

# Huella de Carbono de la Regeneración de Agua

## Carbon Footprint of Water Reclamation

L. Delgado\*, Y. Poussade\*\* y P. Aguiló\*\*\*

\* Veolia Water Technologies, c/ Electrodo, 52, 28522, Rivas-Vaciamadrid, Madrid, España.  
(E-mail de contacto: [info.spain@veolia.com](mailto:info.spain@veolia.com))

\*\* Veolia Water Australia, Suite 1502, 15/127 Creek Street, Brisbane, Qld, 4000, Australia.  
(E-mail: [yvan.poussade@veoliawater.com.au](mailto:yvan.poussade@veoliawater.com.au))

\*\*\* Empresa Metropolitana de Sanejament SA (EMSSA), c/ Madrazo, 50-52 1ª, 08006 Barcelona, España.  
(E-mail: [paguilo@emssa.com](mailto:paguilo@emssa.com))

### Resumen

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero despierta actualmente un creciente interés en el sector del agua, debido al significativo impacto que el cambio climático tendrá sobre la disponibilidad de recursos hídricos en algunas áreas. En este estudio se evalúa la huella de carbono de la operación de dos plantas de regeneración de agua con diferente grado de tratamiento. Los resultados muestran que el proceso de regeneración más intensivo emite unas 5 veces más emisiones de gases de efecto invernadero que el básico. El consumo energético representa el mayor impacto en ambos esquemas, por lo que el modelo de producción energética tiene gran relevancia en la evaluación de la huella de carbono.

**Palabras clave:** Huella de carbono; gas de efecto invernadero; regeneración de agua; reuso.

### Abstract

The increase of greenhouse gas emissions is becoming a great environmental concern in the water sector since climate change may have a significant impact on the availability of fresh water resources in some areas. In this study, the operational carbon footprint of two water reclamation plants with different treatments' degree has been assessed. The results show that the more intensive reclamation process releases 5 times more GHG emissions than the basic one. Energy consumption is the dominant impact on the overall carbon footprint of both water reclamation schemes, so the type of energy production is of foremost importance when assessing greenhouse gas emissions.

### Keywords

Carbon footprint; greenhouse gas; water reclamation; water reuse.

## 1. Introducción

El agua regenerada se identifica como un nuevo recurso hídrico que permite reducir la demanda sobre recursos convencionales - agua superficial o subterránea - y puede reemplazar o ser complementaria a otros recursos alternativos que demandan más energía como la desalación. Además, la regeneración de agua implica otros beneficios medioambientales, entre ellos, la reducción de la contaminación acuática por los vertidos de efluentes de agua residual depurados o no (Sala y Serra, 2004; Asano *et al.*, 2006).

Sin embargo, la regeneración conlleva impactos ambientales negativos que deben ser evaluados. La metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que permite contabilizar los impactos ambientales más significativos de un producto o proceso en todo su ciclo de vida y ha sido empleada en la evaluación de tratamientos de agua potable (Vince *et al.*, 2008), tratamientos de agua residual (Pasqualino *et al.*, 2009) y tratamientos de regeneración de aguas depuradas (Stokes y Horvath, 2006). Una de las principales categorías consideradas en los ACV es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), también denominada huella de carbono. Asimismo, las previsiones de que el cambio climático afectará significativamente a la disponibilidad de recursos hídricos (IPCC, 2008), hacen que el análisis de emisiones de GEI sea un factor importante para evaluar potenciales efectos negativos de los tratamientos de agua e identificar posibles mejoras.

En muchos países se han establecido directivas y normas específicas para la reutilización de aguas regeneradas que fijan criterios de calidad variable según los usos del agua, como industriales, recreativos, medioambientales o incluso uso potable directo o indirecto. A medida que los criterios de calidad son más exigentes, se hace necesario el empleo de tecnologías más intensivas que a priori requieren más energía o productos químicos y representan un mayor impacto ambiental.

Estos efectos pueden ser evaluados con la huella de carbono. Sin embargo, este indicador no incluye otras cuestiones relevantes en la evaluación ambiental de la regeneración de agua, como la contaminación o el estrés hídrico, que podrían ser analizadas mediante indicadores complementarios.

El objetivo de este estudio es evaluar la emisión de gases de efecto invernadero, es decir, la huella de carbono, en dos plantas de regeneración de agua con distinto grado de tratamiento: una planta de regeneración básica en Barcelona, España y una planta de regeneración avanzada en South East Queensland, Australia.

## 2. Metodología de la huella de carbono

La huella de carbono es la suma de todos los gases de efecto invernadero causados directa o indirectamente por un individuo, organización, producto o evento. Se evalúa en kg de CO<sub>2</sub> equivalente y puede considerarse como un ACV simplificado basado en las emisiones de gases de efecto invernadero y la escasez de recursos fósiles.

La metodología aplicada para el cálculo de la huella de carbono en este estudio es un procedimiento desarrollado por Veolia Water Solutions & Technologies (VWST) basado en el Bilan Carbone<sup>®</sup>, metodología implementada por ADEME (Agencia Francesa para la Gestión de la Energía y el Medio Ambiente) compatible con los estándares internacionales ISO 14064 y GHG Protocol. Según estos estándares, se definen tres alcances de emisiones:

- Alcance 1: emisiones directas con origen en los límites de la entidad, como la combustión de gas natural.
- Alcance 2: emisiones indirectas debidas al consumo de electricidad, vapor o calor producido por otra entidad.
- Alcance 3: todas las demás emisiones indirectas que son consecuencia del proyecto pero no tienen origen en la entidad, como la producción de químicos y su transporte.

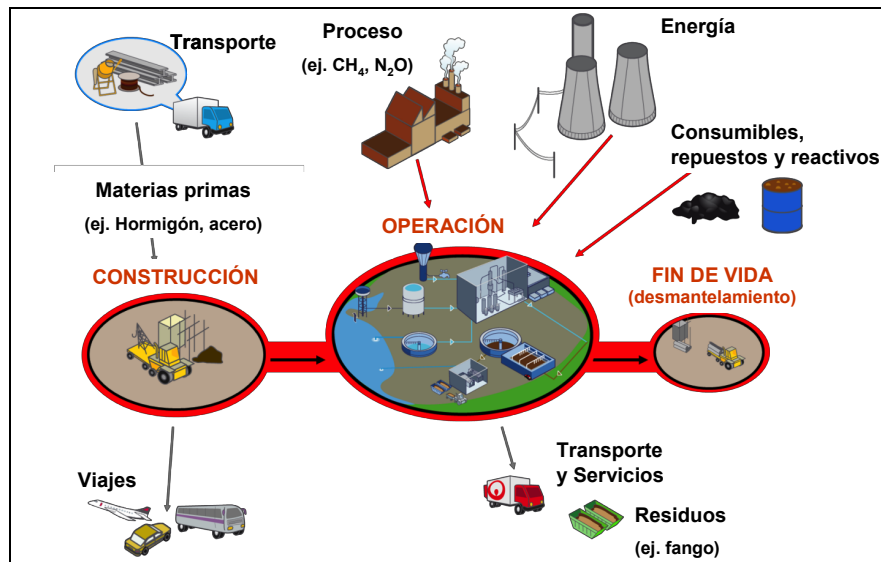
El procedimiento de cálculo se basa en el método de factores de emisión descrito en las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la ONU (IPCC, 2006) “combinación de datos de actividad con coeficientes que cuantifican las emisiones por unidad de actividad”. Se puede formular con la siguiente ecuación:

$$E = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot FE_i)$$

siendo:

- $E$ : Emisiones en kg CO<sub>2</sub>eq.
- $A$ : Datos de actividad (ej. consumo de gas natural).
- $FE$ : Factor de emisión (expresado como un valor específico en por ejemplo, kg CO<sub>2</sub>eq/kg o kg CO<sub>2</sub>eq/kWh).

La **Figura 1** muestra todas las actividades que se incluyen en un inventario de huella de carbono de una planta de tratamiento de agua.



*Figura 1. Actividades de una planta de tratamiento de agua incluidas en la huella de carbono.*

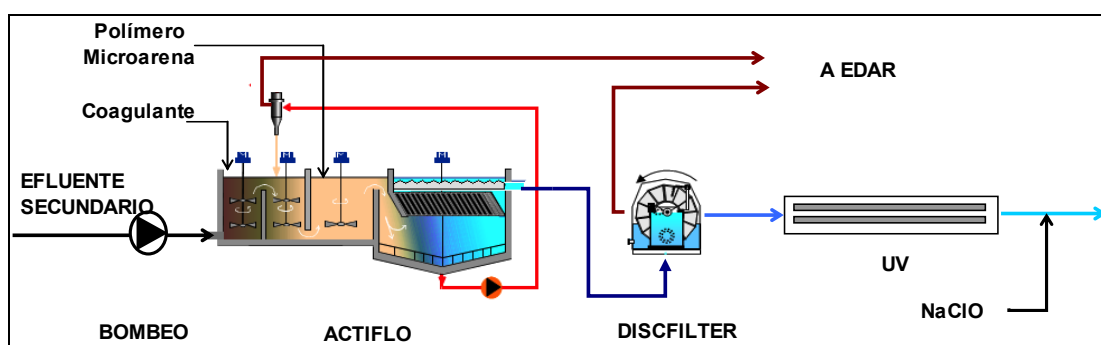
### 3. Descripción de las plantas

Las dos estaciones de regeneración descritas en este estudio forman parte de planes integrados de gestión de recursos hídricos, el Proyecto de Regeneración y Reuso de El Prat de Llobregat y el Western Corridor Recycled Water Project, respectivamente.

#### 3.1. ERA El Prat de Llobregat

Esta planta está situada junto a la depuradora del mismo nombre. Tiene un caudal de diseño de 300.000 m<sup>3</sup>/día, siendo una de las mayores plantas de reuso en el mundo (GWI, 2010). El tratamiento de regeneración básica, en operación desde 2006, incluye (Mujeriego *et al.*, 2008):

- Tanques de homogeneización del efluente secundario y estación de bombeo.
- Proceso ACTIDisk<sup>®</sup>: clarificación y precipitación fisicoquímica seguida de microfiltración mediante Discfilter Hydrotech.
- Desinfección por luz UV y dosificación de hipoclorito sódico.



*Figura 2. Esquema de tratamiento de la ERA El Prat de Llobregat.*

El Actiflo es un sistema fisicoquímico que incluye las etapas de coagulación, floculación y decantación lamelar. En el proceso de floculación se emplea microarena como agente de lastre, promoviendo la formación de flóculos de alta densidad y como consecuencia la fase de decantación es muy rápida. Los químicos empleados son policloruro de aluminio y polímero aniónico. La microarena se recircula y el fango se extrae del sistema a través de los hidrociclones. El agua clarificada se filtra a través de los Discfilters con una luz de malla de 10 micras y a continuación se desinfecta mediante luz UV e hipoclorito sódico. El agua de contralavado de los Discfilters y el fango de los Actiflo se envían al tratamiento primario de la depuradora.

El fango de la estación de regeneración supone alrededor de un 6% del total de sólidos (materia seca) producidos en la EDAR. Con el objetivo de incluir el impacto de estos fangos, se han estimado las emisiones del tratamiento de fangos de toda la depuradora y se ha incluido un 6% de estas emisiones en la huella de carbono de la ERA. El tratamiento de fangos consta de las etapas de espesamiento, digestión anaerobia, deshidratación mediante centrifuga y secado térmico. Un sistema de cogeneración emplea el biogás producido en el digestor, junto con gas natural, para generar electricidad y calor, que supone una reducción de aproximadamente el 50% de la demanda energética. Parte del fango deshidratado, con un 25% MS, se emplea directamente en agricultura, mientras que el resto se somete a un secado hasta el 90% MS y se destina a industrias cementeras, uso directo en agricultura o compostaje. La **Figura 3** muestra el esquema de tratamiento de los fangos de la EDAR.

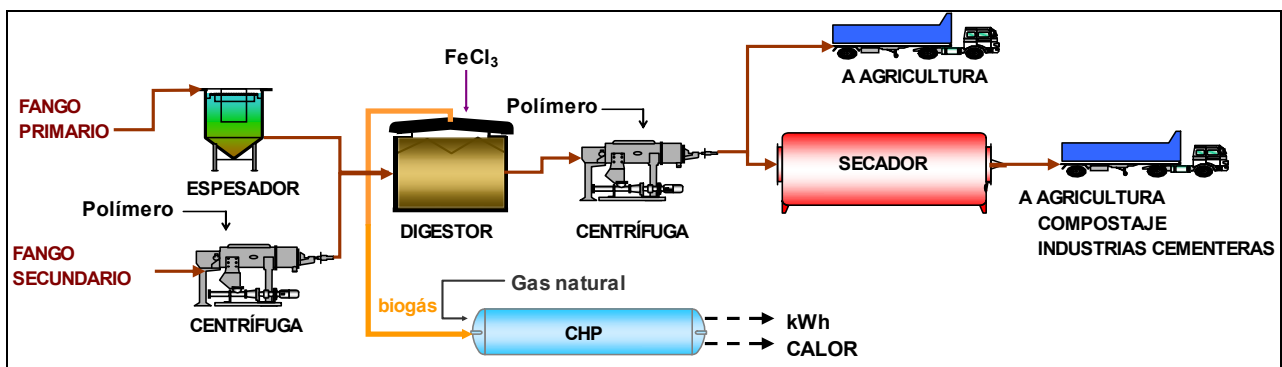


Figura 3. Esquema de tratamiento de fangos de la EDAR El Prat de Llobregat.

### 3.2. ERA Bundamba

La ERA Bundamba es una de las tres plantas de regeneración del Western Corridor Recycled Water Project. Se ha diseñado para tratar los efluentes provenientes de cuatro plantas de tratamiento de agua residual y tiene una capacidad de 66.000 m<sup>3</sup>/día. Se compone de las siguientes etapas de tratamiento (Srinivas *et al.*, 2010):

- Cloraminación y pretratamiento mediante coagulación y decantación.
- Microfiltración y ósmosis inversa (OI).
- Oxidación avanzada mediante peróxido de hidrógeno y luz UV.
- Remineralización y cloración final con hipoclorito sódico.

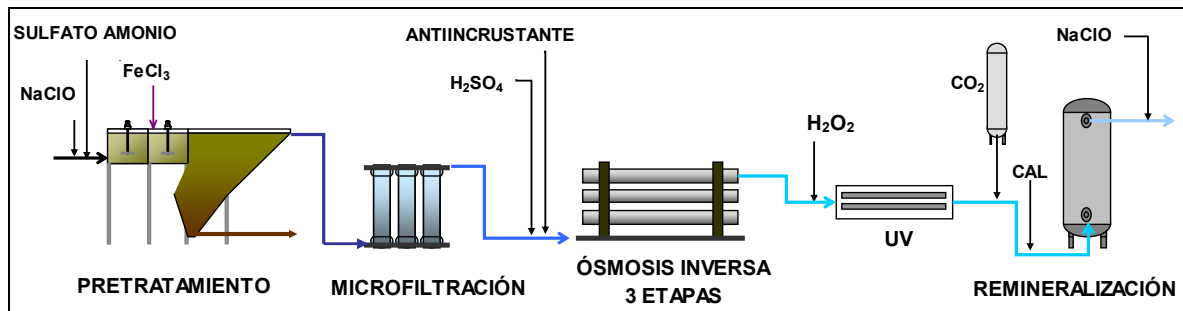


Figura 4. Esquema de tratamiento de la ERA Bundamba.

La cloraminación tiene como fin limitar el ensuciamiento biológico de las membranas de OI. En el periodo de estudio considerado se realizaba mediante la adición en línea de sulfato de amonio e hipoclorito sódico, aunque actualmente se ha sustituido el sulfato por amoníaco. Posteriormente se añade cloruro férrico para la precipitación de fosfatos y se clarifica el agua en un decantador lamelar. La microfiltración, con un rendimiento del 92%, actúa como un pretratamiento efectivo para la OI.

La OI emplea membranas de gran diámetro (18"), consta de tres etapas y tiene una conversión del 85%. El permeado de la OI se desinfecta a continuación mediante oxidación avanzada combinando peróxido de hidrógeno y luz UV. El post-tratamiento consiste en una remineralización con cal y anhídrido carbónico y finalmente se añade hipoclorito sódico para mantener un residual de cloro en el sistema de distribución.

Los reactivos para las limpiezas químicas de las membranas incluyen ácido cítrico, hipoclorito sódico y sosa cáustica. El concentrado de la OI se somete a los siguientes tratamientos con el objetivo de reducir nutrientes antes de la descarga al río Brisbane: tecnología MBBR, precipitación con cloruro férrico y desnitrificación en filtros anóxicos con adición de metanol. El resto de vertidos de la planta se mezclan y pasan por una etapa de espesamiento y deshidratación, como se muestra en la **Figura 5**. El fango resultante es transportado a vertedero (bio-reactor) para su eliminación.

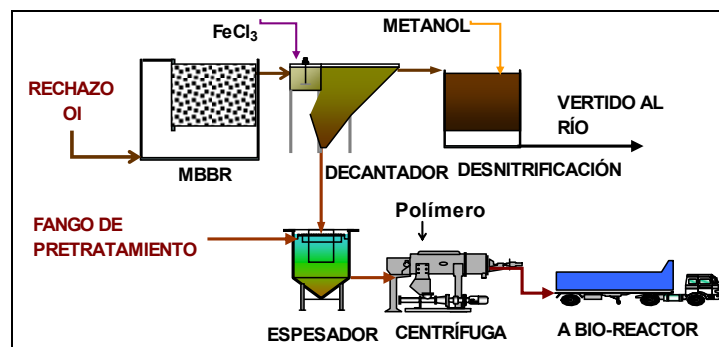


Figura 5. Esquema de tratamiento de fangos de la ERA Bundamba.

### 3.3. Calidad del agua y usos

El agua regenerada de la ERA El Prat de Llobregat cumple con los límites de calidad establecidos en el RD 1620/2007 para los siguientes usos: riego de zonas verdes, mantenimiento de humedales y de caudales ambientales de río. Adicionalmente, el agua regenerada básica también representa un recurso hídrico para otras dos plantas de tratamiento avanzado que requieren un agua regenerada de mayor calidad: un sistema de electrodialisis reversible reduce el contenido en sales para riego agrícola y una planta de ósmosis inversa mejora la calidad para el empleo del agua regenerada como barrera contra la intrusión marina en el acuífero.

Por otro lado, la ERA Bundamba produce agua regenerada para uso industrial (predominantemente torres de refrigeración de centrales térmicas) y potencialmente riego y reuso potable indirecto en un futuro. Se ha diseñado con el objetivo de producir un solo tipo de calidad de agua regenerada que cumple con la reglamentación más estricta para el aumento del abastecimiento de agua potable, como se define en la normativa australiana Public Health Amendment Regulation (No.1) (State of Queensland, 2008).

En la **Tabla 1** se recogen algunos de los límites de calidad exigidos en las dos estaciones de tratamiento y se muestran los valores reales obtenidos de los análisis de control de la ERA El Prat durante un período de 3 años (percentil 90). Adicionalmente, la normativa de Queensland fija límites para otras 388 sustancias en el agua tratada de la ERA Bundamba.

**Tabla 1.** Calidad del agua regenerada en la ERA El Prat y ERA Bundamba.

	Unidad	ERA El Prat		ERA Bundamba	
		Límite RD	P90	P50	P95
		1620/2007			
<b>Parámetros microbiológicos</b>					
<i>Escherichia coli</i>	ufc/100mL	<100	<2	<1	<10
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/100mL			<1	<10
Bacteriófagos F-ARN	ufc/100mL			<1	<10
Colifagos somáticos	pfu/100mL			<1	<10
Nemátodos (helminths)	huevo/10L	<1	<1		
<i>Legionella</i>	ufc/L	<100	<100		
<b>Parámetros fisicoquímicos</b>					
Turbidez	NTU	<10	1,6	<2	<5
Sólidos en Suspensión Totales	mg/L	<20	5	NA	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L			<250	
Ntotal	mg/L	< 10 (P50)	6,9 (P50)	<1,2	<1,5

## 4. Descripción del estudio

### 4.1. Alcance y perímetro de la huella de carbono

Con el fin de poder elaborar una comparativa consistente, se han examinado las mismas variables en ambas plantas, evaluando solamente el impacto de la operación en un periodo de 12 meses. Los meses de estudio de la ERA El Prat de Llobregat se extienden de enero a diciembre 2009, mientras que los de la ERA Bundamba pertenecen al periodo de julio 2009 a junio 2010. Los datos de operación han sido suministrados por sendos explotadores, la Empresa Metropolitana de Sanejament, S.A. (EMSSA) y Veolia Water Australia.

El perímetro de estudio es el que se muestra en las Figuras 2 a 5 e incluye los tratamientos de agua y fangos de ambas estaciones de regeneración. El consumo eléctrico de los bombeos de entrada y salida de planta no se ha incluido, ya que es específico en cada caso. Las actividades principales contabilizadas son el consumo de energía, el uso de reactivos químicos o repuestos y su transporte asociado, la gestión y eliminación de fangos.

## **4.2. Factores de emisión**

Los factores de emisión provienen de diversas bases de datos oficiales. En este estudio se ha empleado la base de ADEME para los FE de medios de transporte, Ecoinvent v2.2 y una base propia de VWST para los FE de reactivos, el informe de la Agencia Internacional de la Energía para el FE de la electricidad (IEA, 2009) y las directrices del IPCC para los FE de proceso. Como el FE de la electricidad depende del tipo de mix energético de cada país, las emisiones por kWh varían de año en año y de un país a otro. En este estudio se ha escogido como referencia el valor medio del FE de la electricidad en el mundo (0,5 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh) de la IEA.

## **4.3. Incertidumbre**

Cada factor de emisión va asociado con un porcentaje de incertidumbre que se ha empleado para estimar la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono.

## **4.4. Emisiones de proceso**

Las emisiones de proceso en las plantas de tratamiento de agua son los gases de efecto invernadero que se emiten directamente durante el tratamiento del agua residual o del fango. Entre las emisiones fugitivas se encuentran las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la digestión aerobia, CH<sub>4</sub> de la digestión anaerobia y emisiones de N<sub>2</sub>O como subproducto de las reacciones de nitrificación-desnitrificación. Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la digestión de los residuos biológicos no se incluyen en el cálculo de la huella de carbono porque son consideradas parte del ciclo “normal” del carbono.

Sin embargo, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O sí se contabilizan ya que ambos gases tienen un potencial de calentamiento global (efecto relativo de los GEI respecto al CO<sub>2</sub> en un horizonte temporal de 100 años) superior al CO<sub>2</sub>, respectivamente 25 kg CO<sub>2</sub>eq/kg CH<sub>4</sub> y 298 kg CO<sub>2</sub>eq/kg N<sub>2</sub>O (IPCC, 2007).

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en los procesos de regeneración de agua analizados son despreciables, ya que se basan en tratamientos fisicoquímicos. Sin embargo, las emisiones de proceso provenientes del tratamiento y valorización de fangos sí pueden ser significativas, por lo que se han estimado según los valores de referencia del IPCC (IPCC, 2006) y las siguientes hipótesis:

- Al no disponer de medidas in-situ, se ha considerado una fuga del 1% del biogás producido en el tratamiento anaerobio de la EDAR El Prat.
- Las emisiones de N<sub>2</sub>O del MBBR en Bundamba se han estimado según la metodología descrita en la Directiva Técnica Nacional de Energía y Gases de Efecto Invernadero de Australia (Commonwealth of Australia, 2010).
- La eliminación del fango en Bundamba no libera emisiones, ya que el fango se dispone en un bio-reactor, donde el metano es capturado y utilizado en la generación de energía.

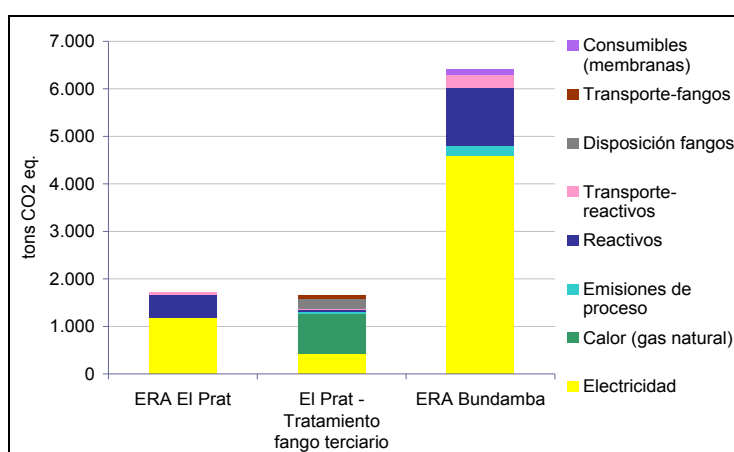
## **4.5. Emisiones evitadas**

Son las emisiones ahorradas por el hecho de valorizar un residuo. En nuestro caso particular, el biogás de la EDAR El Prat se emplea en la generación de energía y calor, y el fango reduce el uso de fertilizante mineral al ser empleado en agricultura, o el uso de combustible y materia prima en las industrias cementeras. Por otro lado, el fango de Bundamba produce biogás en un bio-reactor. Sin embargo, en este estudio no se han contabilizado las emisiones evitadas debido a la ausencia de datos específicos de estas actividades.

## 5. Resultados y discusión

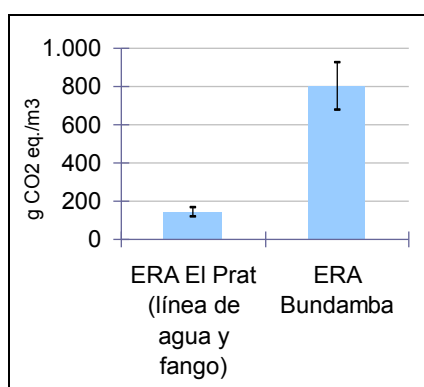
En la **Figura 6** se muestra la huella de carbono de la ERA El Prat y la ERA Bundamba en 12 meses de operación y la contribución de cada una de las actividades de acuerdo a los factores de emisión empleados. El consumo de energía representa el mayor impacto de emisiones de GEI en ambos tratamientos de regeneración básico y avanzado, un 69% en la ERA El Prat y un 72% en la ERA Bundamba. La producción de reactivos químicos (28% y 19%) y su transporte (3% y 4%) suponen respectivamente el segundo y tercer mayor impacto.

Se observa que la huella de carbono debida al tratamiento de los fangos terciarios de la ERA El Prat, alrededor de 1.700 ton CO<sub>2</sub>eq, es del mismo orden que la causada por el propio tratamiento de agua. Los principales contribuidores son el consumo de gas natural (50%) y la electricidad (26%). Las emisiones de proceso debidas al tratamiento y valorización de fangos en agricultura e industrias cementeras suponen un 17%.



*Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero en 12 meses de operación.*

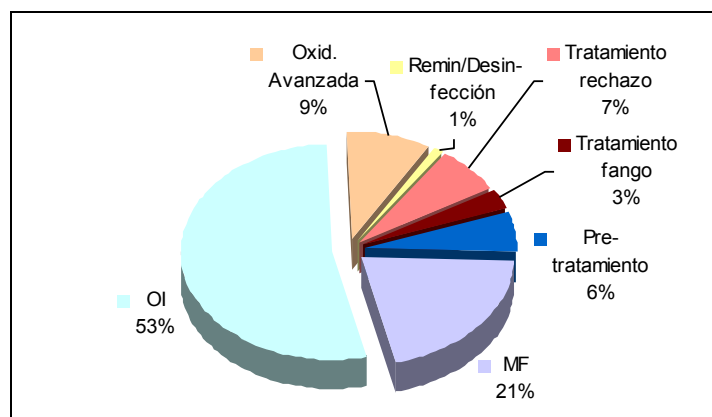
Para comparar la huella de carbono independientemente de la capacidad de cada planta, se calcula la relación GEI por metro cúbico de agua regenerada empleando el valor medio de 0,5 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh como FE de la electricidad: la regeneración avanzada supone una huella de carbono de 802 g CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> mientras que el impacto de la regeneración básica es de 142 g CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> (ver **Figura 7**). La incertidumbre asociada a estos cálculos es respectivamente del 16% y 17%, por lo que se puede concluir que una planta de regeneración avanzada genera entre 5 y 6 veces más emisiones de GEI que una planta de tratamiento de regeneración básica.



*Figura 7. Emisiones específicas de gases de efecto invernadero por metro cúbico de agua regenerada.*



Analizando el consumo energético de cada planta, el proceso de regeneración básica de El Prat tiene un consumo específico de  $0,1 \text{ kWh/m}^3$  aunque si se tienen en cuenta las necesidades energéticas del tratamiento de fangos terciarios (electricidad y gas natural) este valor alcanza los  $0,28 \text{ kWh/m}^3$ . Por otra parte, el consumo energético en la ERA Bundamba es de  $1,14 \text{ kWh/m}^3$ , debido principalmente a los procesos más demandantes de energía como la microfiltración y la ósmosis inversa, como se observa en la **Figura 8**.

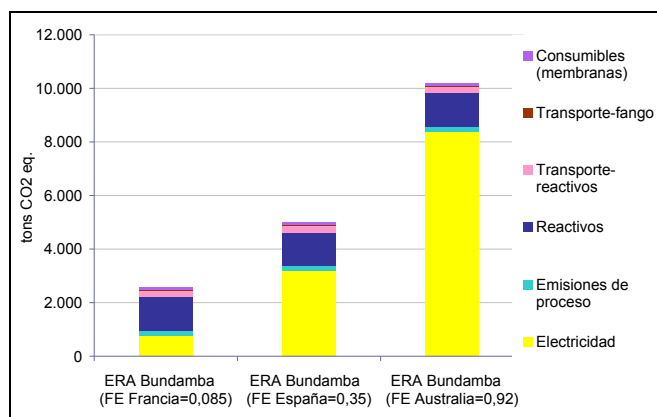


**Figura 8. Desglose de consumo energético en la ERA Bundamba.**

Finalmente, para examinar el peso que tiene el consumo eléctrico en la huella de carbono de la regeneración avanzada, se comparan las emisiones de GEI generadas por la operación de la ERA Bundamba si se utilizaran distintos factores de emisión de la electricidad, pertenecientes a países con mixes energéticos diversos:

- (a) Francia ( $FE = 0,085 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWh}$ ), donde la energía nuclear es la base de su producción eléctrica;
- (b) España ( $FE = 0,35 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWh}$ ), donde las centrales de cogeneración de gas natural y las energías renovables han sustituido en parte a las centrales de carbón y otros combustibles fósiles;
- (c) Australia ( $FE = 0,921 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWh}$ ), cuya generación eléctrica se basa principalmente en centrales térmicas de carbón.

En estos tres casos, la huella de carbono de la ERA Bundamba varía entre 2.500 y 10.200 ton  $\text{CO}_2\text{eq}$ , como se muestra en la **Figura 9**, y las emisiones debidas al consumo energético suponen respectivamente el 30%, 60% y 82% del total. Por lo tanto, la evaluación de emisiones de GEI de plantas de regeneración basadas en tratamientos avanzados, como los procesos de separación por membranas, se ve muy afectada por el tipo de producción eléctrica local.



**Figura 9. Desglose de emisiones de Bundamba con distintos FE de la electricidad.**

## 6. Conclusiones

Como era de esperar, los tratamientos de regeneración más intensivos, necesarios para alcanzar los requisitos de calidad de agua regenerada más exigentes, suponen un mayor impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero que los procesos de regeneración básicos. En el caso de las dos plantas de referencia evaluadas se obtiene que la regeneración avanzada produce una huella de carbono 5 a 6 veces superior que la regeneración básica. Las emisiones estimadas han sido 802 g CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> y 142 g CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> respectivamente.

El consumo energético representa el mayor impacto en ambos procesos de regeneración, alcanzando hasta un 70% del total de emisiones cuando se emplea un FE medio de 0,5 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh. Por consiguiente, el mix de generación eléctrica de cada país es de gran relevancia cuando se calcula la huella de carbono de los procesos de regeneración de agua. La proporción de energías renovables o el uso de tecnologías menos emisoras de CO<sub>2</sub> es un factor clave para la reducción de la huella de carbono.

Actualmente, la gestión del riesgo sanitario y la fiabilidad del proceso son los principales criterios en la selección de un tratamiento de regeneración. Sin embargo, cada vez más la industria del agua está incorporando otros factores ambientales y sociales como herramientas de apoyo a la planificación y gestión de los distintos recursos hídricos. Teniendo en cuenta la importancia del cambio climático y sus consecuencias en nuestras actividades, la huella de carbono se revela como una herramienta de gran utilidad para valorar la sostenibilidad de los distintos recursos.

Adicionalmente, otras cuestiones ambientales relevantes en el marco de la gestión integral del agua, como son el aumento de la contaminación de las masas de agua o la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos, deberían contabilizarse. Por esta razón, Veolia Environnement Research & Innovation ha desarrollado un indicador integral de la huella hídrica denominado “Water Impact Index” que tiene en cuenta la presión antropogénica sobre los recursos hídricos, y que puede utilizarse de forma complementaria junto con la huella de carbono.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del personal de la Empresa Metropolitana de Sanejament S.A. y Seqwater, propietario del Western Corridor Recycled Water Scheme y la ERA Bundamba, por haber facilitado los datos para desarrollar este estudio.

## 8. Bibliografia

- [1] Asano, T. *et al.* (2007). Water Reuse: Issues, technologies, and applications.
- [2] Commonwealth of Australia (2010). Technical guidelines for the estimation of greenhouse gas emissions by facilities in Australia. Department of Climate Change and Energy Efficiency, Canberra.
- [3] GWI (2010). Municipal Water Reuse Markets 2010, Global Water Intelligence, Oxford.
- [4] IEA (2009). CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. Highlights. International Energy Agency, Paris.
- [5] IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- [6] IPCC (2007). Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report on the IPCC, Geneva.
- [7] IPCC (2008). Climate Change and Water. IPCC Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Geneva.
- [8] Mujeriego, R., Compte, J., Cazurra, T. and Gullón, M. (2008). The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain. *Wat. Sci. Tech.* **57**(4); 567-574.
- [9] Pasqualino, J., Meneses, M., Abella, M. and Castells, F. (2009). LCA as a decision support tool for the environmental improvement of the operation of a municipal wastewater treatment plant. *Environ. Sci. Tech.* **43**; 3300-3307.
- [10] Sala, L., Serra, M. (2004). Towards sustainability in water recycling. *Wat. Sci. Tech.* **50**(2); 1-7
- [11] Srinivas V., O'Toole G., Bates, J., Waer, M. (2009). Operational results of a fast track Australian Advanced Municipal Effluent Recycling Facility. IDA World Congress Dubai.
- [12] State of Queensland (2008). Public Health Amendment Regulation (No.1).
- [13] Stokes, J. and Horvath, A. (2006). Life Cycle Energy Assessment of Alternative Water Supply Systems. *International Journal of Life Cycle Assessment* **11** (5); 335-343
- [14] Vince, F., Aoustin, E., Bréant, P. and Marechal, F. (2008). LCA tool for the environmental evaluation of potable water production. *Desalination*, **220**; 37-56.