



**UNIVERSITAT
JAUME I**

**MEMORIA DE ACTIVIDADES
CÁTEDRA RECIPLASA – AÑO 2017**

INDICE

1. Actividades realizadas en 2017 en el marco de la cátedra.....	3
2. Presupuesto.....	9
3. Trabajo de investigación "El CSR producido a partir de rechazos de la planta de tratamiento mecánico-biológica de Onda: Estudio de la variación anual de la composición del rechazo" realizado por el Grupo de INGeniería de RESiduos (INGRES) de la Univesitat Jaume I.....	10
4. Trabajo de investigación "Investigación de contaminantes orgánicos en aguas del entorno de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos del término municipal de Onda" realizado por el Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas (IUPA) de la Universitat Jaume I.....	18

1. Actividades realizadas en el marco de la cátedra en 2017.

- **Acto de presentación de la memoria anual de 2016** de la Cátedra Reciplasa de gestión de residuos urbanos, y aprobación de la propuesta de actividades para 2018. Llotja del Cànem de Castellón, **1 de marzo de 2017**.
- **Participación de la Cátedra Reciplasa en FirUJciència 2017**. FirUJciència es una iniciativa de la Universitat Jaume I y el CEFIRE de Castellón, que celebró este año su tercera edición. En esta ocasión, la Cátedra Reciplasa ha promocionado, por medio del INGRES, una serie de actividades para concienciar sobre la importancia del reciclaje en el ámbito doméstico y repartió mochilas promocionales entre los asistentes. Universitat Jaume I, **6 de abril de 2017**.



- FirUJciència 2017-

- **Mesa Redonda: “Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: retos y alternativas de futuro”.** Realizada en el edificio Menador el **5 de Junio de 2017**. Se trataron temas de actualidad como la valorización energética de los RSU, las ventajas e inconvenientes de la recogida selectiva de residuos, o los retos que plantea la gestión de los residuos urbanos ante el Horizonte 2020.

Primera parte. Presentación breve por parte de los ponentes invitados de los temas objeto de su competencia:

- César Rico Vallejo – Vocal de la Junta Directiva de Asociación Nacional de empresas Públicas de Medio ambiente (ANEPMA) y director de Producción de LYMA, empresa pública de limpieza y medio ambiente de Getafe. Recogida Selectiva de Residuos Urbanos
- José María Sánchez Hervás. Jefe de la Unidad de Valorización Energética de Combustibles y Residuos, del Departamento de Energía del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Valorización energética de los residuos
- Alodia Pérez Muñoz, responsable de recursos naturales y residuos en Amigos de la Tierra. Retos de la gestión de residuos frente al Horizonte 2020/2030
- Joan Piquer, Director General de Cambio Climático y Calidad Ambiental de la Generalitat Valenciana. Visión de la administración autonómica sobre la Gestión de Residuos.

Segunda parte: Preguntas a los ponentes por parte de los asistentes, y debate ágil y abierto, con numerosas intervenciones de ponentes y asistentes. El profesor Félix Hernández, Director de la Cátedra, ejerció de moderador



-Mesa redonda "Gestión de (RSU): retos y alternativas de futuro"-

- **Visita a la planta de tratamiento de RSU en Onda**, dirigida a estudiantes del Máster de Técnicas Cromatográficas Aplicadas y de doctorado en Ciencias de la Universitat Jaume I. La visita comenzó con el visionado del nuevo vídeo promocional de Reciplasa S.A. en el que se detalla de forma gráfica el volumen de residuos que se generan en una ciudad del tamaño de Castellón, y que conciencian sobre la importancia de la separación de residuos en el hogar. Tras el video y las explicaciones del director de la Planta, Fernando Albarrán, la visita continuó con un recorrido por las instalaciones de la planta, empezando por la zona de recepción de los residuos, siguiendo por el área de triaje y finalizando en la zona de compostaje. **17 de Octubre de 2017.**



-Visita a la planta de tratamiento de RSU en ONDA-

- **Visita al Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER)**, ubicado en Soria. El director de la Cátedra, Félix Hernández, realizó una visita al Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER), para conocer de primera mano las instalaciones y proyectos que se están llevando a cabo, con el objetivo de evaluar las posibilidades de llevar a cabo trabajos de colaboración. El CEDER es un centro dependiente del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, y está adscrito al Departamento de Energía de este organismo público. Está considerado un centro pionero en España en el campo del aprovechamiento energético de la biomasa.

En su visita al CEDER, el profesor Hernández estuvo acompañado por el Dr. Jose María Sánchez Hervás, Jefe de la División de Combustión y Gasificación, la Dra. Raquel Ramos, jefa de la Unidad de procesos de Conversión Térmica, y la Sra. Virginia Pérez, técnico superior de investigación de dicha unidad. El debate se centró en los proyectos que se están llevando a cabo sobre valorización de residuos mediante tratamiento térmico, así como en la producción de biocarburantes mediante tratamientos biológicos de tipo enzimático, a partir de residuos urbanos, actividad que se desarrolla en la Unidad de Biocarburantes del CIEMAT. Se acordó, asimismo, discutir en los próximos meses la posibilidad de presentar dichos proyectos en Castellón en el marco de las actividades de la Cátedra RECIPLASA para 2018. Por otro lado, se ofreció a la Cátedra la posibilidad de visitar en los próximos meses las instalaciones del CIEMAT en Madrid, así como una nueva visita al CEDER, con el fin de conocer con más detalle los trabajos realizados y estudiar las posibles colaboraciones.

Con estos contactos se abren las puertas a futuras cooperaciones, que pueden redundar en una mejor gestión, más sostenible, de los residuos urbanos generados en la provincia. **7 de noviembre de 2017.**



-Visita al CEDER, Soria-

- **Mesa redonda en el marco de Ecofira, Feria Valencia.** Esta mesa fue la segunda del Ciclo: "Gestión sostenible de los residuos urbanos. El valor de la basura". Los ponentes invitados fueron:
 - Rubén Alfaro, Presidente de la Federación Valenciana de Municipios y Provincias, que explicó la visión de los ayuntamientos sobre la gestión de residuos
 - Francisco González, representante del Grupo para el Estudio y Conservación de los Espacios Naturales (GECEN), que habló del punto de vista del sector ecologista frente a la gestión de residuos urbanos y defendió la idea de residuo cero
 - José María Sánchez Hervás, jefe de la Unidad de Valorización Energética de Combustibles y Residuos, del departamento de Energía del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) con una ponencia sobre la valorización energética de los residuos urbanos y los procesos térmicos asociados, así como la importancia de considerar los deshechos como recursos energéticos
 - Alejandro Carbonell, de la consultoría A2n, que explicó los costes fiscales asociados a la recuperación de la basura y el nuevo canon de la

Administración que se aplicará por tonelada de residuo llevado a vertedero.

Tras un receso, se entabló un interesante debate con numerosas preguntas a los ponentes y discusión por parte de todos los asistentes, en el que se comentaron aspectos relativos a los procesos que conlleva el tratamiento de los RSU, las diferentes tasas y costes asociados a la recogida de basura, y la necesidad de establecer vías de acción, tanto por parte de los ayuntamientos como por asociaciones ecologistas y otras entidades, en labores de concienciación. **29 de noviembre de 2017.**



-Mesa redonda Feria Valencia-

2. Presupuesto anual 2017

Reciplasa			
Concepto	Total	Total (con IVA)	Disponible
Convenio creación de la Cátedra	8.743,00 €	8.743,00 €	7.868,70 €
Contrato investigación IUPA	15.000 €	18.150 €	13.500 €
Contrato investigación INGRES	6.700 €	8.107 €	6.030 €
TOTAL 2017 (IVA INCLUIDO)		35.000 €	

Convenio Cátedra (7868,7€)	Gasto	Saldo
Remanente ejercicio 2016		1.565,96 €
Incorporado Convenio		7.868,70 €
Total		9.434,66 €
Personal	1.000 €	8.434,66 €
Gastos Mesas Redondas	3.912,58 €	4.522,08 €
Visita Planta Reciplasa	50,60 €	4.471,48 €
Visita Ceder	246,57 €	4.224,91 €
Gastos Protocolarios	469,30 €	3.755,61 €
Gastos Informática	1.253,50 €	2.502,11 €
Total gastado	6.933 €	
Remanente para el ejercicio 2018		2.502,11 €

3. Trabajo de investigación realizado por el grupo de Ingeniería de Residuos – INGRES. “El CSR producido a partir de rechazos de la planta de tratamiento mecánico-biológica de Onda: Estudio de la variación anual de la composición del rechazo”.

3.1 Introducción

Actualmente, tanto en España como en otros países europeos, la legislación obliga a tratar todos los residuos domiciliarios (RD), excepto pequeñas excepciones, antes de su disposición en vertedero. Sin embargo, en todos los sistemas de tratamiento salvo los térmicos, aparecen corrientes de rechazo cuyo principal destino es el vertedero. Estos rechazos están formados por aquellos materiales que no han podido ser separados y/o reciclados desde un enfoque técnico, económico y/o ambiental. No obstante, debido a que están compuestos mayoritariamente por materiales combustibles, tienen un gran potencial energético, sobre todo cuando los RD de los que proceden tienen un alto poder calorífico. Así pues, una alternativa para la valorización de los mismos es su transformación en un combustible sólido recuperado (CSR), logrando reducir el volumen de residuos enviados a vertedero, proporcionando combustibles alternativos a las industrias que hacen un uso intensivo de combustibles fósiles y contribuyendo a la implantación de la economía circular y el cumplimiento de sus objetivos.

Los rechazos son un material muy heterogéneo y su composición y propiedades dependen de los RD de entrada a las plantas y de la configuración de las mismas. La composición de los rechazos y su variabilidad también afectará a la calidad del CSR obtenido a partir de los mismos y, por tanto, al cumplimiento o no de los requisitos de calidad para su uso como CSR en diferentes instalaciones de valorización energética.

Así pues, a la hora de producir un CSR a partir de un rechazo de una planta de tratamiento de RD, que cumpla con unos estándares de calidad, por ejemplo los establecidos por la Norma UNE 15359:2012, es imprescindible conocer la variación anual en las propiedades del mismo.

3.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la variación anual de la composición y la humedad de los rechazos susceptibles de generar CSR, de la planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB) de Onda. Los resultados obtenidos permitirán conocer si la estacionalidad influye en las propiedades de estos rechazos. Este hecho se deberá considerar en la producción de CSR, ya que el poder calorífico y otros parámetros de calidad podrán ser diferentes en función de la época del año. Para ello se han llevado a cabo caracterizaciones de los rechazos en diferentes estaciones y, posteriormente, los resultados han sido analizados estadísticamente.

Se han determinado las posibles variaciones entre las estaciones primavera-verano y otoño-invierno, tanto de la composición como en la humedad de los rechazos susceptibles de convertirse en CSR.

Se han analizado las posibles diferencias entre los días de la semana, tanto de la composición como en la humedad de los rechazos.

3.3 Ámbito de estudio

En la planta de TMB de Onda se generan 4 corrientes de rechazo procedentes de diferentes etapas del tratamiento de los RD:

- Rechazo grueso: generado en la fase de recuperación de materiales, con un diámetro de partícula superior a 80 mm.
- Rechazo de afino primario: generado en el trómel intermedio de pre-afino del material pre-bioestabilizado, con un tamaño de partícula entre 80 y 30 mm.
- Rechazo de afino secundario: generado en el trómel de afino del bioestabilizado, con un tamaño de partícula entre 30 y 14 mm.
- Rechazo de mesa densimétrica: generado en la mesa densimétrica de afino del bioestabilizado, compuesta principalmente por materiales inertes (vidrio, cerámicos y piedras) de pequeño tamaño.

De todos ellos, las tres primeras son las que tienen un mayor potencial para su transformación en un CSR y, por tanto, son los rechazos que conforman el ámbito de estudio y sobre los que se ha analizado la variación anual de la composición y humedad.

El estudio se ha realizado durante el año 2017, el cual se dividió en dos periodos o fases. El primero de ellos comprende las estaciones de primavera-verano (fase 1) y el segundo las de otoño-invierno (fase 2).

3.4 Toma de muestras

En estadística, el número de muestras mínimo hace referencia al número de observaciones que componen la muestra extraída de una población y que, como mínimo, son necesarias para que los resultados obtenidos sean representativos. Así pues, para llevar a cabo la caracterización física de los rechazos con el mayor grado de representatividad posible, será necesario determinar el número mínimo de muestras necesarias. Para ello, en este trabajo se ha utilizado la metodología diseñada por el grupo INGRES para el muestreo de rechazos producidos en plantas de tratamiento de RD.

Como resultado se ha obtenido que el número de muestras mínimo a analizar es de 60. En la tabla 1 se adjunta el calendario con la programación temporal y el número de muestras que finalmente se han caracterizado en cada uno de los días, fases y corrientes (en total 103 muestras).

Tabla 1. Programación y número de muestras

Día semana	Programación		Rechazo recuperación		R. Afino primario		R. Afino secundario	
	FASE 1	FASE 2	FASE 1	FASE 2	FASE 1	FASE 2	FASE 1	FASE 2
Lunes	29/05/2017	20/11/2017	1	1	2	2	2	2
	19/06/2017	04/12/2017	2	1	2	2	2	2
Martes	30/05/2017	21/11/2017	1	1	2	2	2	2
	20/06/2017	28/11/2017	1	1	2	2	2	2
Miércoles	31/05/2017	22/11/2017	1	1	2	2	2	2
	07/06/2017	13/12/2017	1	1	2	2	2	2
Jueves	01/06/2017	23/11/2017	2	1	2	2	2	2
	08/06/2017	30/11/2017	1	1	2	2	2	2
Viernes	26/05/2017	24/11/2017	2	1	2	2	2	2
	02/06/2017	01/12/2017	1	1	2	2	2	2
TOTAL			13	10	20	20	20	20

Respecto al tamaño mínimo de muestra (m_m), aplicando la Norma UNE-EN 15442 Combustibles Sólidos Recuperados: Métodos de muestreo, los resultados obtenidos han sido:

Tabla 2. Tamaño de muestra inicial

	Rechazo grueso	Rechazo afino primario	Rechazo afino secundario
m_m (kg)*	60	1	0,4

*Valor redondeado

3.5 Determinación de la humedad

Cada uno de los días de muestreo se determinó la humedad de las tres corrientes de rechazos, mediante el método de secado en estufa a 105°C definido en la norma de combustibles sólido recuperado UNE-EN 15414-3 (2011).

3.6 Resultados

Composiciones medias anuales de los tres rechazos

A pesar de que el análisis estadístico llevado a cabo establece que existen diferencias para algunos de los materiales que componen los rechazos en función de la época del año, en las figuras siguientes se muestran las composiciones medias anuales de los tres rechazos estudiados.

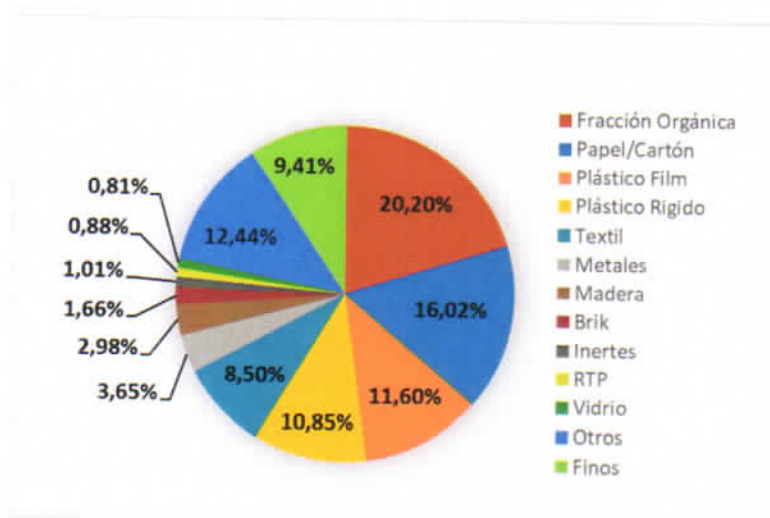


Figura 1: Composición media anual del rechazo grueso

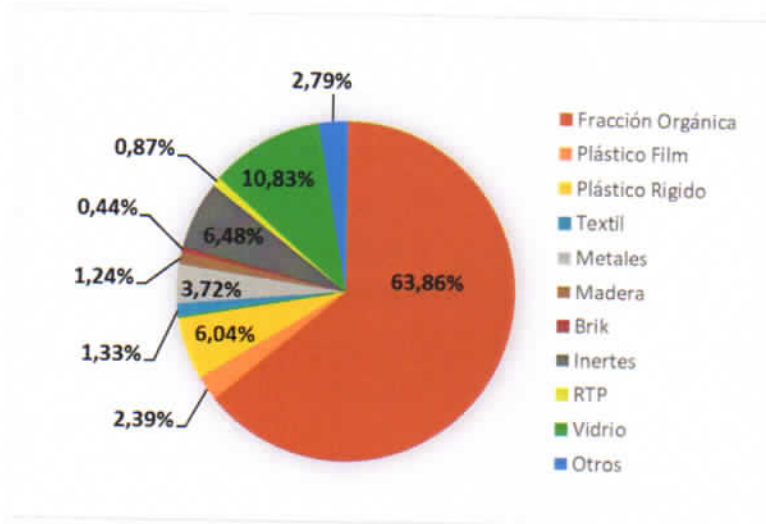


Figura 2: Composición media anual del rechazo de afino primario

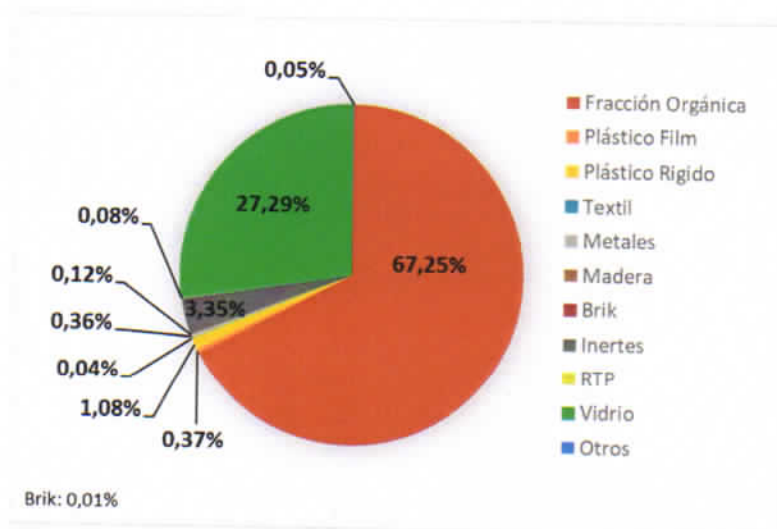


Figura 3: Composición media anual del rechazo de afino secundario

Humedad de los rechazos

A pesar de que el análisis estadístico llevado a cabo también establece que existen diferencias entre fases para alguno de los rechazos, la humedad media y desviación estándar para cada una de las corrientes de rechazo y fases del estudio se exponen en siguiente tabla.

Tabla 3: Humedad de los rechazos, fase 1 y 2

Corriente	HUMEDAD (%)			
	FASE 1		FASE 2	
	Media	Desv. St	Media	Desv. St
Rechazo grueso	25,95	5,00	31,70	4,05
Rechazo de afino primario	28,81	7,54	38,75	6,73
Rechazo de afino secundario	11,00	4,83	15,89	7,50

3.7 Conclusiones

Respecto a la composición y humedad del rechazo grueso, se concluye que:

- Es un material muy heterogéneo, la composición media anual está formada principalmente por materiales altamente combustibles como: fracción orgánica, papel/cartón plásticos, textiles y otros (pañales, juguetes, zapatos, espumas o piezas de plástico de gran tamaño).
- La fracción combustible representa el 85,9% del total del material.
- Los resultados obtenidos tras el análisis estadístico indican que existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de las fracciones papel/cartón y otros entre las dos fases del estudio. Se puede afirmar que en función de la estación del año el porcentaje de estos dos materiales varía, siendo menor en la fase 1 (primavera-verano) que en la fase 2 (otoño-invierno) para ambas fracciones. Estas diferencias pueden estar relacionadas con que el rechazo grueso tiene una mayor humedad en la fase 2. Por tanto, las propiedades del CSR también variarán.
- Respecto a la variación entre los días de la semana, los resultados obtenidos muestran que existen diferencias en el porcentaje de fracción orgánica y plástico film. Para el caso de la fracción orgánica estas diferencias se dan entre los jueves y los viernes, siendo el porcentaje mayor el primero de los dos días. En el caso del plástico film, el porcentaje es menor los martes en comparación con los lunes, jueves y viernes. Por tanto es necesario muestrear varios días a la semana.
- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico es menor en el período primavera-verano que en otoño-invierno.

- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico no hay diferencias entre días de la semana. Por tanto, para determinar la humedad no es necesario tomar una muestra cada día de la semana.
- Respecto a la humedad, la fracción más húmeda es el rechazo de afino primario, seguido del rechazo grueso y finalmente el rechazo de afino secundario. Este hecho se debe a la procedencia de los rechazos.

Respecto a la composición y humedad del rechazo de afino primario se concluye que:

- La fracción orgánica es el material mayoritario, con un 61,13% en la fase 1 y un 63,9%, debido a que esta corriente se origina en la etapa biológica del tratamiento de RD.
- La fracción combustible supone un 79% del total del material.
- Los resultados del análisis estadístico muestran que existen diferencias en el porcentaje de fracción orgánica en función del período de muestreo. Por lo tanto, se puede afirmar que el porcentaje de fracción orgánica es menor en la fase 1 (primavera-verano) que en la 2 (otoño-invierno). Este menor porcentaje de fracción orgánica en la primera fase puede estar relacionado con una menor humedad. Por tanto, las propiedades del CSR también variarán.
- Respecto a la variación entre los días de la semana, los resultados del análisis estadístico indican que no existen diferencias significativas en la composición de este rechazo en función del día de la semana. Por tanto no es necesario muestrear todos los días a la semana.
- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico es menor en el período primavera-verano que en otoño-invierno.
- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico no hay diferencias entre días de la semana. Por tanto, no es necesario muestrear todos los días a la semana.

Respecto a la composición y humedad del rechazo de afino secundario se concluye:

- El rechazo de afino secundario también se genera en la etapa biológica y está compuesto de media por un 67,25% de fracción orgánica, un 27,29% de vidrio y un 3,35% de inertes, suponiendo en conjunto casi el 98% del material. Esto hace que esta corriente de rechazo sea la más homogénea de las tres estudiadas.
- La fracción combustible supone el 69,3% del total del material.

- Se han observado diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de plástico rígido entre las dos fases. Por lo que se puede afirmar que en función de la época del año el porcentaje de este material es diferente, siendo mayor en primavera-verano que en otoño-invierno. Por tanto, las propiedades del CSR también variarán.
- Respecto a la variación entre los días de la semana, los resultados del análisis estadístico muestran que solo existe diferencias significativas en la fracción orgánica. Por tanto, se puede afirmar que la cantidad de este material es distinta en función del día de la semana, siendo mayor el jueves en comparación al resto de días de la semana (lunes, martes, miércoles y viernes). Por tanto, es necesario muestrear todos los días a la semana
- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico es menor en el período primavera-verano que en otoño-invierno.
- Respecto a la humedad, desde el punto de vista estadístico sí se han detectado diferencias entre días de la semana, en las dos fases. Por tanto, es necesario muestrear todos los días a la semana.

4. Trabajo de investigación realizado por el Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas – IUPA. “Investigación de contaminantes orgánicos en aguas del entorno de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos del término municipal de Onda”

4.1 Objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es investigar la presencia de contaminantes orgánicos en las aguas del entorno de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) del término municipal de Onda, con el fin evaluar la posible influencia de las actividades de la planta sobre su entorno.

Para ello, se han seleccionado diversos puntos de muestreo de agua subterránea y superficial, y se han aplicado técnicas analíticas avanzadas, basadas en acoplamiento cromatografía/espectrometría de masas, para su determinación a nivel de trazas.

4.2 Introducción

Hoy en día, se puede encontrar en el medio ambiente un gran número de contaminantes orgánicos de diferentes familias químicas y distintas características fisicoquímicas. Algunos de ellos, son contaminantes orgánicos “clásicos”, como los pesticidas, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y los bifenilos policlorados (PCBs), mientras que otros se pueden clasificar dentro del extenso grupo denominado contaminantes emergentes. Entre estos últimos, destacan los productos de cuidado personal, los fármacos, incluidos los antibióticos, tanto de uso humano como animal, las drogas de abuso y un gran número de productos de transformación (TP) y metabolitos, que en muchos casos son todavía desconocidos.

Todos estos contaminantes pueden afectar a las aguas subterráneas y superficiales y proceden de diversas fuentes. Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), al igual que las plantas de reciclado de residuos sólidos urbanos (RSU), se encuentran entre las potenciales vías de contaminación, ya que tratan grandes cantidades de residuos de origen urbano, que normalmente contienen muchos contaminantes orgánicos y residuos procedentes de su uso cotidiano. Por ello, resulta necesario controlar la presencia de dichos compuestos, que pueden estar presentes en aguas tratadas en las PTAR así como en zonas afectadas por las plantas de tratamiento de RSU, con el fin asegurar la calidad del agua y, en su caso, prevenir sobre el consumo

de agua que pudiera estar contaminada y que podría provocar problemas de salud pública.

4.3 Selección de compuestos y técnicas de análisis.

Para llevar a cabo el control de contaminantes orgánicos a niveles de ultra-traza, se utilizaron en este trabajo dos técnicas complementarias, como son la cromatografía de gases (GC) y la cromatografía de líquidos (LC), ambas acopladas a espectrometría de masas en tándem (MS/MS) con analizador de triple cuadrupolo (QqQ).

Por un lado, los análisis mediante LC-MS/MS permitieron determinar los niveles de concentración de 38 compuestos seleccionados, de los cuales los plaguicidas son mayoritarios, por ser los que se detectaron más frecuentemente en estudios anteriores. También se incluyeron fármacos, por ser contaminantes emergentes que preocupan actualmente por su posible afección al medio ambiente acuático, y el metabolito principal de la cocaína, la *benzoylecgonina*, que se detecta con frecuencia en las aguas residuales de origen urbano.

Por otro lado, las dos metodologías complementarias aplicadas, basadas en GC-MS/MS, permitieron determinar 14 retardantes de llama, tipo Difeni-Eter Polibromados (PBDEs), 7 Bifenilos Policlorados (PCBs), 18 Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAHs) y 16 plaguicidas.

4.4 Toma de muestras

Se analizaron muestras de agua, subterránea y superficial, procedentes de 9 puntos de muestreo situados en el entorno de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de Onda (ver **Figura 4**). Los puntos de muestreo se seleccionaron con el fin de recoger muestras de aguas arriba y aguas abajo del sentido de flujo del acuífero, en relación a la localización de la Planta de Reciplasa.

La toma de muestras tuvo lugar en mayo 2017, por parte de personal especializado de una empresa acreditada para estudios en la realización de interés ambiental (puntos de muestreo 1-4 y 8-9) y por personal del IUPA (puntos de muestreo 5-7). Una vez recibidas las muestras en el laboratorio, se procedió a su congelación a <-18°C, hasta el momento de los análisis.



Planta Reciplasa

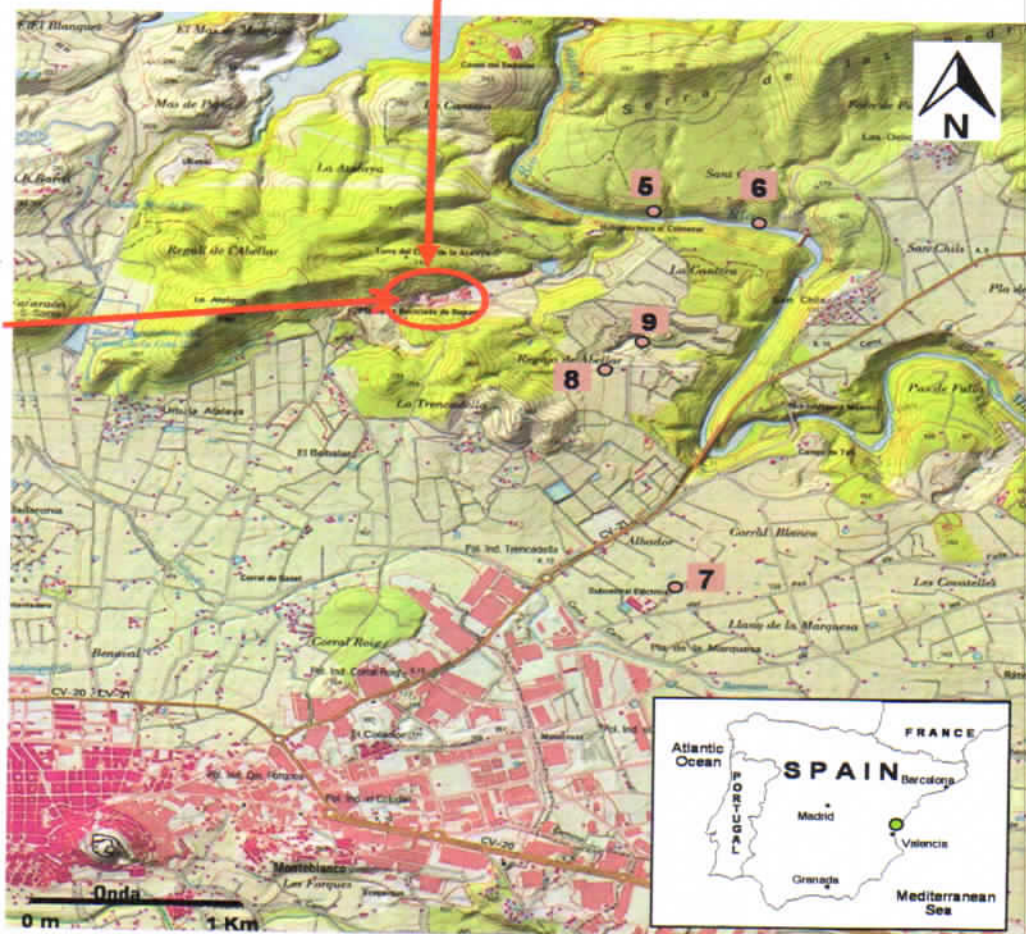


Figura 4. Mapa aéreo de los puntos de muestreo.

4.5 Análisis y resultados obtenidos

A continuación, se presentan de forma resumida los resultados obtenidos en este trabajo. En cuanto a los resultados mediante la técnica LC-MS/MS, cabe destacar que su elevada sensibilidad permitió detectar niveles muy bajos de concentración, por lo que fueron numerosos los positivos encontrados, aunque la mayoría de ellos a muy bajas concentraciones (del orden de pocos ng/L). Se detectaron 26 de los 38 compuestos estudiados en las 9 muestras de agua. La mayoría de los positivos correspondieron a plaguicidas, lo que refleja la problemática asociada a su uso en la agricultura

Aproximadamente, el 38% de las detecciones correspondieron a compuestos que se encontraban a concentraciones inferiores al límite cuantificación del método o al punto bajo del calibrado ($< 1\text{ng/L}$, no disponible LOQ), por lo que, aunque se confirmó su identidad, no se pudo cuantificar al encontrarse a niveles extremadamente bajos de concentración.

De todas las analizadas, fue la muestra de agua subterránea 2, Piezómetro aguas abajo (zona afino compost), en la que se encontró el mayor número de fármacos, 6 de los 14 incluidos en los análisis. Por otro lado, en las aguas subterráneas, muestra 7 (Pozo San Martín de Porres) y muestra 8 (Pozo Sabater I), fueron las que contenían mayor número de plaguicidas, 13 y 14 de los 23 incluidos en el método analítico, respectivamente.

En cuanto a los fármacos, el analgésico *phenazone* fue el más frecuentemente detectado (en 4 de 9 muestras). Entre los plaguicidas, cabe destacar la presencia habitual de los herbicidas triazinas y de sus productos de transformación/metabolitos. Entre estos últimos, el compuesto *OH-terbuthylazine* estuvo presente en las 9 muestras analizadas. Otros herbicidas, como *diuron* y *bromacilo* también se detectaron frecuentemente, así como los fungicidas *metalaxil* e *imazalil*, y el insecticida *imidacloprid*, que fue el único compuesto, entre todos los estudiados, que superó el valor de $0.1\ \mu\text{g/L}$, con $0.47\ \mu\text{g/L}$ en la muestra 2 (piezómetro aguas abajo, zona afino compost). Por lo que se respecta al metabolito principal de la cocaína, *benzoylecgonine*, se detectó en 3 de las 9 muestras.

El nivel de $0.1\ \mu\text{g/L}$ suele tomarse como referencia en aguas por tratarse del máximo permitido para plaguicidas en aguas de abastecimiento urbano. En el caso de los fármacos, ninguno de los compuestos estudiados llegó a superar el nivel establecido como referencia de $0.1\ \mu\text{g/L}$.

Como ejemplo, la **Figura 5** ilustra los positivos encontrados en la muestra 2, agua subterránea correspondiente al Piezómetro aguas abajo (zona afino compost), recogida el 19/05/2017 y analizada mediante LC-MS/MS.

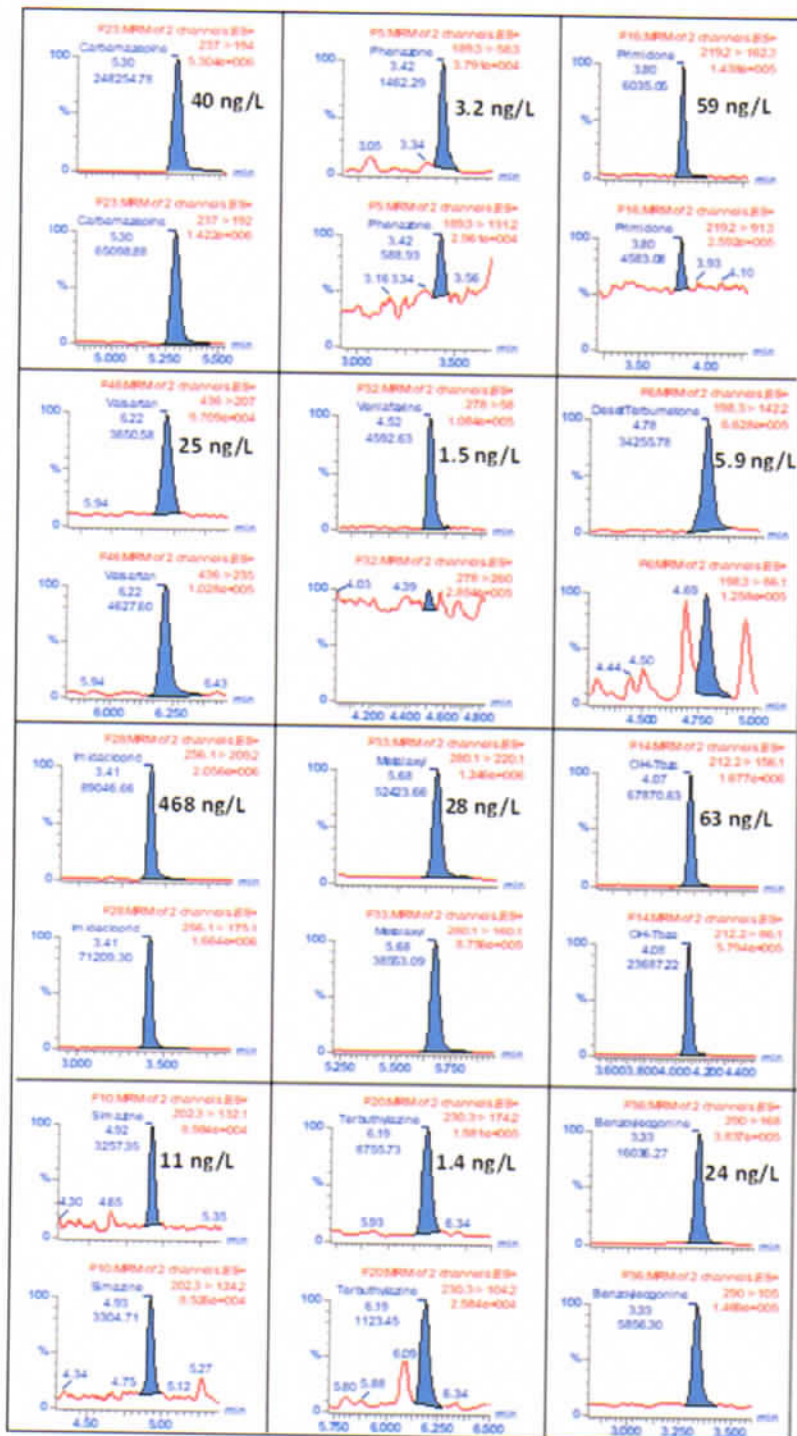


Figura 5. Positivos encontrados, mediante análisis por UHPLC-MS/MS, en la muestra 2, Piezómetro aguas abajo (zona afino compost)

Paralelamente a los análisis por LC-MS/MS, las muestras de agua se analizaron también mediante los dos métodos multi-residuales, basados en GC-MS/MS con analizador QqQ.

Tras la aplicación del método diseñado para la detección e identificación de PBDEs y PCBs, tan sólo se detectaron 4 PCBs a niveles por debajo del LOQ (1ng/L). De los PBDEs incluidos en la lista de compuestos seleccionados, ninguno de ellos se encontró en las muestras de agua analizadas. Por otro lado, tras la aplicación del segundo método, diseñado para la detección y cuantificación de PAHs y plaguicidas, se detectaron 10 compuestos (3 PAHs y 7 plaguicidas).

Al igual que en el método LC-MS/MS, la excelente sensibilidad alcanzada mediante GC-MS/MS permitió encontrar numerosos positivos, aunque la gran mayoría a niveles menores del LOQ, por lo que tan sólo se pudo identificar el compuesto presente pero no se llegó a cuantificar. En el caso de PAHs, tan sólo en un caso -*naphthalene* en la muestra de Piezómetro aguas arriba (muestra 1)-, se superó el nivel de concentración de 0.1 µg/L (100 ng/L), con un valor de 232 ng/L.

La muestra del Pozo San Martín de Porres (muestra 7), presentó el mayor número de positivos, aunque la mayoría a niveles menores del LOQ. En las muestras de Piezómetro aguas abajo (balsa de lixiviados) (muestra 4) y Pozo Sabater II (muestra 9), se detectó tan solo un compuesto, *PCB 153* y *2-phenylphenol*, respectivamente.

El fungicida *2-phenylphenol* fue el compuesto encontrado en un mayor número de muestras, 5 de las 9 aguas analizadas, seguido de los *PCBs 138* y *180*, identificados en 4 muestras de aguas.

Como ejemplo, la **Figura 6** muestra la detección de *PCB 138*, *153* y *118*, en el agua superficial del Río Mijares (Central eléctrica) y en las aguas subterráneas, Piezómetro aguas abajo (zona acopio restos de poda) y Pozo San Martín de Porres, respectivamente, mediante GC-MS/MS.

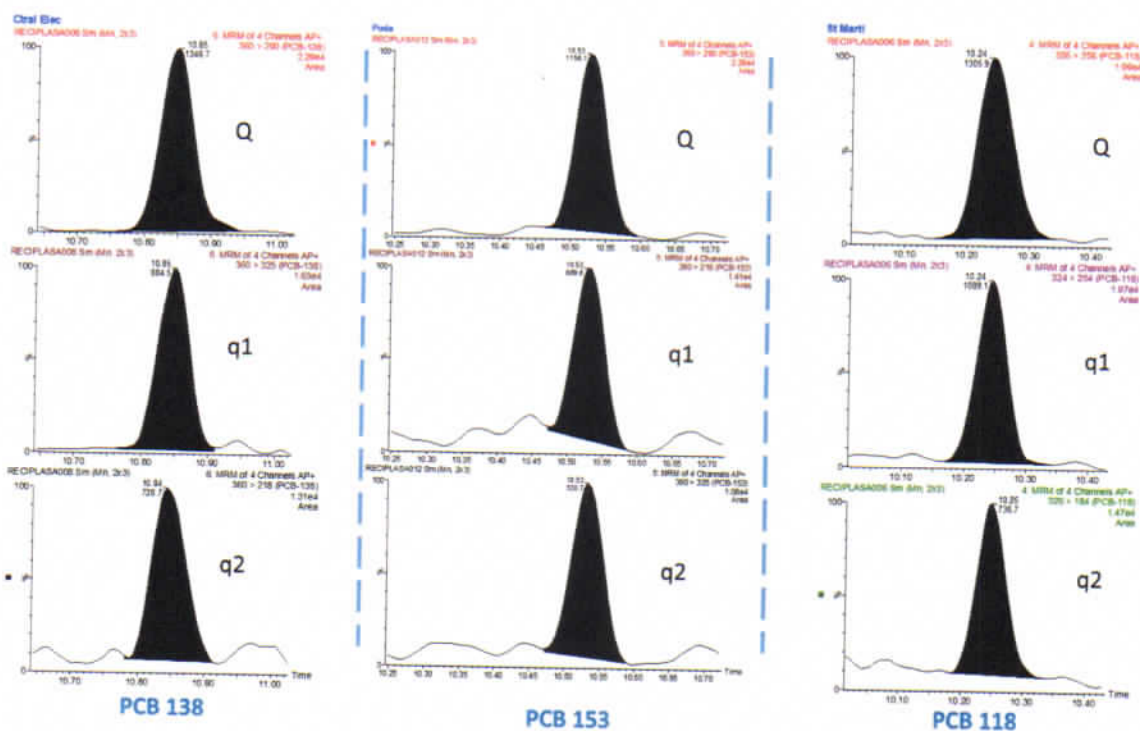


Figura 6. Positivos encontrados en las muestras 5 (PCB 138 en Río Mijares, Central eléctrica; izquierda), 3 (PCB 153 en Piezómetro aguas abajo, zona acopio restos de poda; centro) y 7 (PCB 118 en Pozo San Martín de Porres; derecha), mediante GC-MS/MS

Todos los resultados obtenidos en este trabajo, incluyendo la información detallada con todos los datos, se encuentran en el informe entregado a Reciplasa.

4.6 Conclusiones

En este trabajo se investigó la presencia de alrededor de 100 contaminantes orgánicos en aguas subterráneas y superficiales del entorno de la planta de tratamiento de Reciplasa en Onda. Para ello, se aplicaron técnicas analíticas avanzadas y complementarias, en concreto LC-MS/MS y GC-MS/MS, ambas con analizador de triple cuadrupolo (QqQ).

Los resultados obtenidos muestran que los compuestos más detectados en las aguas son los plaguicidas, habiéndose identificado también algunos productos de transformación/metabolitos. La contaminación de aguas por plaguicidas en la Comunidad Valenciana, y más concretamente en la provincia de Castellón, es un hecho bien conocido, que ya ha sido anteriormente reportado por nuestro propio grupo

de investigación en diversas publicaciones, así como en anteriores informes realizados para Reciplasa. Estos resultados indican que la contaminación de las aguas del entorno de Reciplasa proviene, casi exclusivamente, de las actividades agrícolas. La detección esporádica de algunos fármacos en las aguas del entorno es un hecho que, de momento, no parece relevante, dados los bajos niveles de concentración, siempre inferiores a 0.1 µg/L. La influencia de la planta sobre la calidad de las aguas queda lejos de lo observado, en general, en las PTAR, en las que los tratamientos aplicados a las aguas no suelen ser muy eficaces en la eliminación de contaminantes emergentes.

El hecho de que lleguen a detectarse varios compuestos en las aguas, aunque sea a bajas concentraciones, pone de manifiesto la necesidad de prestar atención a este posible problema mediante programas de control en las aguas del entorno, centrados en la investigación de contaminantes emergentes, con el objetivo de hacer un seguimiento a lo largo del tiempo e identificar cualquier cambio importante en las concentraciones y/o tendencias observadas.

Con este propósito, en el año 2018 se continuará con la toma de muestras de aguas superficiales y subterráneas del entorno de la planta, añadiendo más puntos de muestreo para asegurar la calidad del agua y controlar las posibles variaciones en las concentraciones a lo largo del tiempo.