

## 11TCAm. Acople de un proceso de Coagulación/Floculación a un tratamiento UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre un efluente real de la Industria Gráfica.

### Coupling of a Coagulation / Flocculation process to a UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment on a real wastewater of the Graphic Industry.

Paula Vitale<sup>1</sup>, Maximiliano Iván Dellellesse<sup>1</sup>, Pamela Belén Ramos<sup>1</sup>, María Belén Fernández<sup>1</sup>, Nora Eyler<sup>1</sup>.

1. CIFICEN (CONICET – UNCPBA – CICPBA). Av. Del Valle 5737. Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

#### Resumen

Este trabajo plantea el acople de dos tratamientos desarrollados en trabajos anteriores a escala laboratorio y piloto para un efluente real de la industria gráfica. Se presentan los resultados de la experiencia en escala piloto de acoplar un proceso de Coagulación/Floculación optimizado a un sistema de tratamiento por tecnologías de oxidación avanzadas (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). El tratamiento UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fue desarrollado para el mismo efluente centrifugado. Los resultados muestran que el contenido de sólidos totales en el efluente se reduce de 8,8 a 3,5 mg/L. Mientras que la DQO disminuye de 23800 mg/L a 8580 mg/L (64%). El proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sobre el líquido clarificado permitió alcanzar solo un 17 % de degradación en 7 h cuando se acopla (frente a un 79% partiendo del efluente centrifugado). La reducción en la eficiencia del proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se debería al sólido remanente en la separación primaria que dispersa la luz utilizada en el tratamiento.

Palabras clave: Efluente industrial real, Coagulación/floculación, Tecnologías de Oxidación avanzadas, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### Abstract

This work proposes the coupling of two treatments developed in previous lab and pilot scale work for a real wastewater from graphic industry. The results of the experience on a pilot scale of coupling an optimized Coagulation / Flocculation process to a treatment system by advanced oxidation technologies (UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) are presented. The UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment was developed for the same centrifuged effluent. The results show that the content of total solids in the effluent is reduced from 8.8 to 3.5 mg / L. While the COD decreases from 23800 mg / L to 8580 mg / L (64%). The UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process on the clarified liquid allowed to reach only 17% degradation in 7 hours (when coupled to 79% starting from the centrifuged effluent). Possibly the reduction in the efficiency of the UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process is due to the solid remaining in the primary separation that disperses the light used in the treatment.

Keywords: Industrial wastewater, coagulation/flocculation, Advanced oxidation technologies, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### 1. Introducción

Muchos efluentes industriales contienen compuestos orgánicos resistentes a los procesos convencionales de tratamiento requiriendo tratamientos especiales. Las Tecnologías Avanzadas de Oxidación (TAO's) resultan efectivas dado que permiten degradar dichos compuestos mediante el ataque de radicales

OH• (generados in situ) atacando en forma no selectiva a las moléculas de contaminante (García Montaña, 2007; Ghafoori *et. al.*, 2012). La mayoría de los trabajos de aplicación de TAO's corresponden a estudios y la determinación de los mecanismos de reacción sobre la degradación de un compuesto específico en efluentes simulados (Bergamini *et. al.*, 2009; Caceres Vazquez, 2002; García Montaña,

2007; Malpei *et. al.*, 1998; Oller *et. al.*, 2011); sin embargo, son escasos los trabajos de aplicación de TOA's a un efluente real.

El efluente estudiado en este trabajo pertenece a una industria gráfica. Su actividad se centra en la producción de envases multipliegos de papel para diversos usos industriales y comerciales (para cemento, cal, harina, fertilizantes, leche en polvo, té, químicos, entre otra gran cantidad de productos). Las materias primas principales de esta industria son bobinas de papel, plástico y aluminizado, adhesivos y tinta de impresión.

La producción es muy variada, tanto en los tipos de envase que se elaboran, los diseños y colores utilizados, como también el tamaño y la estacionalidad de los lotes. Esto influye fuertemente en el tipo de efluente que se obtiene, su composición y concentración. El efluente líquido es generado por la limpieza de las bateas de tinta de las impresoras. Estas se lavan cuando se cambia la tinta en las máquinas, porque se termina un lote productivo o los días destinados a la limpieza. El lavado de bateas con restos de tintas se realiza en un sector de lavado. El proceso de lavado es de tipo batch, generando volúmenes variables de efluente de forma discontinua. Actualmente, la empresa realiza un tratamiento convencional del efluente que resulta costoso e ineficiente.

El efluente generado posee un gran contenido de sólidos (mayoritariamente orgánicos; aprox. 2% de sólido que aporta el 90% de la carga orgánica). Es por ello que reviste de gran importancia un tratamiento primario tendiente a separar ambas fases (clarificado y barro). En este sentido, los procesos de coagulación/floculación han presentado buen desempeño en escala de laboratorio (Dellestesse *et. al.*, 2015).

Una vez despojado del sólido, el líquido separado posee una DQO mucho más elevada (entre 7000 y 15000 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) que el requerimiento legal (Resolución 336/03 Pcia. Buenos Aires), y no es biodegradable.

Los numerosos factores que afectan el tratamiento de un efluente real requieren de un estudio estadístico para obtener los parámetros óptimos que permitan lograr una mayor degradación de los contaminantes y conseguir finalmente la mineralización del mismo. Por este motivo en trabajos anteriores se evaluó la aplicación de diferentes TAOs: fotólisis UV, oxidación convencional con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, fotooxidación UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton heterogéneo con hierro cerivalente

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>0</sup>, y en presencia de luz tipo Fotofenton H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/Fe<sup>0</sup>; (Vitale *et. al.*, 2013). Luego sobre el tratamiento que dio mejores resultados, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se obtuvo un modelo de la degradación de efluente (medida como reducción de DQO) considerando las variables de mayor significancia para el proceso (Vitale *et. al.*, 2017). Las mayores degradaciones en escala laboratorio alcanzaron valores ca. 98% de reducción de DQO en 300 min. En los trabajos previos se trabajó sobre el efluente real despojado del sólido mediante centrifugación.

En este trabajo se plantea acoplar un proceso de coagulación/floculación, desarrollado (Dellestesse *et. al.*, 2015) y optimizado para el mismo efluente, al proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> propuesto. La experimentación se realizó en escala piloto para determinar la factibilidad de reproducir el tratamiento a escala industrial.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Toma de muestras

Se realizó una toma de muestras de 15 L. El efluente se almacenó durante 7 días en un tanque de reserva de 1600 L el cual se sometió a agitación, para homogeneizar el efluente antes de la toma de muestra. El efluente se guardó en heladera sin clarificar a 4°C para su conservación (Rosario-Ortiz *et. al.*, 2010) y se procesó en su totalidad en el término de 2 semanas (Efluente F). Se utilizó también efluente correspondiente a un muestreo anterior (Efluente M) el cual tiene una carga orgánica dos veces mayor al efluente F, este solo fue utilizado en los ensayos de contraste, a escala de laboratorio. Los ensayos de degradación se realizaron sobre efluente centrifugado (4500 rpm, 10 minutos, temperatura ambiente) y sobre efluente clarificado por proceso de coagulación/floculación.

### 2.2 Caracterización del efluente

La caracterización inicial del efluente se realizó mediante métodos normalizados APHA (1998). El seguimiento de las degradaciones se realizó midiendo DQO. Se midió además dureza, carbonatos y bicarbonatos al inicio y al final de cada corrida experimental ya que son los parámetros que se modifican durante la degradación (Vitale, 2017).

### 2.3 Diseño experimental

Se ensayaron las muestras del efluente sin diluir, clarificado mediante dos procesos de coagulación/floculación (Tabla 1, Procesos A y B) o

por centrifugación (Proceso C: 4500 rpm, 10 min, temperatura ambiente).

Las condiciones de trabajo ensayadas son las que permiten alcanzar la máxima degradación del efluente estudiado, estas condiciones fueron obtenidas previamente mediante un diseño estadístico experimental (Tabla 2; Vitale, 2017). Como parámetro de seguimiento cinético se midió la reducción de DQO (APHA 1998, Método 5220 D) durante 8 horas de reacción. Se realizaron ensayos de degradación en escala de laboratorio con efluentes de diferentes días y con distintos procesos de separación de sólidos.

Tabla 1. Procesos de coagulación/floculación en escala piloto (3 L de efluente)

Proceso	Coagulante	Floculante	Protocolo
A	Policloruro de aluminio Marca Arquimia (dosis 140 ppm)	Poliacrilamida aniónica Marca Makinthal (dosis 1,4 ppm)	Agitación rápida de 150 rpm con agregado de productos coagulantes y floculantes (7 minutos). Luego, agitación lenta de 50 rpm durante 18 min. Finalmente sedimentación de 120 min.
B	Policloruro de aluminio Marca Arquimia (dosis 140 ppm)	Poliacrilamida aniónica Marca Arquimia (dosis 10 ppm)	

Tabla 2. Condiciones de operación óptimas para maximizar la degradación en el sistema UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Parámetro	Valor óptimo
Irradiación UV (Einstein s <sup>-1</sup> )	1,6x10 <sup>-5</sup>
Concentración de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mol L <sup>-1</sup> )	0,06
Temperatura (°C)	44

## 2.4 Instalación experimental

Las experiencias de laboratorio se realizaron en un reactor batch de 50 mL, acoplado a un baño termostático de agua ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), una bandeja de aluminio permitió reflejar la luz UV (Figura 1). Un arreglo de 5 lámparas (253,7 nm) de 6 W permitió irradiar las muestras desde arriba.

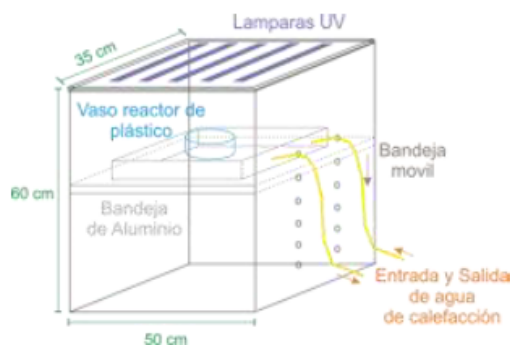


Figura 1. Esquema del dispositivo utilizado para ensayos de escala laboratorio.

En un ensayo típico, se agregaron 50 mL de muestra y se inició la degradación agregando del oxidante y encendiendo las lámparas simultáneamente.

En las experiencias de escala piloto se trataron 5 L de efluente en un sistema de recirculación total (Batch). La bandeja de irradiación admite dos litros de líquido y los tres litros restantes son contenidos en un tanque exterior con calentamiento (Figura 2). La velocidad de circulación del tanque a la bandeja se ajustó en 0,5 L min<sup>-1</sup> mediante dos bombas peristálticas.

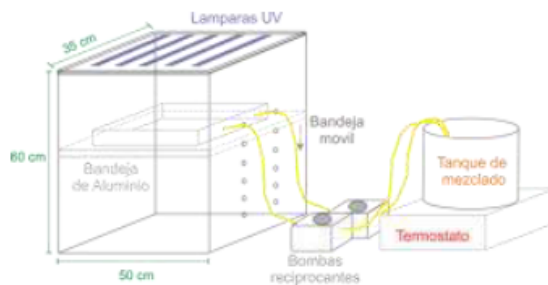


Figura 2. Esquema del dispositivo utilizado para los ensayos en escala piloto.

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1 Caracterización del efluente

El efluente crudo fue caracterizado convenientemente (Tabla 3). La DQO, sólidos totales, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y Fe, son parámetros que exceden el límite legal (Resolución 336/03. Pcia. De Bs. As.).

Tabla 3. Caracterización inicial del efluente

Parámetros	Efluente Crudo	Límite legal para absorción

		por suelo
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	23800	500
Cloruros (mg L <sup>-1</sup> )	<0,01	--
Sólidos totales (mg L <sup>-1</sup> )	8,87	0,1
Sólidos volátiles (mg L <sup>-1</sup> )	5,81	--
pH	7	6,5 - 10
Conductividad (mS cm <sup>-1</sup> )	3,67	--
Dureza total (mg L <sup>-1</sup> )	1385	--
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	96	1000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	110	<75
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	7,2	<0,1

La carga orgánica de la muestra de efluente analizada (DQO) es menor (la mitad) que la observada en trabajos previos (Vitale, 2017). Se realizó un análisis de los sólidos fijos (SF) por SEM/EDS y por LIBS. Se detectó la presencia de Ca, Na, Mg, Sr y trazas de Ba, Mn y Cu. En la Figura 3 se muestra el aspecto del efluente antes y después de cada tratamiento.

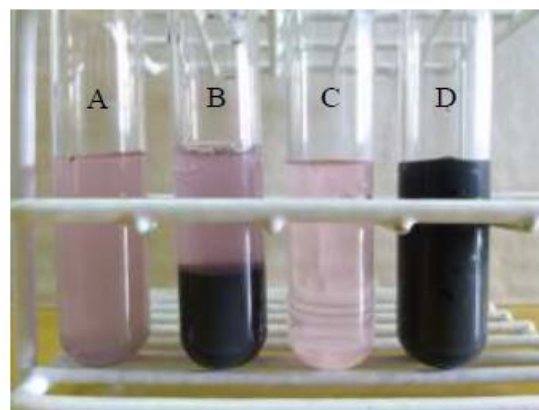
#### a. Eliminación de sólidos

En la Tabla 4 se detalla la caracterización de los efluentes clarificados mediante pretratamiento por centrifugación (Tratamiento C), y mediante el proceso de Floculación – Coagulación, utilizando las dos opciones comerciales que dieron mejores resultados (Tratamiento A y B).

**Tabla 4. Caracterización de los efluentes clarificados por los diferentes procesos propuestos.**

Parámetro	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C
DQO (mg/L)	4200	4470	4190
Sólidos Totales (mg/L)	4,1	3,71	2,18
Sólidos Volátiles (mg/L)	2,26	2,14	1,65
Dureza Total (mg/L)	1380	1380	1380
Bicarbonatos (mg/L)	2670	2670	2670

Se puede observar que el contenido de sólidos en los efluentes tratados por coagulación floculación es mayor que en el efluente centrifugado (Tabla 3) aunque la variación en la DQO es mínima.



**Figura 3. Aspecto del efluente: A: Clarificado natural luego de 24 h. B: Efluente crudo con 24 h de reposo, C: Efluente clarificado mediante tratamiento A, D: Barro separado mediante tratamiento A.**

Los parámetros de dureza y alcalinidad (bicarbonatos) no se ven modificados.

#### 3.3 Ensayo de escala piloto sobre efluente centrifugado (C)

Se trató un volumen de 5 L totales en un sistema de recirculación total (Batch). Los resultados de la degradación en el tiempo se muestran en la Tabla 4 y en la Figura 4 (ajuste a una cinética de pseudo primer orden).

**Tabla 4. Resultados de la degradación en escala piloto. Efluente centrifugado, con adición de 0,06mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y una irradiación de 1,6 x 10<sup>-5</sup> Einstein s<sup>-1</sup>**

Tiempo (min)	DQO residual (%)
0	100
30	72
60	64
120	62
180	41
180	42
240	28

300	22
360	9

Se puede observar una degradación de *ca.* 78% en 300 min (frente al 98% obtenido en escala laboratorio; Vitale *et. al.*, 2017), lo cual es un buen valor considerando que sólo 2 de los 5 litros están bajo irradiación. Con una hora más de tratamiento se logró alcanzar una degradación por encima del 90%. A partir de la ecuación cinética obtenida se estimó que para alcanzar una degradación de 95% se necesitarían 10 horas (Figura 4).

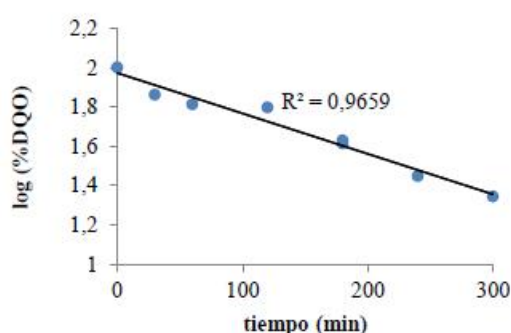


Figura 4. Cinética de pseudo-primer orden del ensayo piloto.

La eficiencia del tratamiento respecto de los resultados de laboratorio fue de 0,79. En la Figura 5 (a y b) se muestra el equipo utilizado.

El valor de constante de velocidad obtenido para la cinética ( $k_{deg} = 0,0023 \text{ min}^{-1}$  escala laboratorio) es cercano al obtenido en la prueba piloto ( $k_{deg} = 0,0021 \text{ min}^{-1}$ ).



Figura 5. Arriba: Ensayo de degradación en escala piloto. Abajo: Bandeja de irradiación en el ensayo de escala piloto.

### 3.4 Ensayo de escala piloto sobre el efluente tratado por coagulación floculación (A).

Se realizaron dos ensayos con el efluente tratado por el proceso A en escala piloto, uno en las mismas condiciones que el efluente centrifugado ( $T_1$ ) y otra con adición de oxidante en pulsos ( $T_2$ , se adicionó la misma cantidad de oxidante pero en pequeñas porciones cada una hora).

La degradación alcanzada en  $T_1$ , fue de tan solo 17% en 8 horas, y en  $T_2$  de 32%. Esto evidencia que si bien la adición del oxidante en pulsos durante todo el tratamiento favorece la degradación, la mayor concentración de sólidos en el efluente (Tabla 3) perjudicaría el paso de la luz UV, o aumentaría el consumo de oxidante y de esta forma la degradación resulta menor. Otro factor probable es que la presencia de coagulante y el floculante generen algún efecto adverso en la degradación (podrían actuar como atrapadores de radicales o favorecer la descomposición del oxidante como  $O_2$  y agua). Para evidenciar estos efectos se realizaron una serie de ensayos de contraste.

### 3.5 Ensayos de contraste en escala laboratorio.

Se realizaron una serie de ensayos en escala de laboratorio que permitieron dilucidar si la menor degradación de DQO en el tratamiento a partir del proceso A respecto de C es debida a la presencia de sólido, a la concentración efectiva de oxidante o al efecto del coagulante y floculante. En la Tabla 5 se muestran las degradaciones obtenidas en 300 min de tratamiento con una irradiación de luz UV (254 nm) de  $1,6 \times 10^{-5} \text{ Einstein s}^{-1}$  y  $44^\circ\text{C}$  de temperatura. En la Figura 6 se muestran los ensayos realizados en escala laboratorio, en el tiempo cero y a los 300 minutos de degradación. Se puede apreciar

claramente la pérdida de coloración en las muestras de menor DQO inicial.

Se evaluó el efluente comparando la muestra fresca (F) con la muestra con el doble de carga orgánica (M), (de la Tabla 5, T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub> - T<sub>6</sub> y T<sub>8</sub>). Se puede apreciar que en los ensayos con concentración menor de oxidante se obtuvieron mejores resultados. No parece haber un efecto debido a la muestra de efluente.

Tabla 5. Reducciones alcanzadas en los ensayos de contraste.

Ensayo	Efluente	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mol L <sup>-1</sup> )	Proceso de clarificación	% reducción DQO
T <sub>3</sub>	F	0,06	C	44
T <sub>4</sub>	F	0,06	A	54
T <sub>5</sub>	M	0,06	C	74
T <sub>6</sub>	F	0,03	C	85
T <sub>7</sub>	F	0,03	A	21
T <sub>8</sub>	M	0,03	C	77
T <sub>9</sub>	F	0,06	B + C	0
T <sub>10</sub>	F	0,03	B + C	10
T <sub>11</sub>	F	0,03	B	12
T <sub>12</sub>	F	0,03	B (escala industrial)	0

Se comparó la dosis de oxidante probando la dosis óptima hallada en trabajos previos (0,06 mol L<sup>-1</sup> Vitale, 2017) y una dosis menor (0,03 mol L<sup>-1</sup>), de la Tabla 5, T<sub>3</sub> y T<sub>6</sub> - T<sub>4</sub> y T<sub>7</sub>.

Para el pretratamiento C se obtuvo mejor degradación a menores concentraciones de oxidante, pero para el pretratamiento A el efecto es inverso, lo que podría deberse a que el sólido remanente del proceso A o la presencia de Coagulante/Floculante consuman parte del peróxido agregado dando una concentración efectiva menor de radicales OH•.

Para evaluar el efecto del contenido de sólidos en el efluente con pretratamiento B (dosis mayor de floculante que el pretratamiento A) se le efectuó una centrifugación para eliminar el sólido remanente antes de degradar (de Tabla 5, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub> y T<sub>11</sub>).

Se puede observar claramente que con el pretratamiento B las degradaciones son mínimas,

teniendo resultados levemente mejores para el proceso con centrifugado posterior.

Finalmente se ensayó T<sub>12</sub>, con la finalidad de comparar la calidad de clarificado realizado en escala industrial (tratamiento de 1600 L) por el método B, se puede apreciar que no hubo degradación en el tratamiento UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. En la Figura 6 se observa que este proceso da un clarificado con un contenido de sólidos mucho mayor.

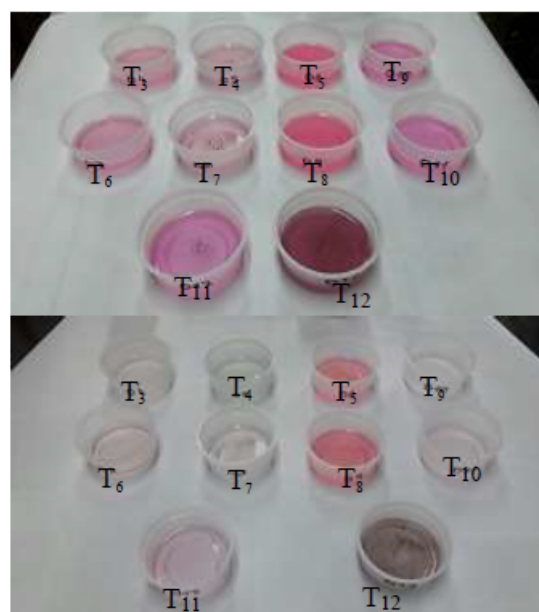


Figura 6. Arriba: Aspecto de los efluentes luego de diferentes pretratamientos aplicados y antes de la degradación UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Abajo: Aspecto luego de 300 minutos de degradación.

#### 4 Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo puede concluirse que:

- No es posible acoplar un sistema de separación primaria de barros por Coagulación/Floculación al tratamiento por la tecnología de oxidación avanzada UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Este tratamiento resultó efectivo en las muestras de efluente real clarificadas por centrifugación, lográndose una degradación de 90% en 6 horas en escala laboratorio, mientras que las muestras pretratadas por Coagulación/Floculación alcanzaron un 17% en 8 horas. Esto puede deberse al mayor contenido de sólidos

totales en el clarificado. La adición de oxidante al sistema en pulsos dio mejores resultados que la adición al inicio del tratamiento.

- En los ensayos de contraste realizados se comprobó que las muestras tratadas por Coagulación/Floculación presentan un efecto negativo sobre la degradación, debido al sólido presente en el clarificado. Así mismo la presencia de los compuestos adicionados al proceso podrían consumir tanto el oxidante como los radicales generados en reacciones no productivas.

## 5 Agradecimientos

Este trabajo ha sido subsidiado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología (SECAT - UNCPBA). P. Vitale es becaria posdoctoral de CONICET, M. I. Dellellesse es becaria de CICBA y P. B. Ramos es becaria de CONICET. M. B. Fernández es investigadora de CONICET, y G. N. Eyler es investigadora de CICBA.

## 6 Referencias

Bergamini, R. B. M.; Azevedo, E. B.; Aratijo, L. R. R. De. (2009). *Heterogeneous photocatalytic degradation of reactive dyes in aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions: Decolorization kinetics*. Chemical Engineering Journal, 149(1-3), 215-220.

Caceres Vazquez, J. (2002). *Evaluación analítica y optimización de procesos de oxidación avanzada en planta piloto solar*. Tesis de Doctorado, Departamento de hidrología y química analítica Universidad de Almería, Almería, España.

Dellellesse, M. I.; Vitale, P.; Ramos, P. B.; Eyler, G. N.; Cañizo, A. I. (2015). *Eliminación de Barros/Tintas de alta carga orgánica en un efluente de la industria gráfica: Estudio de Caso*. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. San Rafael, Mendoza. Noviembre.

García Montaña, J. (2007). *Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for commercial reactive dyes removal*. Tesis Doctoral. Departament de química. Facultat de ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España.

Ghafoori, S.; Mehrvar, M.; Chan, P. K. (2012). *Free-Radical-Induced Degradation of Aqueous Polyethylene Oxide by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Experimental Design, Reaction Mechanisms, and Kinetic Modeling*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 51, 14980-14993.

Malpei, F.; Bonomo, L.; Rozzi, A. (1998). *Anaerobic biodegradability of print pastes plus primary sewage sludge*. Bioresource Technology, 63, 57-63.

Oller, I.; Malato, S.; Sánchez-Pérez, J. A. (2011). *Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination - a review*. The Science of the Total Environment, 409 (20), 4141-66.

Rosario-Ortiz, F. L., Wert, E. C., Snyder, S. A. (2010). *Evaluation of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment for the oxidation of pharmaceuticals in wastewater*. Water Research, 44(5), 1440-1448.

Vitale, P. (2017). *Tratamiento mediante TAO's de efluentes provenientes de fábrica dedicada a las artes gráficas*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

Vitale, P.; Ramos, P. B.; Eyler, G. N.; Cañizo, A. I. (2013). *Significancia de las variables en procesos fotocatalíticos aplicados sobre efluentes reales*. VII Congreso Argentino de Ingeniería Química (p. 15). Rosario, Santa Fe, Argentina. Octubre.

Vitale, P.; Ramos, P. B.; Fernández, M. B.; Eyler, G. N. (2017). *Tratamiento de efluentes reales de la industria gráfica mediante TAO's: modelos de degradación*. IX Congreso Argentino de Ingeniería Química (CAIQ) (pp. 1-6). Bahía Blanca. Buenos Aires. Argentina. Agosto.