forma rápida y espontánea, también se puede repoblar mediante plántulas.

4.3.2- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CHARCA

Una vez elegidos el mejor diseño de la charca, el sitio de su emplazamiento y la mejor época para llevar a cabo la acción se podrá abordar la obra.

Los pasos a seguir se enumeraran a continuación:

Paso 1: Marcar la forma de la charca

Una vez decidida la ubicación de la charca y sus dimensiones se procederá a marcar su forma en el terreno mediante la colocación de estacas unidas por una cuerda.

Paso 2: Preparación del terreno

Se necesitará eliminar parte de la vegetación existente en la zona a ubicar la charca, apartándolas de forma adecuada para su posterior plantación en la zona adecuada.

También se aprovechara para eliminar piedras u otros elementos que dificulten la actividad, y se guardan para su posterior uso como refugio y acondicionamiento de la zona húmeda para los anfibios.

Paso 3: Excavación

Al tratarse de una charca de tamaño medio-pequeño, la excavación se llevara a cabo en un par de días por un equipo de unas 5 personas equipadas con picos y palas.

Se deberá realizar una evaluación previa de la cantidad y destino del volumen de tierra generado, para poder minimizar los costes del transporte y evitar daños al paisaje o medio ambiente de la zona. La tierra fértil se manipulará de forma adecuada y podrá usarse para revegetar y restaurar los márgenes de la charca.

Parte de la tierra que se extraiga se estudia reutilizarla como suelo para la charca. Se hará uso de la niveladora para asegurar las pendientes de modo que el agua fluya y no existan zonas de mayor acumulación que otras.

Paso 4: Diseño de diferentes profundidades

Para crear zonas dentro de la charca con distintas profundidades se excavará más en las zonas elegidas como más profundas mediante pico u pala también.

Las piedras que se coloquen en el fondo de la charca reducirá el volumen de agua contenido en el vaso por lo que el diseño aumentará 15 cm la profundidad de la charca en los espacios donde se ubiquen las piedras.

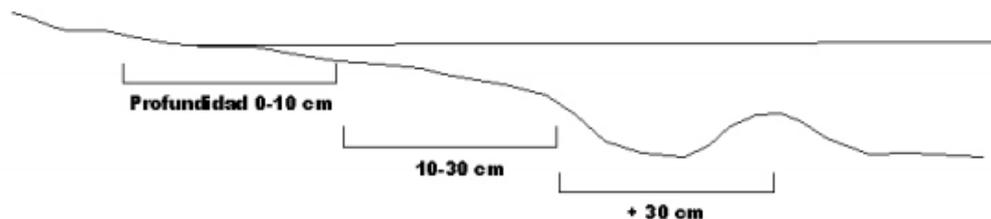


Figura 43- Ejemplo de cómo crear distintas profundidades para la charca
FUENTE: Guía metodológica de actuaciones de restauración de puntos de agua de restauración de puntos de agua en ecosistemas mediterráneos (2009)

Paso 5: Colocación de láminas EPDM impermeables y del geotextil

Primero se eliminarán las piedras y demás elementos que puedan dañar la lámina. El tamaño de la lámina debe ser mayor que el de la charca, aproximadamente 2 m más de tamaño que la charca.

Encima de la lámina se colocará una fina capa de arena de río (5 cm).

Se colocará el geotextil para reducir el impacto visual de la lámina de EPDM y facilitar la colonización de plantas acuáticas.



Figura 43- Esquema de colocación de la capa impermeabilizante.
FUENTE: Sancho y Lacomba (2010)

Paso 6: Colocación del fondo arenoso y de las piedras

Una vez impermeabilizado el terreno se cubrirá el fondo con otra capa de arena y otra de grava para naturalizar el hábitat, se instalarán piedras a modo de sujeción del material arenoso en las laderas y servirán también de refugio para los anfibios.

De este modo se consigue tener un fondo no plano y útil para los anfibios que se quiere atraer como el sapo partero común que requiere de fondos arenosos para enterrarse en él.

Si se colocan piedras grandes en el centro de la charca creando islas se generará un hábitat más completo para la fauna que albergará.

Paso 7: Rellenar de agua

El agua llegará proveniente de la depuradora de las viviendas y sus aljibes mediante una conducción de plástico enterrada. Se realizará una zanja para ubicarla. De esta forma el aporte de agua está garantizada.

Paso 8: Revegetación

La vegetación acuática y palustre tienen un alto grado de regeneración y colonización si se ha dotado al hábitat suficiente sustrato y pendientes favorables.

Para acelerar y asegurar el proceso se puede crear escalones en los márgenes de la charca, de unos 40 cm de profundidad cada uno. En el primer escalón se revegetará mediante plantas palustres y especies de ribera, el segundo escalón con plantas acuáticas mezclada con alguna palustre y el último escalón, en el fondo se plantarán plantas acuáticas. Toda la vegetación empleada será autóctona para no generar daños ecológicos ni paisajísticos, y tratar de recuperar el grado de naturalización de la zona creada.

Paso 9: Vallado y colocación de paneles informativos.

Como se espera que la población de las cercanías esté concienciada y comprometida con la conservación de los anfibios y sus hábitats, gracias a las campañas realizadas con dicho fin, se colocará un vallado de madera para integrarlo en el paisaje. En caso de que no sea así se deberá recurrir a otros vallados más fuertes y mejor anclados que no impida el acceso a la charca de los anfibios pero sí de las personas y otros usuarios no deseados.

La colocación de un panel informativo donde explique la importancia de conservar el ecosistema creado ayudará a sensibilizar a la sociedad con nuestro propósito y tendrá un fin educativo.

El proceso constructivo puede consultarse gráficamente en los distintos manuales utilizados para la realización de este trabajo, tales como el Manual de creación de charcas para anfibios (2008), o el manual técnico de Conservación y Restauración de Puntos de Agua para la Biodiversidad (Sancho y Lacomba 2010), y el Manual de creación de charcas para anfibios (Reforesta, 2007), que se pueden encontrar en la bibliografía adjunta.

Se prevé que los anfibios y el resto de la posible fauna propia del ecosistema creado colonicen por sí sola la charca, aunque puede tardar un año hasta que lo haga de forma visible si se ha realizado con las condiciones óptimas para ellos.

Como una de las principales causas de mortalidad de los anfibios y la charca está relativamente cercana a carreteras se instalarán barreras permanentes contra el atropello.



Figura 44- Barrera temporal antiatropello de anfibios.
Proyecto Sapo S.O.S

FUENTE: Manual de creación de charcas para anfibios (2007)

4.3.3- GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CHARCA

Aunque requieren poco mantenimiento es preferible crear unas pautas para mantener la charca en el mejor estado posible. Entre ellas puede ser el vaciado parcial de la cubeta para remover un posible exceso de sedimentos de la charca y para renovar el agua del ecosistema.

Una solución para evacuación de las aguas del ecosistema es conectarla con el alcantarillado de la zona, ya que al estar dentro de una urbanización puede ser factible, o conducir las aguas hasta los drenajes y desagües de las carreteras más o menos próximas a ella.

Es conveniente monitorizar de la fauna del nuevo ecosistema para poder comparar el grado de colonización en la charca y poder seguir las poblaciones de anfibios a largo plazo mediante censos de la flora y fauna del ecosistema.

4.3.4- EFECTOS ESPERADOS DE LA ACTUACIÓN

Sobre los hábitats y las especies protegidas esta actuación tendrá un grado de incidencia media-alta, ya que aumenta la presencia de los hábitats acuáticos y facilita que las especies colonicen la charca, aumentando la biodiversidad del espacio donde se ha instalado.

Al ocupar poco espacio y por haberse ubicado en una parcela forestal, de titularidad pública, no supone pérdida apreciable de ningún uso del suelo ni aprovechamiento de otros recursos.

4.3.5- PRESUPUESTO DE LA ACTUACIÓN

El coste que se plantea es aproximado, sirve únicamente como orientación a la hora de realizarse un proyecto de características parecidas al planteado.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD (C)	PRECIO (€)	PRECIO TOTAL (C x €)
MAQUINARIA				
Picos y palas	h	1	18	18
Camión/ carretas para el transporte	h	1	3	3
Niveladora manual	-	-	-	-
MANO DE OBRA				
Jefe de equipo	h	1'5	13'58	20'73
Peón	h	1'5	10'33	15'50
MATERIAL				
Arcilla	Tn	0'01	18'42	0'1842
Lámina plástico impermeable	M2	1	0'40	0'40
Arena, piedras	-	-	-	-
Geotextil	M2	1	0'51	0'51

El presupuesto aproximado es bajo, ya que los materiales y técnicas usadas son sencillas y económicas, por lo tanto se demuestra que es una actuación viable, tanto técnicamente como económicamente, y de gran rendimiento.

5.- CONCLUSIONES

En este trabajo se han puesto de manifiesto los beneficios obtenidos en relación con los servicios ecosistémicos generados por el uso de los humedales artificiales y por la creación de un hábitat nuevo para los anfibios.

El instrumento que se ha empleado para dotar adecuadamente de agua a la balsa ha sido la creación de un sistema de depuración de aguas residuales de tres viviendas, tanto en calidad como en cantidad. De este modo damos solución al tratamiento de aguas residuales domesticas de forma sostenible ambientalmente.

La creación del nuevo hábitat para anfibios permitirá mejorar y conservar la biodiversidad de las charcas, ecosistemas muy vulnerables y que carecen de mucho apoyo dentro del marco legal.

El sistema no convencional es idóneo para el caso de estudio por distintos motivos que se pueden resumir de la siguiente forma:

- Se trata de un núcleo urbano aislado (se prevé 18 habitantes), ideal para el uso de sistemas de humedales artificiales para la depuración de sus aguas.
- La carga orgánica generada es baja.
- Existe una parcela donde ubicar el sistema, más o menos naturalizada y próxima a la parcela de las viviendas.
- Para implantar dicho tratamiento se usaran especies vegetales autóctonas, integrándose paisajísticamente en la zona.

El agua depurada puede no ser suficiente en la época estival para abastecer el conjunto de charcas creadas, la recuperación del uso de los aljibes cobra en este marco gran importancia, sobre todo en el tipo de clima mediterráneo en el que escasean las precipitaciones. En el trabajo queda reflejado el gran potencial de estos sistemas para recuperar agua y ser usada en distintas demandas, dependiendo de las calidades exigidas.

Llevar a cabo este trabajo me ha permitido conocer mejor el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, en especial las charcas, que son unas grandes desconocidas para gran parte de la sociedad. De este modo he podido diseñar un sistema para recuperación de hábitats, recreando sus condiciones y conseguir que tanto la flora como la fauna típica de ellas pueda colonizarla.

Al conocer los factores de estos ecosistemas, he podido deducir la gran importancia que tiene la concienciación social y la educación ambiental para que iniciativas de este tipo puedan llevarse a cabo y conseguir preservar estos hábitats.

Por último también destacar la importancia de potenciar el uso de este tipo de iniciativas para conseguir que el desarrollo urbanístico del ser humano sea sostenible ambientalmente y conseguir, no sólo nuestro bienestar, si no también conservar el del resto de ecosistemas del planeta. El campo de la arquitectura y el de la ingeniería deberían trabajar conjuntamente en este aspecto para alcanzar dicho fin.

GLOSARIO:

Absorción: retención de una sustancia, en forma líquida o gaseosa, entre las moléculas de otra (absorbente).

Adsorción: adherencia de las moléculas de un gas, de iones, o de moléculas en solución, a la superficie de un sólido.

Aeróbico: relativo o perteneciente a los organismos que sólo viven con presencia de oxígeno.

Anaeróbico: relativo o perteneciente a los organismos capaces de vivir con ausencia de oxígeno.

Agua: sustancia líquida, inodora, insípida e incolora, cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, los ríos y los mares. Es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.

Agua eutrófica: aguas ricas en nutrientes.

Aguas fecales: las que transportan los residuos generados por el metabolismo humano.

Aguas grises: aguas residuales domésticas, excluyendo las aguas fecales y las de cocina; se corresponden, por lo tanto, con las aguas del lavabo, la ducha y el baño, así como las del lavado de ropa. Son las de menor carga orgánica.

Aguas negras: aguas residuales domésticas que contienen los residuos resultantes del metabolismo humano.

Agua potable: Agua distribuida por una compañía autorizada y que sigue las pautas de calidad de la normativa vigente RD 140/2003 de 7 febrero

Aguas pluviales: las de recogida de la lluvia y la nieve en las cubiertas (azoteas, tejados, etc.), los pavimentos y los viales. No deben incluirse en la red de alcantarillado conectada al sistema de saneamiento autónomo.

Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.

Aguas residuales: aguas que han sido utilizadas habiendo incorporado a las mismas una determinada carga contaminante.

Aguas residuales domésticas: las procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas, principalmente, por el metabolismo humano y las actividades domésticas asociadas.

Aguas residuales urbanas: las aguas residuales domésticas, o la mezcla de ésta con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.

Aguas residuales industriales: todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Aguas reutilizadas: aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida para un nuevo uso privativo, en función de los usos a que se van a destinar antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre.

Área de captación: Lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, etc., que deben estar impermeabilizados. También se puede captar el agua que escurre de calles o estacionamientos por medio de canales.

Autorización de vertido: resolución del organismo de cuenca por la que se autoriza al titular del vertido a verter en las condiciones establecidas en la misma

Biocenosis: conjunto de organismos de especies diversas, vegetales o animales, que viven y se reproducen en un determinado biotopo y están influenciados por factores físicos como lo son la luz, la humedad, la temperatura, etc.

Biodiversidad: el término «biodiversidad» es una contracción de la expresión «diversidad biológica». Refleja la cantidad, la variedad y la variabilidad de los organismos vivos. Incluye la diversidad dentro de una especie (diversidad genética), entre especies distintas (diversidad de especies) y entre ecosistemas (diversidad de ecosistemas).

Biofilm: biopelícula

Bioindicadores: organismos cuya presencia, ausencia o distribución, está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Los organismos bioindicadores tienen interés científico en la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental, por ejemplo en estudios de contaminación.

Biomasa: masa de organismos en cualquier nivel trófico, área o volumen de un ecosistema. Se mide en cantidad de materia por unidad de superficie o de volumen.

Biopelícula: población de varios microorganismos contenidos en una capa de productos de excreción, unida a una superficie.

Biotipo: territorio o espacio vital cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrolle una determinada comunidad de seres vivos.

Canaleta: Elemento de conducción del agua pluvial acumulada de la superficie de recogida que posteriormente se dirigirá a través de bajantes hacia el sumidero para ingresar en el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

Cámara o compartimiento: Compartimiento estanco, en que se divide el tanque séptico para mejorar el tratamiento de las aguas residuales.

Carga contaminante ó carga másica: Medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día ó Kg/d.

Carga orgánica nominal diaria: capacidad del equipo o instalación expresada en kg de DBO5 por día o en número de habitantes equivalentes.

Caudal hidráulico nominal diario: capacidad del equipo o instalación expresada en metros cúbicos por día.

Caudales punta: caudal medio multiplicado por el coeficiente punta.

Coefficiente punta: es la relación entre la media de los caudales punta (máximos y mínimos) y el caudal medio. Los coeficientes punta varían según el intervalo de tiempo al que van referidos, definiéndose así como horarios, diarios y mensuales.

Contaminante: cualquier sustancia que pueda causar contaminación. En particular las sustancias enumeradas en el Anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): ensayo normalizado para evaluar el consumo de oxígeno que por vía biológica degrada la materia orgánica y, eventualmente, oxida la inorgánica contenidas en una muestra de aguas residuales a 20 °C en la oscuridad y durante cinco días.

Demanda química de oxígeno (DQO): ensayo normalizado para evaluar el consumo de oxígeno que por vía química oxida la materia orgánica y, eventualmente, la inorgánica contenidas en una muestra de aguas residuales.

Depuración de aguas: tratamiento al que se someten las aguas residuales para adecuar su calidad a la normativa de vertidos.

Dispositivo de descarte de primeras aguas: Elemento automático o manual que evita el ingreso al sistema de las primeras aguas de lavado de la superficie de captación

Drenaje: proceso natural o artificial de evacuación por gravedad del agua de un área determinada.

Ecosistema: el complejo sistema formado por las comunidades de plantas, animales, hongos y microorganismos así como por el medioambiente inerte que les rodea y sus interacciones

como unidad ecológica. Los ecosistemas no tienen límites fijos: puede considerarse como ecosistema un único lago, una cuenca, o una región entera.

Efluente: aguas residuales que fluyen desde una planta de tratamiento o un vertido.

Especies exóticas: una especie exótica es una especie introducida fuera de su área de distribución normal. Las especies exóticas invasoras son especies que al establecerse y propagarse modifican los ecosistemas, los hábitats u otras especies.

Estación regeneradora de aguas (ERA): conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a los procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso previsto.

- *Filtro verde:* técnica de tratamiento no convencional basada en la acción conjunta del suelo, los microorganismos y las plantas, a través de mecanismos físicos, químicos y biológicos. Se pueden emplear desde especies arbóreas, como los chopos, a macrófitas en flotación.
- *Infraestructuras de almacenamiento y distribución:* conjunto de instalaciones destinadas a almacenar y distribuir el agua regenerada hasta el lugar de uso por medio de una red o bien depósitos móviles públicos y privados.
- *Límite de desviación máxima:* diferencia entre el valor medido y el Valor Máximo Admisible (VMA).
- *Lugar de uso del agua regenerada:* zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.
- *Norma de Calidad Ambiental:* la concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, en los sedimentos o en la biota, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y el medio ambiente.
- *Regeneración de aguas:* tratamiento adicional al que se someten las aguas depuradas para adecuar su calidad a la normativa de reutilización de aguas.
- *Reutilización de las aguas:* aplicación antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

Estructura de captación: Recolectan las aguas en los sistemas de alcantarillado pluvial, se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir descargas domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios.

Filtro: material poroso, generalmente laminar o granular, que deja pasar a través de él un fluido, mientras retiene las partículas sólidas o líquidas que este lleva en suspensión.

Filtro percolador: filtro constituido por un cuerpo vertical lleno de un material inerte (plástico o piedra) y poroso por donde circula el aire y el agua, normalmente utilizado para realizar la depuración biológica de aguas residuales. La película de microorganismos aeróbicos que se desarrolla sobre el medio filtrante metaboliza la materia orgánica de las aguas residuales, que percolan verticalmente hasta los drenajes inferiores. Siempre debe estar mojado.

Fosa séptica: depósito estanco tapado, donde se biodegradan anaeróbicamente las materias orgánicas contenidas en las aguas residuales domésticas. Normalmente tiene una configuración bicameral de diferentes dimensiones, la primera, mayor.

Geotextil: lámina permeable y flexible utilizada en la construcción con el objetivo de impedir la mezcla de los materiales constitutivos de diferentes capas o para proteger una determinada capa contra los pinchazos.

Habitante equivalente: parámetro que permite cuantificar la carga orgánica biodegradable media que genera una persona en su actividad doméstica habitual en una DBO5 de 60 g de oxígeno por habitante y día (art. 2, RDL 11/1995).

Hidroperiodo: patrón estacional del nivel del agua del humedal, esto es el incremento o caída del nivel del agua superficial o subterránea y está influenciado por las entradas y salidas de agua. Nos permite identificar el tipo de humedal.

Infiltración: proceso en el que tiene lugar la transferencia y el tratamiento de los efluentes mediante su descenso al subsuelo.

Lecho de infiltración: fragmento de terreno poroso natural o reconstituido, donde tiene lugar el proceso de transferencia y tratamiento de los efluentes y su evacuación al subsuelo, al medio hidráulico superficial o a un pozo o cámara de infiltración.

Lecho filtrante: fragmento de terreno poroso reconstituido, donde tiene lugar el proceso de distribución y tratamiento final del efluente previamente tratado

Lodos: Sólidos que se encuentran en el fondo del tanque Imhoff y que son evacuados a un lecho de secado.

Saneamiento autónomo o no colectivo: aquel sistema de saneamiento donde se efectúa la recogida, el pretratamiento, la depuración y la infiltración de las aguas domésticas de los inmuebles que no están conectados a la red pública de saneamiento.

Sistema de conducción: El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. El material utilizado debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí y que no permita la contaminación con compuestos orgánicos o inorgánicos

Tanques de almacenamiento: Se trata de tinacos o sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posibles contaminantes. Además, la entrada y la descarga deben de contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; deben estar dotados de dispositivos para el retiro de agua. Deben ser de un material inerte, el hormigón armado, de fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable son los más recomendados.

Tratamiento primario: proceso de depuración de las aguas residuales que tiene como objetivo la separación de los sólidos en suspensión. Normalmente, se lleva a cabo mediante una sedimentación.

Tratamiento secundario o biológico: proceso de depuración de las aguas superficiales que tiene como objetivo la metabolización mediante bacterias de la materia orgánica disuelta.

Ventilación: dispositivo que permite la renovación del aire dentro de las construcciones y tuberías con el fin de evacuar los gases de fermentación u otros que se puedan producir.

Vertido: emisión de un sólido o líquido que, por cualquier medio, va a parar al medio terrestre, al medio acuático o a una infraestructura de saneamiento

Vertedor: Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento.

.

BIBLIOGRAFIA:

Figura biodiversidad: Web inbio, centro de investigación y gestión de la biodiversidad

[http://www.inbio.ac.cr/estrategia/Estudio_2004/Paginas/esfuerzos_conservar05.html]

Fecha de consulta 30/03/2016

Sistema de Información Ambiental y Estadístico SIAE, corporación autónoma regional de

Risaralda [<http://siae.carder.gov.co/>] Fecha de consulta 30/03/2016

Biosystem Internacional

[<http://www.biosystems.com.uy/humedales.html>] Fecha de consulta: 31/03/2016

Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación, de Miguel y Curt (Editan: Fundación Global Nature, Universidad Politécnica de Madrid)

[http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fito%20depuracion/Capitulos%205.pdf] Fecha de consulta_ 31/03/2016

Manual de creación de charcas para anfibios, colección iniciativa locales a favor de la biodiversidad. Reforesta, 2007

[<http://www.reforesta.es/pdf/publicaciones/iniciativas/charcas.pdf>]

Esquema de los ecosistemas terrestres, acuáticos y humedales en relación a la variación del nivel de agua. Adaptado de Brinson 2004, universidad San Martín

[<http://www.unsam.edu.ar/humedales/>] Fecha de consulta 31/03/2016

Aemet: servicio meteorología [Fecha de consulta 30/05/2016]

Servicio Valenciano de Riego GVA IVIA: [Fecha de consulta 30/05/2016]

Página web de la Moncloa, “Directiva Marco del Agua”[<http://www.lamoncloa.gob.es/>]

Fecha de consulta 02/06/2016

Página web: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: “Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas”

[http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/GUIA_RD_1620_2007__tcm7-178027.pdf] Fecha de consulta 06/06/2016

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_pres_leg_dir_habitat_info_basica.aspx] Fecha de consulta: 04/07/2016

Agencia Catalana del Agua: Instrucción Técnica Aplicable al Saneamiento Doméstico Autónomo

[https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/es/sollicituds/instruccio_tecnica_sanejament_autonom.pdf] Fecha de consulta 03/04/16

Página web organización FAO: [<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>] Fecha de consulta 02/03/2016

Página web “La Carta de la Tierra en acción” [<http://www.earthcharterchina.org/esp/text.html>] Fecha de consulta 03/03/16

Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales”, V.A, Serie Técnica de la Universidad Mayor de San Simón, Bolivia (2010) [http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf] Fecha de consulta: 05/04/16.

Instituto Nacional de estadística (INE)

[http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176834&menu=ultiDatos&idp=1254735976602] Fecha de consulta 14/06/2016

Página web Sotralenz [<http://www.sotralenz.es/>] echa de consulta: 22/06/2016

Manual de Tecnologías no Convencionales para la depuración de aguas residuales, CENTA, editorial Coria Gráfica, 2007

Subsurface-flow constructed wetlands in Spain for the sanitation of small communities: A comparative study” Puigagut, J. et al. (2007).

[https://www.researchgate.net/publication/223704762_Subsurface-Flow_Constructed_Wetlands_in_SPAIN_for_the_Sanitation_of_Small_Communities_A_Comparatives_Study] Fecha de consulta 13/07/2016

Ponencia: Sistemas de depuración en pequeñas poblaciones, Ignacio del Río y Enrique Ortega Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX,

[<http://www.chtajo.es/Servicios/Biodiversidad/JornadasTecnicas/Documents/DepuraPequePobla/Ponencia%20CEH-CEDEX.pdf>] Fecha de consulta 13/07/2016

Web empresa Soluciones Hidropluviales [<http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>] fecha de consulta 1/07/2016

Web empresa de recuperación de aguas pluviales GRAF [<http://www.graiberica.com/>] Fecha de consulta 14/07/2016

Catálogo de depósitos de aguas pluviales empresa Bricolaris

[<http://www.bricolaris.com/depositos/depositos-recogida-agua-de-lluvia/deposito-para-recogida-de-agua-de-lluvia-aqualentz-vario-1000.html>] Fecha de consulta 17/07/2016

Normativa Parque Natural del Turia, Conselleria de Territori i Habitatge.

[<http://www.paterna.es:88/web/gtecnico/normativa/paterna/PARQUE%20NATURAL%20DEL%20TURIA/DOCUMENTO%20PORN%20TURIA/TOMO%201/2.MEMORIA%20DESCRIPTIVA%20Y%20JUSTIFICATIVA.pdf>] Fecha de consulta 18/07/2016

GUÍA METODOLÓGICA DE ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN DE PUNTOS DE AGUA DE RESTAURACIÓN DE PUNTOS DE AGUA EN ECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS, LandStudios, Generalitat Valenciana. V.A, LandStudios, Generalitat Valenciana.

[http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Amfibios_Mediterraneos_Manual.pdf] Fecha de consulta 20/07/2013

Web generador de precios. Espacios urbanos España

[<http://www.generadordeprecios.info/>] Fecha de consulta 20/07/2016

Web HYLA, Sociedad de Estudio y Difusión de la Naturaleza.

[http://www.reserva.hyla.es/fotos_archivos/RedCharcas_archivos/CREACION%20CHARCA/RedCharcas.html#Limpieza%2520exterior.jpg] Fecha de consulta 20/07/2016

Artículo “Constructed Wetlands for Wastewater Treatment”, J.Vyzamal

[<http://www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530/htm>] Fecha de consulta: 27/07/2016

Universidad Politécnica de Cataluña

[<http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/2009/la-universitat-politecnica-de-catalunya-el-csic-y>] Fecha de consulta 27/07/2016.

Manual técnico de Conservación y Restauración de Puntos de Agua para la Biodiversidad

Sancho y Lacomba (Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme y Habitatge, 2010)

Autora del TFG: Verónica Valera Furió
Valencia, septiembre 2016