



Depuración de Aguas
del Mediterráneo

Título

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

Sonia Cuartielles Mestre

Jefa de Planta de la E.T.A.P. de Tudela (Navarra)

1. Introducción
2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación
 - 2.1. Tipos de Contaminantes Emergentes
 - 2.2. Procesos de Eliminación
3. Tratamiento Etap Tudela. Caso practico
4. Conclusiones
5. Bibliografía

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes.

1. Introducción

E. T.A. P. : Estación de Tratamiento de Agua Potable

- “ Papel fundamental Salud Pública
- “ Aseguran suministro para Consumo Humano, Industrias y Servicios en Cantidad y Calidad (RD 140/2003)
- “ Gestión Pública /Privada / Mixta / Asociada a servicio Red de Baja
- “ Régimen de Explotación:
 - “ Origen y Calidad de Agua Bruta
 - “ Medios Materiales: tipo y estado de la instalación, Presupuesto asignado
 - “ Medios Humanos

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes.

1. Introducción

E. T.A. P. : Tratamiento convencional para eliminación de Materia Organica Natural (MON), Metales y Microorganismos Patógenos. Control de proceso con analíticas de Turbidez y Cloro.



PREOXIDACION: Permanganato Potásico, Ozono, Dióxido de Cloro, Cloro, Hipoclorito de Sodio.

COAGULACIÓN: Sales de Hierro y Aluminio,

FLOCULACION: productos sin acrilamidas, Almidones . Poli DALMAC

OXIDACION INTERMEDIA / DESINFECCION FINAL: Dióxido de Cloro, Cloro, Hipoclorito de Sodio, Cloraminas

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes.

1. Introducción

Otros tratamientos aplicados en las ETAPs

- “ FILTRACION: Carbón Activo Grano (GAC)
- “ PAC: Carbón Activo en Polvo.
- “ Osmosis y Ultrafiltración, Ozono, UV

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

- “ Compuestos de distinto origen y naturaleza química, en concentraciones bajas ($\mu\text{g/l}$ y ng/l), presentes en aguas y sedimentos. Metabolitos.
- “ Actividad como Disruptores Endocrinos
- “ Estudio de su posibles efectos, métodos de análisis y eliminación.
- “ En su gran mayoría no están regulados. Gran cantidad de sustancias y nuevos productos.
- “ Control en Origen ¿uso o abuso?

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.1. Tipos de Contaminantes Emergentes

“ RETARDANTES DE LLAMA BROMADOS(BRF)

Analítica complicada , indicios de disrupción endocrina y cáncer

“ PARAFINAS CLORADAS (CP)

Solubles en agua, fuerte tendencia a adsorberse en los sedimentos.

Analíticas complicadas debido a la gran complejidad de las mezclas

“ COMPUESTOS PERFLUORADOS (PFCs)

Detergentes perfluorados: muy peligrosos y ampliamente distribuidos



CONTINUAMENTE PRODUCTOS NUEVOS EN EL MERCADO

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.1. Tipos de Contaminantes Emergentes

“ PESTICIDAS POLARES

Regulación RD 140/2003:

Total plaguicidas 0,5 µg/l Plaguicida Individual 0,1 µg/l

Carbamatos: altamente biodegradables. P.e. Carbaril, Carbenzima

Cloroacetetanilidas : p.e Metolacloro

Clorofenoxiacidos: p.e. Bentazona, Triclopyr

Organofosforados: p.e. Malation, Paration

Organoclorados: hidrófobos, Baja solubilidad, Alta Toxicidad, p.e DDT, Heptacloro

Triazinas: persistentes y solubles. P.e. Atrazina, Simaniza

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.1. Tipos de Contaminantes Emergentes

“ FARMACOS / HORMONAS ESTEROIDEAS

Control complejo por la continua renovación de los productos

Fármacos: productos específicos y sus metabolitos

Grupo donde se centran la mayor cantidad de los estudios que se realizan

P.e. Ibuprofeno, Diclofenaco, Carbamazepina, Estradiol

“ DROGAS

Productos específicos y sus metabolitos

Gran repercusión mediática

P.e. Cocaína, Morfina, Anfetamina

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.1. Tipos de Contaminantes Emergentes

” COMPUESTOS “ESTILO DE VIDA”

Productos específicos y sus metabolitos

P.e. Cafeína, Nicotina

Cafeína sustancia usada como indicador de contaminación doméstica y en estudios eliminación

” PRODUCTOS DE HIGIENE PERSONAL Y SURFACTANTES

Detergentes, dispersantes, conservantes, etc

P.e. Nonilfenol (Prioritarias), Parabenos

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de eliminación

GRAN VARIEDAD DE COMPUESTOS CON AMPLIA GAMA DE PROPIEDADES FISICO
QUIMICAS QUE DIFICULTAN SU TRATAMIENTO GLOBAL
DETERMINACIONES ANALÍTICAS COMPLEJAS

Condicionantes para elegir un tratamiento

“ TAMAÑO ETAP: m³/día servidos o Habitantes Abastecidos (500)

PEQUEÑAS <<<< MEDIANAS <<<< GRANDES <<<< GRANDES PLANTAS

▬ PERSONAL, PRESUPUESTO

⊕ PERSONAL, PRESUPUESTO

“ COMPLEJIDAD DEL TRATAMIENTO PROPUESTO

“ COSTE DEL TRATAMIENTO

“ INTEGRACION DEL TRATAMIENTO EN LAS INSTALACIONES (Tamaño)

“ IMPACTO AMBIENTAL

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

TRATAMIENTO CONVENCIONAL

- “ Rendimientos de eliminación muy bajos o prácticamente nulos para Hormonas, Productos Farmacéuticos y Productos de Higiene Personal
- “ Preoxidación con Cloro: si se trabaja para cubrir la demanda se pueden eliminar hasta el 30% de algunos pesticidas.

LAS ETAPs CON TRATAMIENTOS CONVENCIONALES NO TIENEN
CAPACIDAD PARA ELIMINAR CE

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ULTRAFILTRACION / NANOFILTRACION / OSMOSIS

- “ Capacidad de retención limitada: partículas y compuestos con alto peso molecular.
- “ Tratamientos usados actualmente .
- “ Previamente debe tener un **buen tratamiento convencional** para
 - “ Eliminar la mayor cantidad de MON
 - “ Obtener calidad de agua adecuada: turbidez y micro
- “ Plantas con proceso controlado y estable (plantas atención continua). Personal formado.
Costes mantenimiento y explotación altos (consumo energético)
- “ ULTRAFILTRACION: Tratamiento prometedor si se complementa con PAC o GAC
- “ NANOFILTRACION / OSMOSIS : membranas de Poliamida
- “ Residuos generados: gestión adecuada del rechazo.

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ULTRAFILTRACION / NANOFILTRACION / OSMOSIS

“ Compuestos Farmacéuticos, Disruptores y Productos de Higiene personal

RENDIMIENTOS DE ELIMINACION

	ULTRAFILTRACION	NANOFILTRACION	OSMOSIS
COMPUESTOS +POLARES - VOLATILES	< 40%	< 70%	> 75 %
COMPUESTOS + VOLATILES	> 75 %	> 75 %	> 75 %

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

OXIDACION CON OZONO

- “ Precaución con los Subproductos formados (RD 140/2003 Bromatos 0,01 mg/l)
- “ Usado actualmente en Preoxidación para eliminación de MON
- “ Personal formado. Costes mantenimiento y explotación altos (energía).
 - ETAP en Alava: preoxidación con ozono
 - Planta 200/300 m³/día
 - Personal cualificado, atención presencial 8 horas/día
 - Equipo funcionamiento en automático correcto
- “ No genera residuos

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

OXIDACION CON OZONO

- “ Rendimientos de eliminación superiores al 90% para eliminación de Productos Farmacéuticos y de Higiene Personal. Tiempos de exposición 15 minutos.
- “ Rendimientos parciales en la eliminación de Pesticidas.
- “ Combinación con otros tratamientos.

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO

- “ La eliminación de CE entra en competencia con la MON presente en el agua. Compuestos polares requieren tasas elevadas. Mayoría de los estudios son de forma individual.
- “ Gran capacidad de adsorción en función de:
 - “ Área superficial definida como superficie específica (BET)
 - “ Morfología: tamaño y distribución de los poros
 - “ Química superficial naturaleza química de la superficie
- “ Puede tener origen Vegetal o Mineral
- “ No genera subproductos

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO

- “ En la actualidad para eliminar MON, olores, sabores, control Trihalometanos (THM), control pesticidas:
 - “ PAC: Carbón Activo en Polvo, dosificado en cabecera antes coagulación/floculación
 - “ GAC: Carbón Activo en Grano en filtros como los de arena.
- “ Genera residuos que hay que gestionar:
 - “ PAC: se recoge junto con los fangos de decantación, actualmente al vertedero
 - “ GAC: posibilidad de regeneración en plantas grandes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO

- “ Gran eficacia en la eliminación de Químicos Orgánicos Sintéticos excepto:
 - “ En aquellos igual o más volátiles que el propano
 - “ Moléculas grandes que no caben en los poros
 - “ Compuestos que están en forma coloidal
- “ Procesos de **Decantación Lastrada con PAC** para eliminación de Productos Farmacéuticos y dosis de 10 ppm eliminaciones de hasta el 69 %. Con Ozonización previa superiores al 85 %.
- “ GAC: proporciona elevadas capacidades de adsorción en Farmacéuticos (Diclofenaco, Cabamazepina), Estilo de Vida (Cafeína) y Pesticidas (Isoproturon)

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO

“ PAC tiempos de contacto de 4 horas y 10 ppm con PAC para Pesticidas Polares

Carbamatos: Molinato hasta 85 %

Cloroacetanilidas : Metolacloro hasta 70 %

Organofosforados: eliminación 100%

Organoclorados: HCH hasta 100 % y DDT 65-85 %

Triazinas: Eliminaciones entre 60-85 % . Atrazina del 40%

“ Eliminación de Estrógenos Fe<AkNF>GAC<PAC



OTROS ADSORBENTES: BENTONITAS, ZEOLITAS, NANOTUBOS DE
CARBONO

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVO

Fácil operación en planta. Sistema robusto y eficaz.

PAC en el régimen de explotación:

- “ Dosificaciones puntuales o con necesidades variables
- “ Plantas con sistema de decantación para su eliminación posterior
- “ Sistema dosificación volumétrico desde silo o big- bag fácil de operar

GAC en el régimen de explotación:

- “ Plantas sin decantación, coagulación sobre filtro
- “ Complementario con la filtración sobre arena
- “ Posibilidad de regeneración en plantas grandes: abarata costes

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

2.2. Procesos de Eliminación

TRATAMIENTOS AVANZADOS

- “ Basados en la generación de especies reactivas del Oxígeno (ROS) que son capaces de mineralizar los contaminantes y desinfectar el agua:
 - “ UV + OZONO // UV + H₂O₂
 - “ UV + TiO₂: fotocátalisis con un semiconductor de baja toxicidad, disponible, efectivo y con coste asumible
- “ Tratamiento con una tecnología en fase de desarrollo para la aplicación industrial. Proyecto: Tratamiento de Aguas por Oxidación Avanzada, NILSA (Navarra de Infraestructuras Locales Sociedad Anónima), Universidad de Zaragoza.

2. Contaminantes Emergentes y Procesos de Eliminación

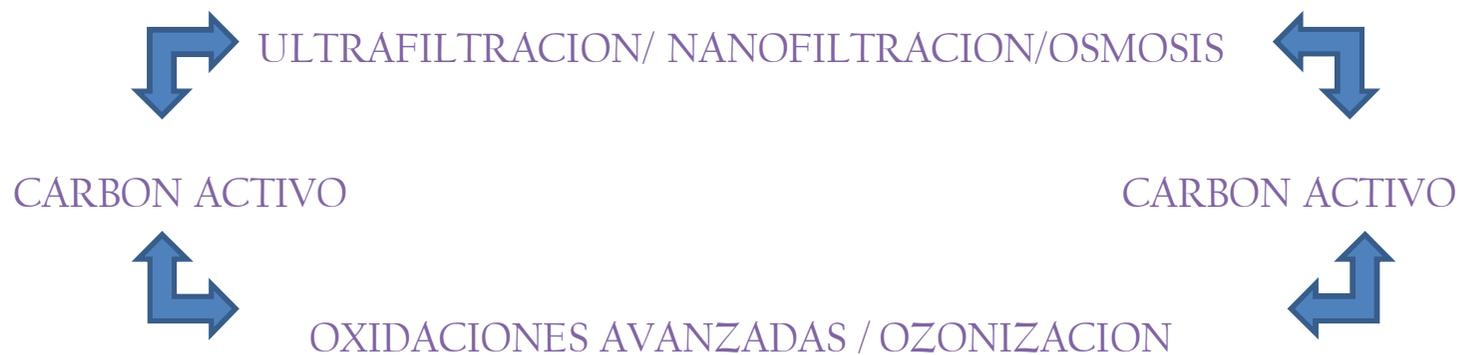
2.2. Procesos de Eliminación

TRATAMIENTOS AVANZADOS

- “ TiO_2 : en suspensión (nano partículas) proporciona mejores rendimientos y tiene la posibilidad de una recuperación posterior que abarata costes
- “ Costes de energía altos pero menores que la Ozonización.
- “ Combinados con otros tratamientos.
- “ No genera residuos.
- “ Procesos de fotocatalisis eliminación 98 % compuestos farmacéuticos, incluyendo estrógenos.
- “ Eliminación de Pesticidas: rendimientos inferiores.

2. Contaminantes Emergentes y procesos de eliminación

2.2. Procesos de eliminación



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Agua Bruta procedente del Río Ebro (fuente principal) + Pozos aluvial (fuente auxiliar)

Río Ebro el más caudaloso de España. En Tudela 40 m³/s hasta 2.700 m³/s

Caudal nominal: 412 l/s

Personal: 9 (Jefa de Planta, Oficial y Operarios)

Planta atendida 24 horas al día 365 días/año con dos personas turno de noche.

Caudal medio 2016 = 14.500 m³/día (media 170 l/s)

Titular: Junta Municipal Aguas de Tudela

Empresa explotadora: DAM, duración del contrato cuatro años,

Control de Proceso: parámetros Cloro y Turbidez,

Control de Calidad: Laboratorio Junta Municipal de Aguas de Tudela situado en la Etap y con personal de Junta de Aguas

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA. Proceso

PREOXIDACION: Hipoclorito de Sodio, no es a demanda



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA. Proceso

PAC: dosis 6-10ppm, en continuo. Bajo criterio del Laboratorio de Calidad

Eliminación de olores, sabores, pesticidas y control THM



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA. Proceso

COAGULACION: Policloruro de Aluminio al 10 % con dosis de 55 ppm



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA. Proceso

FLOCULACION: Almidón Aniónico: estacional con dosis de 0,1 – 0,15 ppm

DECANTACION: tres decantadores Acelator



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA. Proceso

OXIDACION INTERMEDIA: Hipoclorito de Sodio, residual 0,3- 0,5 ppm salida filtros

FILTRACION: seis filtros de arena sílicea. Turbidez 0,2-0,3 NTU

CLORACION FINAL: Hipoclorito de Sodio, residual 0,9- 1 ppm salida ETAP



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Informe C. H. E. Control de Plaguicidas Informe Anual año 2015

Estación 0162 Ebro en Pignatelli, muestreo febrero, mayo, junio, julio, septiembre

El total de plaguicidas detectados es en todos los casos inferior a los 200 ng/l

Se han detectado Terbutilazina y Metolacloro en todos los muestreos

Metolacloro: junio 2015 se midieron 106 ng/l*

Proyecto Aquaterra 2004-2009:

Seguimiento de 30 farmacos

“ Paracetamol, Beta- bloqueantes, Carbamacepina, Ibuprofeno

“ Concentración total 600 ng/l Arga en Puente la Reina (10 m³/s)

Retardantes de llama bromados en sedimentos y peces

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Informe C. H. E. Red de Control de Sustancias Peligrosas:

Estación 0162 Ebro en Pignatelli. Matriz Agua

- " Difenileteres Bromados < LC (0,01 µg/l)
- " DDT y metabolitos < LC (0,005-0,03 µg/l)
- " HCH < LC
- " Nonilfenol < LC (0,2µg/l) 4-n nonilfenol < LC (0,03 µg/l)

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

PAC usado actualmente en la ETAP

CHIEMIVALL : Carbopal CCP 80. Carbón Vegetal

Indice de Yodo	900 mg/g
Azul de metileno	140 g/kg
Area superficial	950 m ² /g
PH	9-11
Humedad envasado	5 %
Solubles en agua	2 %
Cenizas	5%

Coste: 1,40 €/kg. Año 2015 se dosificaron 39.300 kg. Importe 55.020 €

**El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de
contaminantes químicos emergentes**

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Analíticas en Laboratorio de la Etap en Agua Tratada

- “ Certificado ISO 9001. Métodos Validados., control de calidad Interno y Externo (Ejercicios intercomparación)
- “ Control Plaguicidas según RD 140/2003 incluidos en el Análisis Completo
- “ Frecuencia analítica marcada RD en Salida Tratamiento= 3 anuales
- “ Frecuencia analítica real en Salida Tratamiento: analítica mensual . Abril – Septiembre = quincenal

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Residuos generados

Año 2015 se llevaron a vertedero 320 Ton de fango con una sequedad mínima del 22%

39.200 kg de Carbón dosificado incluidos en ese fango



El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

E.T.A.P TUDELA

Eliminaciones teóricas :

Tiempo de retención 4 horas en planta mínimo decantadores con recirculación de fango

Plaguicidas = eliminaciones medias del 80 %

Productos Farmacéuticos / Higiene Personal = 40-50 %

Eliminaciones reales:

Sólo se analizan Pesticidas.

Total plaguicidas = 100 % muestras realizadas por debajo de 0,5 µg/l, por debajo del LC de los Pesticidas analizados *

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

CASO PRACTICO

Entre los días 10 y 13 de junio de 2015 se registraron fuertes precipitaciones que hicieron subir el caudal del Ebro y también la turbidez. Sin embargo en este episodio además de las afecciones habituales en estos casos, también se detectó en planta la presencia de un pesticida, el *Metolacoloro*, por encima de su **Límite de Detección**. En planta nunca se había dado esta circunstancia,

El Metolacoloro es un herbicida de presiembra y selectivo, para el control de malezas. Actúa como inhibidor de la germinación de malezas en cultivos como el maíz y girasol. Las dosis medias recomendadas son entre 0,8 – 1,5 L/ha dependiendo de la características del suelo.

Sorprende las concentraciones detectadas en el río con los caudales tan elevados que se registraron

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

CASO PRACTICO

Concentración de Metolacloro en ng/l.

LC = 24 ng/l LD = 8 ng/l

	Filtrada	Tratada	Río Ebro	Pozo	Caudal (m3/s)
11/06/2015		< LC			230
12/06/2015	< LC				220
15/06/2015		28			170
16/06/2015			> 100	80	150
17/06/2015	35	43			140
18/06/2015	< LC	27			122
19/06/2015	< LC		> 100	44	110
22/06/2015	< LC	< LC			76
25/06/2015	< LC	< LC	31	< LC	75
26/06/2015	< LD				65

El papel y las limitaciones de las potabilizadoras en el control de contaminantes químicos emergentes

3. Tratamiento en la ETAP de Tudela. Caso práctico

CASO PRACTICO

Se describen las actuaciones llevadas a cabo en la Etap:

1ª medida: el día 11 cuando el Metolacloro superó su LD, se subió las dosis de carbón a 8 ppm

2ª medida: el día 15: el Metolacloro supera el LC y se situa en los 28 ng/l. Se aumenta la mezcla con agua de pozo

3º medida: el día 16 se observa que hay Metolacloro en el agua del pozo. Se sube el carbón hasta los 10 ppm,

El día 26 se bajó la dosis de carbón y se redujo la mezcla con agua de pozo al haberse reducido notablemente la concentración de Metolacloro, por debajo del LD en el agua filtrada.

4. Conclusiones

- “ Las ETAPs son las que garantizan la Cantidad y la Calidad de agua de Consumo Humano. Los CE no se eliminan en aquellas con un tratamiento convencional.
- “ La eliminación de CE representan un desafío para las ETAPs y la aplicación de cualquier tratamiento supone la necesidad de una inyección económica en la explotación.
- “ En cada instalación para establecer el sistema adecuado para la eliminación de CE deberá tenerse en cuenta, además de los costes, el Régimen de Explotación de la misma para que el tratamiento sea eficaz..
- “ Los tratamientos como la Ultrafiltración, Nanofiltración y Osmosis, pueden conseguir reducciones importantes de CE. Requieren un buen tratamiento previo para eliminar MON y Microorganismos que dificultan la operación posterior. El coste de tratamiento es elevado por el mantenimiento y la energía. Generan residuos que hay que gestionar

4. Conclusiones

- “ El **Adsorción con Carbón Activo** un tratamiento para la eliminación de CE de fácil aplicación en las ETAPs, tiene unos costes asumibles y no genera subproductos. Puede actuar como **barrera preventiva** frente a los CE y para algunos de ellos los rendimientos de eliminación son buenos. Hay que tener en cuenta la necesidad de gestionar los residuos que se generan (PAC en el fango, GAC regenerado).
- “ En los procesos de **oxidación con Ozono** se obtiene buenos rendimientos en la eliminación de Farmacéuticos, Productos de Higiene Personal, Estilo de vida, pero las eliminaciones en los Pesticidas no son tan efectivas. Este proceso requieren altos consumos energéticos y aunque no genera residuos, debe tenerse en cuenta la posible formación de subproductos no deseables. (Bromatos).

4. Conclusiones

- “ En los **Procesos de Oxidación Avanzada** se obtiene buenos rendimientos en la eliminación de Farmacéuticos, Productos de Higiene Personal, Estilo de vida aunque los rendimiento de eliminación en los Pesticidas no son tan altos. El consumo de energía es más ajustado y la recuperación del catalizador (TiO_2) abarataría costes. Tecnologías prometedoras en fase de desarrollo industrial y estudio los posibles subproductos generados. No se generan residuos.
- “ La estrategia adecuada resulta de combinar varios de tratamientos para en cada caso poder solucionar el problema específico que se plantea en la instalación.

5. Bibliografía

- [1] Sanz Ataz, J., Ortega Diaz J.M. y Rodrigo Alonso J.C. *Eliminación por decantación lastrada de microcontaminantes orgánicos en efluentes tratados*. Veolia Water Solutions and Technologies (2014)
- [2] Patiño, Y., Díaz E. y Ordoñez S. *Microcontaminantes Emergentes en Aguas: tipos y sistemas de tratamiento*. Av. cien.ing 5(2), 1-20 (2014)
- [3] Gil, M.J., Soto A. M., Usma J.I. y Gutierrez O.D. *Contaminantes Emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos*. Producción+Limpia Vol. 7 No.2 52-73 (2012)
- [4] Miguel Salcedo N., *Estudio de la eliminación de plaguicidas presentes habitualmente en aguas de la cuenca del Ebro mediante procesos de oxidación avanzada*. Memoria Grado de Doctora Universidad de Zaragoza (2010)
- [5] Alvarez Torrellas S., *Eliminación de contaminantes emergentes presentes en aguas mediante adsorción en lecho fijo*. Memoria Grado de Doctora Universidad Complutense de Madrid (2014)
- [6] López R. y Irusta R., *Tendencias en el tratamiento de contaminantes emergentes*. CARTIF Centro Tecnológico (2010)
- [7] Escuadra S., Gómez J., Lasheras A.M. , Bezdicek J. y Ormad M.P., *Aplicación de nano-fotocatálisis con TiO₂ como tratamiento final de agua de salida de depuradora*. Universidad de Zaragoza, NILSA y Lavenger, S.L. (2016)