

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El estudio realizado permite presentar las siguientes conclusiones:

- En los humedales de flujo subsuperficial, la eliminación de partículas se produce mayoritariamente cerca de la entrada, en concreto durante el primer cuarto de recorrido del agua residual a través de ellos. La media de reducción que se ha obtenido para el primer cuarto de humedal ha sido del 86 % por ciento en el C2 y del 84 en el D2. A la salida de los humedales se consiguió una eliminación media del número total de partículas del 94 % en el humedal C2 y del 97 % en el D2.
- No se han observado diferencias significativas en cuanto a la eficiencia de eliminación de partículas entre los humedales C2 y D2. Se deduce por tanto que la eficiencia de eliminación de partículas no es dependiente de la forma y la profundidad de los humedales.
- El principal mecanismo de eliminación de partículas en los humedales parece que es la retención física como consecuencia de la adsorción, el choque entre partículas, la coagulación, el efecto tamiz y la intercepción directa. Las partículas quedan retenidas en los poros de la grava o adheridas a ésta.
- El tramo donde se produce la principal retención de partículas por filtración se convierte en una fuente de materia orgánica. Las partículas acumuladas se hidrolizan paulatinamente y se liberan compuestos orgánicos de menor complejidad. Este es el motivo por el cual la reducción de materia orgánica no es tan elevada como la del número de partículas. La materia orgánica en el interior del humedal no es sólo la resultante de un balance entre la entrante y la eliminada por filtración y mecanismos bioquímicos, sino que debe añadirse la materia orgánica hidrolizada que se libera en los primeros metros del humedal.
- Las partículas entrantes en el humedal tienen en su mayoría un tamaño comprendido entre 0,7 y 2 μm . Son partículas coloidales y supracoloidales. Éstas representaron en media un 96 % del total de partículas del afluente.

- Las partículas de entre 0,7 y 2 μm quedan mayoritariamente retenidas en los primeros metros del humedal. En el primer punto de muestreo del humedal C2 tan sólo se detectó en media el 14 % del total de partículas afluentes pertenecientes a este rango de diámetros. En el humedal D2 se detectó el 19 %.
- La composición de la materia orgánica va variando a lo largo del humedal. Se observó una importante oscilación de la cantidad de ácido acético durante el recorrido del agua a través del humedal. Este fenómeno muestra que, a pesar de que el TOC no disminuya significativamente después de haberse dado los fenómenos de filtración, los humedales consiguen degradar la materia orgánica a formas más asimilables para el medio natural.
- La constante de eliminación de materia orgánica (K_{TOC}) no es constante a lo largo de los humedales, sino que va disminuyendo a medida que el agua residual circula a través de ellos. El motivo es que los mecanismos de eliminación de la materia orgánica varían según el punto del recorrido. Esto es consecuencia directa de la variación del tamaño de las partículas a su paso por el humedal.
- La modelización cinética reveló las partículas menores a 1 μm sufren una eliminación según modelos de orden cero.
- La cinética de eliminación de las partículas mayores a 1 μm es de orden uno. De los cuatro modelos probados los que dieron mejores ajustes fueron el modelo de flujo en pistón con retardo y el modelo de tanques en serie con reactor de flujo en pistón a la entrada. Ambos son modelos biparámetro.
- En el caso del modelo de flujo en pistón con retardo, los menores errores se obtuvieron para constantes de eliminación de $1,3 \div 1,5 \text{ d}^{-1}$, según el tamaño de partícula, y coeficientes de retardo de $3,5 \text{ d}^{-1}$. Para el modelo de tanques en pistón, las constantes de eliminación óptimas se mantuvieron en un rango de entre $-0,04$ y $-0,08 \text{ d}^{-1}$. El T_{delay} óptimo fue de 45 horas para el humedal C2 y de 20 horas para el humedal D2. En ambos casos, las partículas de mayores diámetros obtuvieron mejores ajustes para constantes de eliminación mayores.

6.2. Recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten realizar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda estudiar cuál es el efecto de la implantación de un sistema de pretratamiento que elimine las partículas de diámetros entre 0,7 y 2 μm , con el objetivo de comprobar cómo mejora la eficiencia de eliminación de materia orgánica de los humedales.
- Se recomienda estudiar de forma más exhaustiva la composición de la materia orgánica en el interior de los humedales y cómo es su variación a medida que avanza por su interior. De este modo podrá comprenderse mejor cuáles son los mecanismos de degradación prevalentes.
- Se recomienda hacer una campaña de muestreo más exhaustiva en los tramos iniciales de los humedales con el objetivo de determinar con mayor precisión las constantes que rigen la cinética de eliminación de las partículas.