

**EVALUACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD DE LOS EFLUENTES  
GENERADOS EN EL PROCESO FOTOCATALÍTICO DE DIFERENTES  
AGUAS RESIDUALES ARTIFICIALES GENERADAS EN LA UNIVERSIDAD  
JORGE TADEO LOZANO**

**EVALUATION OF THE ECOTOXICITY OF THE EFFLUENTS GENERATED IN  
THE PHOTOCATALYTIC PROCESS OF DIFFERENT ARTIFICIAL RESIDUAL  
WATERS GENERATED IN THE JORGE TADEO LOZANO UNIVERSITY**

**Presentado por:** Maria Alejandra Quintana Lancheros.

**Director:** Andres Felipe Suarez Escobar  
Laura Rosa Conde Rivera

Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería  
Programa de Ingeniería Química  
Cra. 4 No 22-61, Bogotá

**EVALUACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD DE LOS EFLUENTES GENERADOS  
EN EL PROCESO FOTOCATALÍTICO DE DIFERENTES AGUAS  
RESIDUALES ARTIFICIALES GENERADAS EN LA UNIVERSIDAD JORGE  
TADEO LOZANO**

**EVALUATION OF THE ECOTOXICITY OF THE EFFLUENTS GENERATED IN  
THE PHOTOCATALYTIC PROCESS OF DIFFERENT ARTIFICIAL RESIDUAL  
WATERS GENERATED IN THE JORGE TADEO LOZANO UNIVERSITY**

María Alejandra Quintana Lancheros  
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias  
Naturales e Ingeniería, Ingeniería Química, Bogotá D.C., Colombia.  
e-mail: mariaa.quintanal@utadeo.edu.co

**RESUMEN**

En la presente investigación se evaluó el efecto toxico del tratamiento fotocatalítico de aguas coloreadas generadas en la Universidad Jorge Tadeo Lozano, se efectuó una serie de ensayos de toxicidad aguda con el cladóceros llamado *Daphnia magna*, el cual es generalmente usado como organismo de referencia para este tipo de ensayos. La prueba se realizó en afluentes y efluentes fotodegradados de colorantes textiles, imidacloprid e ibuprofeno, usando como blanco el agua de dilución y la sustancia química de referencia  $K_2Cr_2O_7$ . Inicialmente se efectuó el test preliminar el cual fue de gran ayuda para determinar el rango de toxicidad de la muestra, luego de eso se realizó el ensayo definitivo con las concentraciones halladas anteriormente y se hizo el conteo de organismos sobrevivientes donde posteriormente se halló el porcentaje de inmovilización al pasar un tiempo de 48 horas de pruebas. Por último, se determinó la concentración efectiva máxima media a las 48 horas ( $48EC_{50}$ ), la cual se encarga de encontrar la concentración a la cual el 50% de la población muestra es inmovilizada, de esta manera se determina la cantidad máxima de colorante que son capaces de soportar los organismos, en este caso resulto ser una concentración de 4,822 mg/l a la que sobrevive la mitad de los organismos de prueba.

Por medio de los ensayos de ecotoxicidad se determinó que el porcentaje de inmovilización de los organismos en el efluente es del 35% al tener una

concentración del 80%, comparada con el colorante inicial que a la misma concentración tiene un porcentaje de inmovilización del 100%.

**PALABRAS CLAVES:** Ecotoxicidad, concentración efectiva máxima media, dilución, *Daphnia magna*, fotocatalisis, cultivo, inmovilización.

**ABSTRACT:**

In the present investigation the toxic effect of the photocatalytic treatment of colored waters generated in the Jorge Tadeo Lozano University was evaluated, a series of acute toxicity tests was carried out with the cladocero called *Daphnia magna*, which is the one used as a reference organism for this type of tests. The test was carried out on photodegraded effluents and effluents of coloring textiles, using dilution water and the reference chemical  $K_2Cr_2O_7$  as a target. Initially, the preliminary examination was carried out, which was very helpful in determining the toxicity range of the sample, then the trial was published. Immobilization after a time of 48 hours of testing. Finally, the mean maximum effective concentration at 48 hours ( $48EC_{50}$ ) was determined, which is responsible for finding the concentration at which 50% of the sample population is immobilized, in this way the maximum amount of dye is determined. In this case, a concentration of 4.822 mg / l has been obtained and half of the test organisms survive.

By means of the ecotoxicity tests, it was determined that the percentage of immobilization of the organisms in the effluent is 35% when having a concentration of 80%, in comparison with the initial colorant that the same concentration has a percentage of immobilization of the 100%

**KEY WORDS:** Ecotoxicity, maximum effective mean concentration, dilution, *Daphnia magna*, photocatalysis, culture, immobilization.

## 1. INTRODUCCION

La generación de aguas residuales procedentes de diferentes industrias ha venido causando una problemática ambiental muy recurrente, ya que son los principales causantes de la existencia de los contaminantes emergentes (CE), que son compuestos químicos producto de actividades humanas, son liberados al ambiente en pequeñas cantidades por eso algunas veces pueden llegar a ser desconocidos, aun teniendo bajas concentraciones se puede encontrar que son demasiado tóxicos y la gran mayoría es acumulada en biomas acuáticos, generando la pérdida de los organismos que lo habitan y hasta la aparición de

enfermedades en el ser humano, este tipo de contaminantes se encuentran presentes en productos tales como los pesticidas, productos farmacéuticos, analgésicos, antibióticos, productos de belleza, surfactantes, aditivos industriales como colorantes y subproductos, aditivos alimentarios y muchos otros más, los contaminantes no solo generan daños en el ambiente, sino que también abarca efectos adversos en la salud ya que se generan malformaciones y enfermedades como el cáncer hasta la disminución de la fertilidad en organismos acuáticos, también los microorganismos se vuelven resistentes a antibióticos, volviéndose necesaria la búsqueda de tratamientos amigables con la biota acuática.(Janet Gil, María Soto, Iván Usma, & Darío Gutiérrez, 2012)

Cabe resaltar que actualmente hay más de 10 mil diferentes tipos de pigmentos y colorantes usados en la industria textil, haciendo que la industria textil sea una de los mayores exponentes de la generación de grandes cantidades de efluentes que son arrojados principalmente a ríos y diferentes biomas acuáticos, produciendo alteraciones en el agua como los cambios bruscos en el pH, alta demanda química de oxígeno y coloración del agua, que evidentemente afecta los medios acuáticos y todos los organismos vivos que lo componen.(Cortazar Martínez Adriana, Coronel Olivares Claudia, Escalante Lozada Adelfo, 2008) Para ser más exactos la industria textil se encuentra en el segundo lugar de los mayores exponentes contaminantes en la historia del país, según los estudios se ha determinado que dicha industria es la productora del 20% de aguas residuales y por lo tanto hay un gasto de 10000 litros de agua para la producción de un pantalón, lo que hace que la problemática sea cada vez más grande.(Beatriz de Vera, 2018) Los efectos perjudiciales de los residuos dependen de la concentración a la que se encuentren los contaminantes, la biodisponibilidad y la persistencia química. (EUROPEAN COMMISSION & HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL, 2002)

En este caso particularmente se trabajó con colorantes obtenidos de los residuos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, los cuales fueron tratados por medio del proceso de fotocátalisis y paralelo a ello se evaluó que tan tóxicos son los efluentes generados del proceso de fotocatalítico.

Uno de los métodos estudiados en la actualidad son los ensayos biológicos de toxicidad aguda, los cuales son realizados con organismos sensibles a los contaminantes industriales, en este caso son usados organismos como la *Daphnia magna* debido a que tiene múltiples hábitats con presencia de agua dulce, lo cual facilita la obtención de dichos organismos, también es una buena elección porque su morfología física permite que sean analizados con facilidad durante las pruebas ya que la *Daphnia magna* es la especie más grande de toda la familia de Daphnias, otra de las ventajas encontradas es que dicho organismo tiene un ciclo de vida corto (< 1 año) y se reproduce por partenogénesis siendo más fácil de manejar en el laboratorio.(Fabio et al., 2018) Otra de las grandes ventajas de estos organismos es que tienen la posibilidad de sobrevivir bajo

condiciones de laboratorio, debido a que se mantienen a temperatura ambiente y de igual manera lo único que necesitan para su buen desarrollo es la alimentación y el sometimiento adecuado a los periodos de luz que pueden ser controlados por medio de una incubadora o simplemente recibir luz naturalmente como se realizó en este caso. (G. Persoone, R. Baudo, M. Cotman, C. Blaise & M. Moreira-Santos, B. Vollat, A. Törökne, 2009)

Se ha optado por realizar pruebas toxicas con animales altamente sensibles, en particular los mamíferos han sido ampliamente usados para este tipo de ensayos y han generado resultados confiables, pero una de las desventajas de las pruebas con mamíferos es que no son procedimientos económicos, debido a que la forma de mantener a dichos organismos es algo más costoso debido a la alimentación o los cuidados que se deben mantener durante la prueba y además de esto es más difícil mantenerlos en un laboratorio ya que ocupan demasiado espacio. Es por ello que se ha estudiado hace aproximadamente 30 años el efecto toxico en organismos o microorganismos que no necesitan de muchos cuidados para poder desarrollarse, y las cualidades en la reproducción son más favorables para los ensayos, ya que el proceso de reproducción es más rápido permitiendo obtener en una semana hasta la duplicación de la población en el cultivo. (Guilhermino, Diamantino, Carolina Silva, & Soares, 2000). Ubicándonos en el aspecto económico es claro que la *Daphnia magna* tiene menor costo de implementación que algún tipo de mamífero debido a la estandarización del método que representan los efectos reales del estrés ambiental. Cabe resaltar que el costo de las pruebas ecotoxicológicas en los mamíferos pueden hasta duplicar ya que mientras son usadas 2 peceras para los micro crustáceos, para animales como los peces es necesario mas incubadoras y mayor numero de peceras debido al volumen que ocupan en el laboratorio.(HUARACA LUIS FABIÁN, 2017)

El interés primordial del proyecto es evaluar el nivel de toxicidad presente tanto el afluente como efluente, por ello se ha enfocado en la determinación de concentración efectiva máxima media ( $EC_{50}$ ) la cual determina el porcentaje de inhibición en pruebas de toxicidad microbiales y ha sido hallada por medio de modelos de regresión lineales los cuales han estado por encima de modelos estadísticos convencionales como el probit o logit en este caso específico. (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. & Melo-Martínez, 2009)

## 2. MÉTODOS

### 2.1. *Materiales*

- 11.76 g de CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O
- 4.93 g MgSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O
- 2.59 g NaHCO<sub>3</sub>
- 0.23 g KCl
- 25 ml NaOH 0,1M
- 25 ml HCl 0,1M
- 3 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
- Estereoscopio
- 1 vidrio de reloj
- Centrífuga
- Balanza analítica
- 2 peceras de 5 l
- 1 bomba para acuario
- Refrigerador
- Termómetro
- pH metro
- Potenciómetro
- Pipeta Pasteur
- 1 pipeteador
- 5 pipetas de 10 ml
- 350 ml de muestras recolectadas
- 5 Beaker de 1 l
- 60 Beaker de 50 ml

### 2.2. *ORGANISMOS DE PRUEBA*

El organismo de prueba es la *Daphnia Magna*, el cual se clasifica dentro del grupo de los cladóceros, dicho organismo es usado como indicador de la toxicidad en aguas dulces todo esto gracias a que son fáciles de conseguir ya que se encuentran en medios como ríos, lagos y lagunas y son alimentados de organismos unicelulares, algas y demás, una de las ventajas de la *Daphnia magna* comúnmente llamada pulga de agua es que su cuerpo es transparente, lo que facilita ver todo comportamiento dentro este. Para el test serán elegidos organismos con un periodo de vida no superior a las 24h, ya que los neonatos tienen mayor sensibilidad a las sustancias a las que son expuestos. (Adema, 1978)

Se obtuvo el organismo del laboratorio de limnología de la universidad Jorge Tadeo Lozano para realizar los primeros cultivos, cabe resaltar que dicho organismo puede ser obtenido de diferentes laboratorios que certifiquen la calidad de los ensayos ecotoxicológicos o simplemente ser recolectados de biomas de agua dulce. (Ramírez Romero & Mendoza Cantú, 2008)

### 2.3. *ELABORACIÓN DE BIOENSAYOS*

El ambiente de preparación debe encontrarse a una temperatura de 20 ±4 °C y la exposición de los organismos debe llevarse en un orden de 16 h de exposición a la luz y 8h en oscuridad por día y en un periodo de 48 horas de prueba. Se ha indicado según la norma ISO 6341 que se deben realizar test preliminar y definitivo para poder determinar con exactitud la concentración a la cual sobreviven los organismos de

estudio. Se usará como tóxico de referencia el dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) y como solución de control el agua de dilución. Como sustancia (ISO, 2012)

## **2.4. PREPARACIÓN DE AGUA DE DILUCIÓN**

### **A. SOLUCIÓN DE ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ):**

Agregar 2,352 g de cloruro de calcio dihidratado en 200 ml agua destilada.

### **B. SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO:**

Agregar 0,986 g de sulfato de magnesio heptahidratado ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) en 200ml de agua destilada.

### **C. SOLUCIÓN DE BICARBONATO DE SODIO:**

Agregar 0,518 g de bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ ) en 200ml de agua destilada.

### **D. SOLUCIÓN DE CLORURO DE POTASIO:**

Agregar 0,046 g de KCl en 200 ml de agua destilada.

### **E. MEZCLA DE DILUCIÓN DE AGUA:**

Mezclar 5 ml de cada una de las soluciones anteriores (A, B, C y D) y completar hasta 200 l de agua destilada, ajustar pH en un rango de 6 a 9. El agua de dilución debe tener una dureza entre 140 y 275 mg / l. (ISO, 2012)

## **2.5. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO**

Los organismos se mantendrán en peceras de 3 l en un cultivo con el agua de dilución compuesta de diferentes sales. Para mantener el cultivo es necesario realizar limpieza de la pecera aproximadamente cada 8 días, en donde se cambiará de agua de cultivo y cada tercer día se deberán retirar las exuvias y desechos de alimentos generados.

Luego de mantener por un tiempo aproximado de una semana de cultivo y 24 horas antes de realizar la prueba, se recolectan cuidadosamente la cantidad necesaria de neonatos con ayuda de la pipeta Pasteur y se trasladan a otra pecera para poder seleccionar los organismos a los cuales se realizará la prueba. (Ramírez Romero & Mendoza Cantú, 2008)

## **2.6. SOLUCIONES DE PRUEBA:**

Preparar soluciones stock con 5 diferentes concentraciones, aforando hasta un total de 20 ml. Teniendo en cuenta que generalmente es usado como mínimo un volumen de 2ml por cada organismo *Daphnia magna*, se usarán 5 organismos por cada concentración. Un día antes de cada prueba, se alimentan los organismos con algas *Scenedesmus sp.*

Nota: Se deben usar al menos 20 animales, preferiblemente divididos en cuatro grupos de cinco animales cada uno, en cada concentración de prueba y para los

controles. Se debe proporcionar al menos 2 ml de solución de prueba para cada organismo.(ISO, 2012)

### **2.7. TEST PRELIMINAR:**

Este test determina el rango del efecto tóxico con el cual puede llevarse a cabo el test definitivo. para este propósito usar una sola serie de concentraciones de soluciones stock con 5 diferentes concentraciones de solución (100%, 80%, 60%,40%, 20%). Y al pasar un tiempo de 48 horas de exposición a la prueba se procede a realizar el conteo y observar desde qué punto empiezan a haber mayor movilización de organismos. A partir de esto se puede determinar el rango de concentraciones al cual se trabajará cada Efluente. (Ramírez Romero & Mendoza Cantú, 2008)

### **2.8. TEST DEFINITIVO:**

En el test definitivo se obtiene el valor de EC<sub>50</sub> que determina la dosis necesaria para inmovilizar el 50% de Daphnias en un periodo de 48 horas. De esta manera es necesario primero escoger el rango de concentraciones suministrados por el test preliminar, que en este caso será un rango más pequeño para definir con precisión qué concentración es la más favorable para cada tratamiento, en este caso pueden ser usadas 5 concentraciones y el test debe realizarse por cuadruplicado para asegurar la precisión de la prueba. Finalmente se debe medir el porcentaje de *Daphnia magna* inmovilizada.(ICONTEC, 1996)

## **3. RESULTADOS**

Para realizar el agua de cultivo hay que tener en cuenta que el agua pura debe tener una conductividad no superior a 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero en nuestro caso se obtuvo una conductividad de 13.53  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , como el error en la conductividad es de 3,53, un valor pequeño se continua con la elaboración del agua. En total se prepararon 5 litros de agua los cuales fueron mantenidos bajo refrigeración a una temperatura estimada de 4°C, el pH del agua se mantuvo en 7.8 $\pm$ 0,48 el cual se encuentra dentro del rango establecido por la norma ISO 6341.

Luego de que pasaran unos días de ser cultivados los organismos a una temperatura de 19,9 $\pm$ 0,8 °C, se separan los organismos juveniles de los más grandes para poder asegurar que la prueba se lleve a cabo con los organismos bajo las condiciones establecidas.



*Ilustración 1. Cultivo de Daphnia magna inicial. Ilustración 2. Cultivo de Daphnia magna juveniles*

Se realiza el test preliminar con el cual se determina el rango de concentraciones a trabajar en el ensayo definitivo. Se puede observar en las siguientes imágenes la diferencia entre el afluente y el efluente.



*Ilustración 3. Afluente rojo terasil*

*Ilustración 4. Efluente rojo terasil*

Se realizan los test definitivos a 5 diferentes concentraciones y realizando 4 réplicas de cada una. Teniendo en cuenta los resultados del test preliminar, se realiza el ensayo definitivo para concentraciones del 20%,25%,30%,35%,40%.

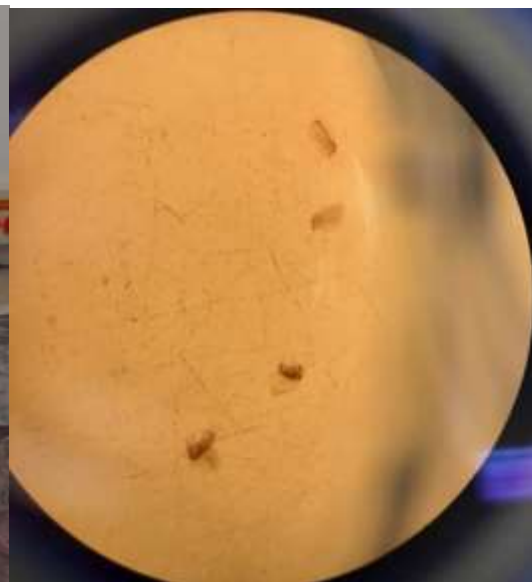


*Ilustración 5. Test definitivo*

Al realizar todas las pruebas se hace uso del estereoscopio para poder realizar el conteo de manera más precisa.



*Ilustración 6. Estereoscopio*



*Ilustración 7. Conteo de organismos móviles*

### **3.1. TEST PRELIMINAR**

#### **3.1.1. Incertidumbre de test preliminar**

Como primera medida se llevo acabo el análisis de la incertidumbre, todo esto para comprobar si las pruebas realizadas constaban de resultados verídicos. De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Incertidumbre de test preliminar en afluente.

REPLICA	CONCENTRACIÓN				
	100%	80%	60%	40%	20%
1	0	0	0	0	4
2	0	0	0	0	5
3	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	5
<b>Incertidumbre</b>	0	0	0	0	0,5

Se puede observar en la tabla 1. Los resultados correspondientes a la incertidumbre en el ensayo preliminar del afluente, en este caso se obtuvieron los resultados esperados, ya que las incertidumbres no son superiores a 0.5, los datos obtenidos en cada una de las replicas tienen coherencia y son un aval de que se puede seguir con el procesamiento de los datos.

### 3.1.2. Test preliminar del afluente

En este caso se realizarán diagramas de barras para poder identificar fácilmente los cambios efectuados en el proceso de fotocatalisis, a continuación, se podrá visualizar la ilustración 8. En la que se observan los resultados del test preliminar en el afluente:

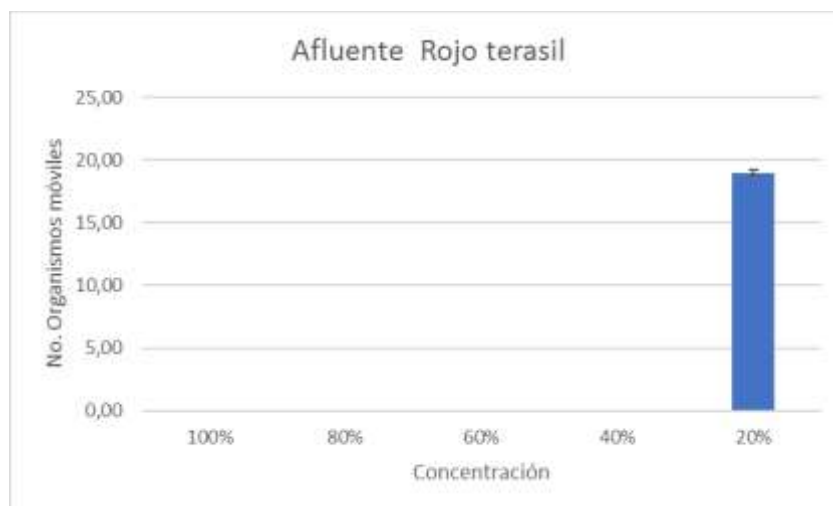
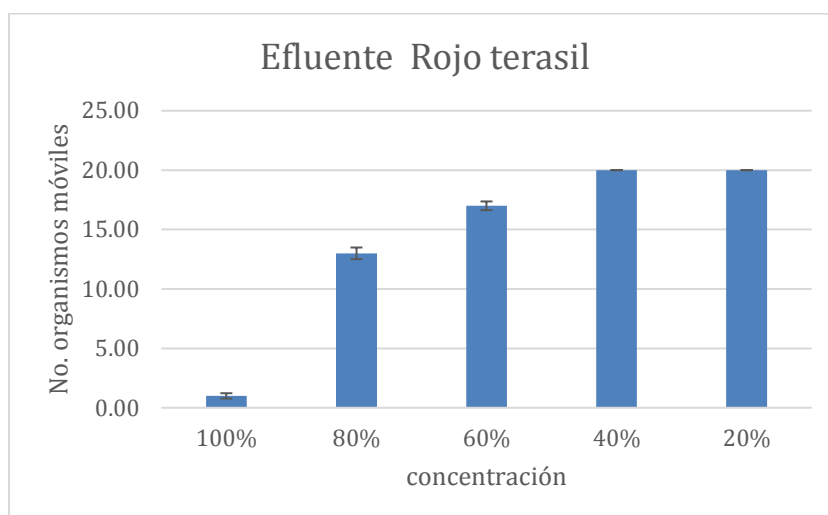


Ilustración 8. Test preliminar del afluente.

Se llevo a cabo el test preliminar en el afluente en donde se usó un rango de concentraciones muy amplio (20% - 100%) y se determinó que la concentración a la cual sobreviven mayor parte de los organismos es el 20%, siendo la concentración más baja del test, por otro lado se puede observar que cuando las concentraciones de afluente son más altas los organismos tienden a morir en gran medida, a partir de lo visto en la prueba de toxicidad inicial se puede determinar que el colorante rojo terasil a una concentración de 500 mg/l puede llegar a ser muy toxico para la vida en los ecosistemas acuáticos, en este caso el nivel de mortandad supera el 95% para concentraciones mayores del 40%.

### 3.1.3. Test preliminar del efluente

Luego de hallar el porcentaje de inmovilización del afluente en el test preliminar, se procede a realizar el análisis paralelo con los efectos producidos en el efluente y se obtuvieron los siguientes resultados:



*Ilustración 9. Test preliminar del efluente.*

Comparando los resultados entre el afluente y el efluente claramente se puede evidenciar que hay mas organismos vivos al finalizar el test del efluente, siendo un buen indicador inicial de que el proceso de fotocátalisis esta surtiendo efecto. Se puede observar a través de los diagramas de barras que a partir de una concentración del 80% de efluente empiezan a sobrevivir mas del 50% de los organismos.

## 3.2. TEST DEFINITIVO

### 3.2.1. Incertidumbre de test definitivo del afluente

El test definitivo fue realizado a partir de los rangos hallados en ensayo preliminar, pero primero que todo se observa la incertidumbre generada en las pruebas, de manera que se obtienen los siguientes resultados:

*Tabla 2. Incertidumbre de test definitivo en afluente*

REPLICA	CONCENTRACIÓN				
	20	25	30	35	40
1	5	5	3	3	1
2	5	5	4	3	0
3	5	4	4	3	0
4	5	5	4	3	1
<b>Incertidumbre</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0,577</b>

Se encuentra que los valores de incertidumbre máximos se encuentran en 0.577, generando resultados confiables ya que la incertidumbre no es muy grande, los datos analizados posteriormente pueden ser de confianza ya que tienen una precisión alta.

### 3.2.2. Test definitivo del afluente

Como se puede observar para el afluente, el rango de concentraciones que se escogió por medio del test preliminar fue de 20% - 40%, por lo tanto, se realiza el test definitivo para poder determinar en que momento la mitad de los organismos expuestos son inmovilizados. De esta manera se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados test definitivo

Concentración %	Número de <i>Daphnia magna</i> móvil en el tubo No.				Organismos móviles	% Inmovilización
	1	2	3	4		
0 (control)	5	5	5	5	20	0
20	5	5	5	5	20	0
25	5	5	4	5	19	5
30	3	4	4	4	15	25
35	3	3	3	3	12	40
40	1	0	0	1	2	90
<b>Número total de organismos por prueba</b>					20	

Los resultados obtenidos en el test definitivo muestran como el porcentaje de inmovilización aumenta a medida que la concentración también lo hace, observando en si la influencia que ejerce la concentración en la mortandad de la *Daphnia magna*. Por otro lado se puede concluir que el rango de concentraciones en las cuales se puede encontrar que la mitad de los organismos se inmovilizan es de 35% a 40%.

### 3.2.3. Concentración efectiva media (EC<sub>50</sub>):

Para el afluente del colorante rojo terasil se realizó la regresión para determinar con exactitud la concentración a la cual el 50% de los organismos se inmovilizaron, para ello se tomó la concentración y se convirtió a mg/l, para luego aplicar el logaritmo de la concentración. Una vez obtenidos los datos, se realiza la gráfica. En este caso se busca la ecuación que se aproxime más a un R de 1.

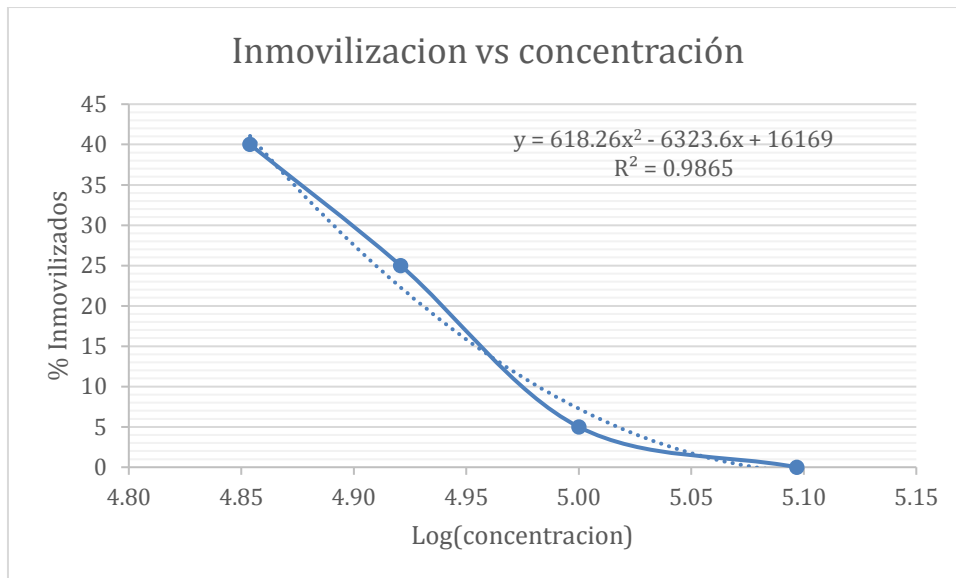


Ilustración 10. Método gráfico para la determinación de  $EC_{50}$

Los puntos se aproximaron a un polinomio de segundo grado obteniendo un R de 0.9865 indicador de que la ecuación se está aproximando demasiado al comportamiento real de los organismos. El logaritmo de la concentración en mg/l obtenido en la regresión fue de 4,822 ppm para obtener el 50% de inmovilización de los organismos, esto es equivalente a decir que nuestra  $EC_{50}$  es obtenida a una concentración del 37.7%, siendo una concentración baja.

#### 4. CONCLUSIONES

- El tratamiento fotocatalítico de los colorantes fue efectivo, ya que como se puede observar en los resultados, el porcentaje de inmovilización de los organismos es menor en el afluente que en el efluente, dando señales claras de que no hay demasiada presencia de contaminantes emergentes que afecten la vida en una biota acuática.
- La incertidumbre de los organismos móviles en los ensayos realizados oscila entre 0 y 0.5, esto es un buen indicador de que las pruebas se están haciendo de la manera correcta, generando errores mínimos en sus mediciones.
- La norma ISO 6341 fue clave para llevar a cabo los ensayos de toxicidad con la *Daphnia magna*, ya que nos explican con claridad el protocolo a realizar y las condiciones a las que deben ser sometidos nuestros organismos.

#### 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener más rigurosidad a la hora de manejar los tiempos de exposición a la luz de los organismos para garantizar de cierta manera el buen desarrollo de la *Daphnia magna*.
- Se recomienda tener al menos 2 peceras de cultivo madre para poder tener mayor disponibilidad semanal de los organismos de prueba.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Adema, D. M. M. (1978). *Daphnia magna* as a test animal in acute and chronic toxicity tests. *Hydrobiologia*, 59(2), 125–134. <https://doi.org/10.1007/BF00020773>
- Beatriz de Vera. (2018). La contaminación de la industria textil. Retrieved May 13, 2019, from <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-sucios-secretos-de-la-industria-textil-articulo-802565>
- Cortazar Martínez Adriana, Coronel Olivares Claudia, Escalante Lozada Adelfo, G. R. C. (2008). Contaminación generada por colorantes de la industria textil. Retrieved May 13, 2019, from <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>
- EUROPEAN COMMISSION, & HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL. (2002). *Working Document Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC*. Retrieved from [https://yosemite.epa.gov/oa/EAB\\_Web\\_Docket.nsf/Attachments](https://yosemite.epa.gov/oa/EAB_Web_Docket.nsf/Attachments_ByParentFilingId/7B39B959EEFC9DEE85257FD20046C85C/$FILE/PBNX_047.pdf) By ParentFilingId/7B39B959EEFC9DEE85257FD20046C85C/\$FILE/PBNX\_047.pdf
- Fabio, L., Ziolo, B., Fernanda, L., Restrepo, G., Agudelo, E. A., Alonso, S., & Gallo, C. (2018). STUDY OF TOXICITY ASSOCIATED TO DUMPING OF WASTEWATER CONTAINING DYES AND PIGMENTS IN THE ABURRÁ VALLEY METROPOLITAN AREA. *Revista EIA*, 13, 61–74. <https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.742>
- G. Persoone, R. Baudo, M. Cotman, C. Blaise, K. C. T., & M. Moreira-Santos, B. Vollat, A. Törökne, T. H. (2009). Review on the acute *Daphnia magna* toxicity test – Evaluation of the sensitivity and the precision of assays performed with organisms from laboratory cultures or hatched from dormant eggs. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. <https://doi.org/10.1051/kmae/2009012>
- Guilhermino, L., Diamantino, T., Carolina Silva, M., & Soares, A. M. V. M. (2000). Acute Toxicity Test with *Daphnia magna*: An Alternative to Mammals in the Prescreening of Chemical Toxicity? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46(3), 357–362. <https://doi.org/10.1006/eesa.2000.1916>
- HUARACA HUARACA LUIS FABIÁN. (2017). *Evaluación ecotoxicológica de aguas contaminadas con glifosato a partir de los bioindicadores daphnia magna y artemia salina*. Retrieved from <https://docplayer.es/90805433-Escuela-politecnica-nacional.html>
- ICONTEC. (1996). ICONTEC e-Collection. Retrieved May 6, 2019, from <https://e-collection-icontec-org.ezproxy.utadeo.edu.co/normavw.aspx?ID=217>
- ISO. (2012). ISO 6341:2012(en), Water quality — Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) — Acute toxicity test. Retrieved May 6, 2019, from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6341:ed-4:v1:en>

Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., & Darío Gutiérrez, O. (2012). *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments* (Vol. 7). Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

Ramírez Romero, P., & Mendoza Cantú, A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/203544643/Ensayos-toxicologicos-para-la-evaluacion-de-sustancias-quimicas-en-agua-y-suelo-experiencias-Mexico>

Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía., L. F., & Melo-Martínez, S. E. (2009). *Importancia del método estadístico para el cálculo de la CE50 y CE95 de algunos isotiocianatos evaluados contra Rhizoctonia solani Kühn*. *Agronomía Colombiana* (Vol. 28). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652010000200013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200013)