

***EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL  
TRAMETES VILLOSA RESIDUAL DEL PROCESO REMOCIÓN DEL  
COLORANTE TRIACTIVE NAVY PN2R***

***EVALUATION OF THE ADSORPTION CAPACITY OF THE FUNGI TRAMETES  
VILLOSA RESIDUAL FROM THE REMOVAL PROCESS OF THE DYE  
TRIACTIVE NAVY PN2R***

*Isabel Cabrera Estrada<sup>1\*</sup>, Dayami Valladares Aguilar<sup>1</sup>, Dora Mendoza Martínez<sup>1</sup>  
e Iván L. Rodríguez Ríco<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Febrero 4, 2016; Revisado: Febrero 15, 2016; Aceptado: Marzo 14, 2016

**RESUMEN**

La biomasa fúngica empleada para la decoloración por degradación enzimática, una vez inactivada, se convierte en un residuo que puede ser reutilizado como biosorbente en los procesos de remoción de colorantes. Las paredes celulares fúngicas contienen gran cantidad de polisacáridos y proteínas. Estos biopolímeros ofrecen grupos funcionales como carboxilos, hidroxilos, sulfatos, fosfatos y grupos amino, los cuales pueden unirse a otros iones. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar la capacidad de adsorción de la biomasa fúngica residual en el proceso de la remoción del colorante Triactive Navy PN2R de disoluciones acuosas. La biomasa fúngica se obtuvo como residuo a partir del empleo de hongos *Trametes villosa* en un estudio de remoción de colorante de aguas simuladas a nivel de laboratorio. El colorante empleado para preparar las muestras fue Triactive Navy PN2R, ampliamente empleado en la industria textil. Se logró remover la quinta parte de la coloración inicial de la solución. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la remoción al variar la concentración inicial del colorante. Con los datos de la adsorción aparente del colorante por la biomasa y concentraciones de equilibrio, se ajustó el modelo de la isoterma de Freundlich, adecuada para explicar el caso estudiado, obteniéndose el valor "n" de 0,9904. Se determinó experimentalmente que la capacidad de adsorción de la biomasa fúngica inactiva en las condiciones de trabajo es 3,26 mg de color/g de biomasa. Se corroboró la

Copyright © 2016. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

\* Autor para la correspondencia: Isabel Cabrera, Email: [icabrera@uclv.edu.cu](mailto:icabrera@uclv.edu.cu)

posibilidad de reuso de la biomasa residual del proceso de tratamiento de residuales líquidos de la industria textil.

**Palabras clave:** *Trametes villosa*, biosorción, colorantes textiles.

## **ABSTRACT**

The fungal biomass used for bleaching by enzymatic degradation, once inactivated, becomes a residue that can be reused as biosorbent in the processes of removal of dyes. Fungal cell walls contain a large amount of polysaccharides and proteins. These biopolymers offer functional groups such as carboxyl, hydroxyl, sulphate, phosphate and amino groups, which can join other ions. The present work has the objective to evaluate the adsorption capacity of the residual fungal biomass in the process of the removal of the dye Triactive Navy PN2R of aqueous solution. The fungal biomass was obtained as a residue from the use of fungi *Trametes villosa* in a study of removal of simulated water dye at the laboratory level. The dye used to prepare the samples was the Triactive Navy PN2R, widely employed in the textile industry. It was removed the fifth part of the initial coloring of the solution. No statistically significant difference was found in the removal to vary the initial concentration of the dye. With the data of the apparent adsorption of the biomass and concentrations of equilibrium, it was adjusted the model of Freundlich isotherm, adequate to explain the case studied, obtaining the "n" value of 0,9904. It was determined experimentally that the capacity of biosorption fungal biomass inactive in the conditions of work is 3,26 mg of color/g of biomass. It was corroborated the possibility of giving a reuse to the residual biomass of the treatment process of liquid residuals of the textile industry.

**Key words:** The fungi *Trametes villosa*, Biosorption, textile dyes.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo industrial de las últimas décadas ha implicado la liberación de grandes cantidades de compuestos químicos residuales, de elevada toxicidad y limitada posibilidad de biodegradación, a los ecosistemas naturales. Los problemas asociados con la descarga de efluentes coloreados por varias industrias como la textil, papelera, alimentaria, cosmética entre otras, son considerados por científicos, académicos y por las industrias (Mahmoodi et al., 2009; Enayatzamir et al., 2010; Arun y Bhaskara, 2010).

En las últimas décadas se han desarrollado diversas estrategias para el tratamiento de residuales empleando hongos y bacterias. Estos procesos biológicos brindan las ventajas de que son más baratos, no dañan el medio ambiente y producen pocas cantidades de lodos. Los microorganismos más eficientes en la degradación de colorantes sintéticos son los hongos basidiomicetos de la podredumbre blanca (Garzón, 2009; Banat et al., 2006; Antonella y Valeria, 2009).

Los hongos de podredumbre blanca han desarrollado un sistema enzimático único y no específico extracelular, que permite la degradación total de los componentes químicos y estructurales de la madera. Las enzimas principales que actúan directa o indirectamente

sobre la lignina son lacasa, manganeso peroxidasa y lignina peroxidasa (Martínez et al., 2005; Elisashvili y Kachlishvili, 2009). Estos organismos son aerobios obligados, su nutrición es por medio de la combustión biológica de la madera y materiales asociados, utilizan el oxígeno molecular como aceptor final de electrones. La vía metabólica de producción de energía interna es a partir de la glucólisis en el citoplasma y ciclo de Krebs en la mitocondria que es la misma de la mayoría de los organismos aeróbicos (Kirk y Cullen, 1998). Dentro del género *Trametes* las cepas de las especies *Trametes versicolor* y *Trametes villosa* destacan por producir concentraciones altas de la casa (Preussler et al., 2009; Revelo et al., 2007).

Debido a la enorme diversidad estructural de contaminantes que son degradados por estos hongos, se les confiere un uso potencial en biorremediación. Estos hongos han sido efectivos para la degradación de una gran variedad de contaminantes ambientales peligrosos tales como: bifenoles policlorinados, explosivos aromáticos, plaguicidas clorados y plaguicidas organofosforados (Dávila y Vázquez-Dualt, 2006). Así mismo, son de importancia económica por sus aplicaciones biotecnológicas en el bio-blanqueo del papel, la decoloración de efluentes, en la industria de textiles, cosmetológica, de bioquímica analítica, de biosensores, de alimentos y en aplicaciones agrícolas.

La biomasa fúngica procedente de la decoloración por degradación enzimática, una vez inactivada, se convierte en un residuo que puede ser reutilizado como biosorbente en los propios procesos de remoción de colorantes.

Las paredes celulares fúngicas contienen gran cantidad de polisacáridos y proteínas. Estos biopolímeros ofrecen muchos grupos funcionales como carboxilos, hidroxilos, sulfatos, fosfatos y grupos amino, los cuales pueden unirse a otros iones, Llandó (2012). Para el análisis del comportamiento de procesos de adsorción donde intervienen soluciones coloreadas se recomienda, Treybal (1979), ajustar los datos experimentales al modelo de la isoterma de Freundlich, se plantea su ecuación:

$$q = k \cdot Ce^{1/n} \quad (1)$$

Si se linealiza la expresión, se obtiene:

$$\log q = \log k + \frac{1}{n} \log Ce \quad (2)$$

Donde:

q: es la adsorción aparente de la biomasa ( $\text{mg g}^{-1}$ )

k: constante de equilibrio de Freundlich, ( $\text{mg/g} \cdot (\text{L/mg})$ )

Ce: concentración en el equilibrio de la disolución de Triactive Navy PN2R ( $\text{mg/L}$ )

n: constante relacionada con la afinidad entre el sorbente y el sorbato

Se determina el logaritmo de  $q$  y  $ce$ , para cada valor y se grafica para obtener la isoterma de Freundlich. El modelo de Freundlich supone que la superficie del sorbente es heterogénea y que las posiciones de sorción tienen distintas afinidades, en primer lugar se ocupan las posiciones de mayor afinidad y posteriormente se van ocupando el resto.

El propósito de este trabajo es evaluar la capacidad de adsorción de la biomasa fúngica residual en el proceso de la remoción del colorante Triactive Navy PN2R de disoluciones acuosas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materiales empleados.

El microorganismo utilizado fue el *Trametes villosa*, proveniente de una colección de cepas de la Universidad Nacional de Misiones en Argentina, el cual fue reactivado por siembra en agar extracto de malta al 2% y sembrado periódicamente en placas Petri.

La biomasa fúngica se obtuvo como residuo de un proceso de decoloración textil, realizado como parte de un estudio experimental de Valladares (2014).

El colorante empleado para preparar las disoluciones acuosas fue el Triactive Navy PN2R por ser ampliamente empleado en la industria textil. El mismo es un colorante catiónico, Díaz (2010), que presenta en su composición química polisulfito de sodio.

### 2.2. Métodos.

En el estudio inicial desarrollado Valladares (2014), se determinó una relación entre la biomasa generada y las variables agitación, pH, concentración de colorante en la disolución y tamaño del inóculo. La biomasa residual obtenida al cabo de 5 días (durante los cuales ocurren acciones de decoloración debido a las enzimas generadas por el hongo y también procesos de adsorción física) fue inactivada. Se realizaron ensayos para determinar la capacidad de adsorción física del *Trametes villosa*, para ello se mató el microorganismo por incremento de temperatura en este caso fue a 120°C durante 15 minutos en autoclave (TRADE RAYPA). Se pesaron 0,5 g de biomasa muerta por 50 mL de solución. Las disoluciones se prepararon con agua destilada y colorante Triactive Navy PN2R a concentraciones de 150, 175, 200, 225, 250 y 300 ppm (muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivamente).

El pH se varió entre 5 y 7, porque el pH carga cero determinado experimentalmente resultó ser 4,5 lo cual indica que a valores superiores puede adsorberse con más facilidad los colorantes catiónicos, como el estudiado.

Las aguas residuales con valores de pH cercano al neutro son menos agresivas al medio donde se vierten.

Los datos obtenidos en los ensayos realizados en discontinuo, permiten calcular la cantidad de colorante Triactive Navy PN2R adsorbida. Se empleó la ecuación 3 para calcular la masa de colorante removida por masa de biosorbente empleada.

$$q = \frac{V \cdot (C_o - C_e)}{m} \quad (3)$$

Donde:

Q: es la adsorción aparente de la biomasa (mg/g)

V: volumen de la muestra (L),

Co: concentración inicial de la disolución de Triactive Navy PN2R (mg/L)

Ce: concentración en el equilibrio de la disolución de Triactive Navy PN2R (mg/L)

m: masa inactiva de hongo *Trametes villosa* (g)

Se realizó la determinación de la curva de calibración para el colorante objeto de estudio, para ello primeramente se llevó a cabo un barrido de longitud de onda. Se pesaron 0,01g del colorante y se llevaron a un matraz de 100 mL, como estaba muy concentrado se realizaron varias diluciones hasta obtener un máximo de absorbancia, lo cual fue medido en el espectrofotómetro RAYLEIGH VIS-7236 en cubetas de cuarzo de

1 cm. Posteriormente se prepararon diluciones, para obtener la curva patrón del colorante.

Se procedió a evaluar experimentalmente la remoción para lo cual se realizó un estudio del comportamiento de la absorbancia, tomando las muestras cada 5 minutos y evaluando original y réplica en cada caso.

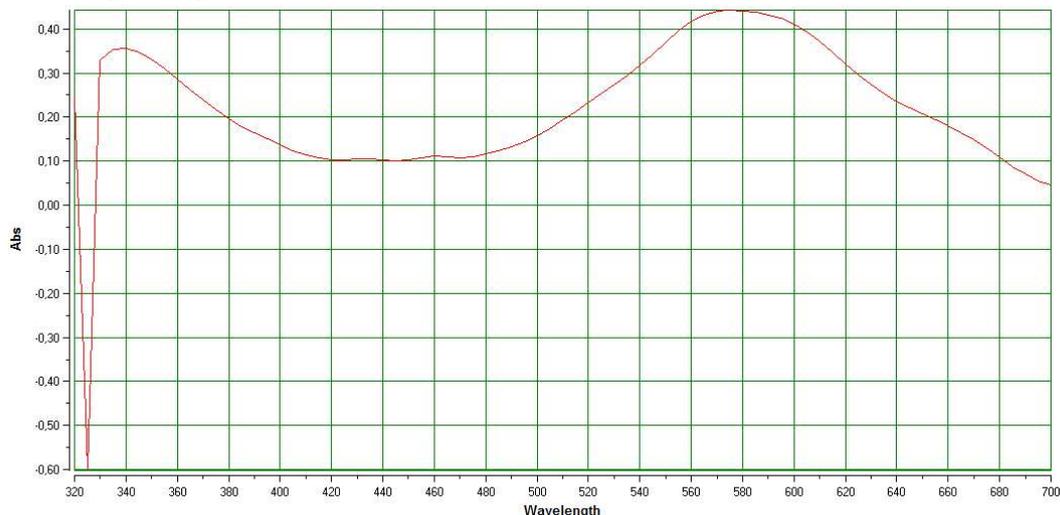
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ecuación 4, Valladares (2014), expresa la relación entre biomasa generada y las variables agitación, pH, concentración de colorante en la disolución y tamaño del inóculo, encontrada con ayuda del programa STATGRAPHICS PLUS.

$$\begin{aligned} \text{Biomasa} = & 0,111615 + 0,020175 \cdot \text{pH} - 0,064325 \cdot \text{agitación} + 0,0051375 \cdot \text{inóculo} + \\ & 0,02175 \cdot \text{concentración del colorante} - 0,0128 \cdot \text{pH} \cdot \text{agitación} - 0,0018125 \cdot \text{pH} \cdot \\ & \text{inóculo} + 0,0168 \cdot \text{pH} \cdot \text{concentración del colorante} - 0,0081375 \cdot \text{agitación} \cdot \\ & \text{inóculo} - 0,0196 \cdot \text{agitación} \cdot \text{concentración del colorante} + 0,0074375 \cdot \text{inóculo} \cdot \\ & \text{concentración del colorante} \end{aligned} \quad (4)$$

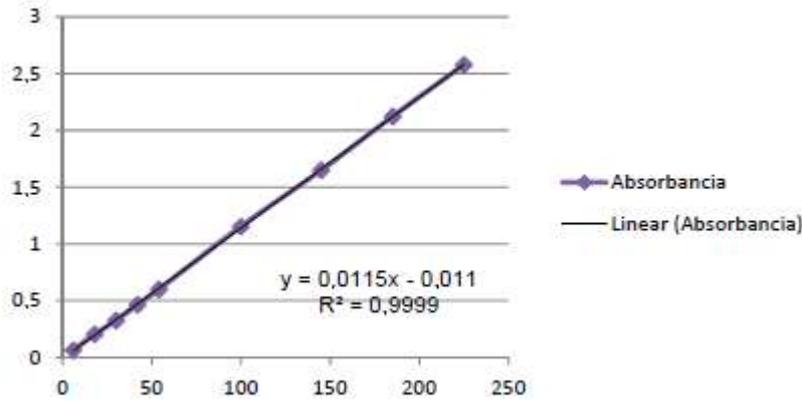
De la relación se aprecia que el incremento de la agitación ejerce un efecto desfavorable en el crecimiento de la biomasa. La mayor cantidad de biomasa acumulada para la realización de los ensayos de biosorción se obtuvo cuando se trabajó con velocidad de agitación de 140 rpm.

La longitud de onda a la cual se obtuvo el máximo pico de absorbancia corresponde a 575 nm para el colorante Triactive Navy PN2R según se observa en la figura #1. Este es un colorante azul, por lo cual la longitud de onda determinada se corresponde con la zona del espectro para ese color.



**Figura 1.** Determinación de la longitud de onda para el colorante Triactive Navy PN2R

A partir de los datos de absorbancia, se obtuvo la curva de calibración (figura 2), con un buen ajuste al modelo lineal, lo que permitió hacer uso de esta correlación en los experimentos que se ejecutaron.



**Figura 2.** Curva de calibración del colorante Triactive Navy PN2R

Los resultados de remoción obtenidos fueron los que aparecen reportados en la tabla 1, donde se muestran los valores promedios de cada experimento realizado, para las diferentes concentraciones de colorante. Se aprecia que se logra remover la quinta parte de la coloración inicial de la solución. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la remoción al variar la concentración inicial del colorante, en el rango estudiado. Para ello se realizó un análisis de varianza con ayuda del programa STATGRAPHICS PLUS.

**Tabla 1.** Resultados de las mediciones de la absorbancia y % de remoción para soluciones coloreadas, utilizando como biosorbente hongos *Trametes villosa* inactivos, a pH= 6,5

<i>Muestra</i>	<i>Concentración de color (ppm)</i>	<i>Absorbancia inicial</i>	<i>Absorbancia (1 hora)</i>	<i>% Remoción</i>
1	150	0,7245	0,571	21,187
2	175	0,891	0,699	21,548
3	200	0,993	0,768	22,658
4	225	1,25	1,01	19,000
5	250	1,58	1,22	22,784
6	300	1,76	1,385	21,306

Posteriormente se determinaron las concentraciones para cada valor de absorbancia y la capacidad de adsorción mediante la ecuación  $y = 0,0115x - 0,011$  (obtenida de los valores relacionados en la curva de calibración) y la ecuación 3, respectivamente.

Donde:

x: Concentración de colorante en mg/L

y: Absorbancia

**Tabla 2.** Capacidad de biosorción (de biomasa constituida por hongos *Trametes villosa* inactivos), para diferentes valores de concentración inicial del colorante Triactive Navy PN2R en soluciones acuosas

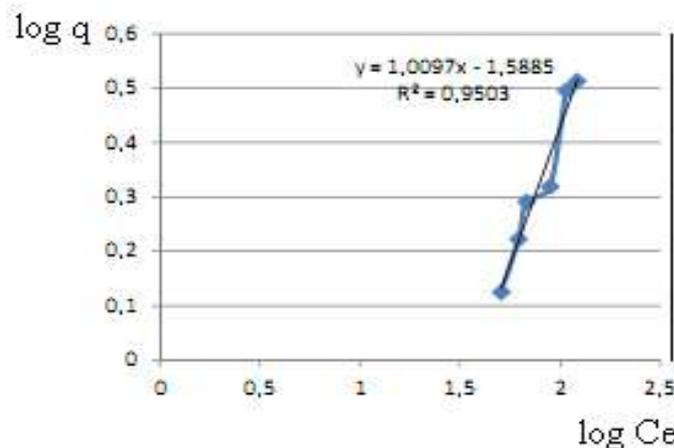
Muestra	Color (ppm)	Co(mg/L)	Ce(mg/L)	q mg de color/g de biomasa	log q	log Ce
1	150	63,9565	50,6086	1,3347	0,1254	1,7042
2	175	78,4347	61,7391	1,6695	0,2226	1,7905
3	200	87,3043	67,7393	1,9565	0,2914	1,8308
4	225	109,6521	88,7826	2,0869	0,3195	1,9483
5	250	138,3478	107,0434	3,1304	0,4956	2,0295
6	300	154,0000	121,3913	3,2608	0,5133	2,0841

En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos al realizar los experimentos, considerando original y réplica en cada caso. Dadas las diferentes concentraciones de colorante en las muestras preparadas en el laboratorio, se obtuvo un valor de 3,26 mg de color/g de biomasa removido, cuando se trabajó a pH = 6,5. Debe tenerse en cuenta que ya esa biomasa había participado anteriormente en un proceso de remoción de colorante cuando el microorganismo estaba vivo e interaccionaba (tanto a través de las enzimas como desde el punto de vista de la adsorción física en su superficie) con el medio, consistente en la solución coloreada. Se considera que quedaban sitios activos disponibles sobre la superficie del biosorbente que propiciaron esa remoción final después de ser inactivado.

**3.1. Obtención de la isoterma de adsorción.**

Con los datos de la adsorción aparente de la biomasa (q) y concentraciones de equilibrio, se ajustó el modelo de isoterma de Freundlich, obteniéndose la representada en la figura 3. La misma corresponde con la ecuación 5.

$$q_e = 0,02579 \cdot C_e^{1/0,9904} \tag{5}$$



**Figura 3.** Isoterma de Freundlich obtenida para la remoción del colorante Triactive Navy PN2R utilizando como biosorbente hongos *Trametes villosa* inactivos

En el modelo de Freundlich, valores de  $n$  cercanos a 1 indican que es aceptable el proceso de adsorción que tiene lugar.

#### 4. CONCLUSIONES

1. Se determinó experimentalmente que la capacidad de biosorción de la biomasa fúngica inactiva en las condiciones de trabajo es de 3,26 mg de color/g de biomasa.
2. La isoterma de Freundlich resulta adecuada para explicar el caso estudiado, obteniéndose el valor de  $n$  de 0,9904, por lo cual es posible llevar a cabo la adsorción del colorante de la solución acuosa.
3. Se corroboró la posibilidad de darle un reuso a la biomasa residual, constituida por hongos *Trametes villosa* inactivos, en el proceso de tratamiento de residuales líquidos de la industria textil.

#### REFERENCIAS

- Antonella, A., Valeria, P., Industrial dye degradation and detoxification by basidiomycetes belonging to different eco-physiological groups., *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 5, No 1, 2009, pp. 10-18.
- Arun, A., Bhaskara, K. Physico- chemical characterization of textile effluent and screening for dyes decolorizing bacteria., *Global J. of Biotechnology. & Biochemical*, Vol. 5, No. 2, 2010, pp. 80-86.
- Banat, I., Nigam P., Singh, D. Microbial decolorization of textile dye containing effluents: A review. *Bioresource Technology*, Vol. 58, No. 1, 2006, pp.217-227.
- Dávila, A., y Vázquez-Dualt, R., Enzimas lignolíticas fúngicas para fines ambientales., *Mensaje Bioquímico*, 30., Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 2006, pp. 29-55.
- Díaz, F., Aplicaciones frecuentes de colorantes industriales., Disponible en: [http://colorrich.en.alibaba.com/product/60109349916-218431794/Cationic\\_Navy\\_Blue\\_2RM\\_textile\\_dyeing\\_basic\\_dyes.html#!](http://colorrich.en.alibaba.com/product/60109349916-218431794/Cationic_Navy_Blue_2RM_textile_dyeing_basic_dyes.html#!), 2010. Consultado, marzo 2014.
- Elisashvili, V., Kachlishvili, E., Physiological regulation of laccase and manganese peroxidase production by white-rot basidiomycetes., *Journal of Biotechnology*, Vol. 144, No. 2, 2009, pp. 37-42.
- Enayatzamir, K., Hossein Alikhani A., Yakhchali, B., Fatemeh Tabandeh & Rodriguez-Couto, S., Decolouration of azo dyes by *Phanerochaete chrysosporium* immobilized into alginate beads., *Environmental. Sci. Pollution*, Vol. 17, No. 3, 2010, pp. 145–153.
- Kirk, T.K., y Cullen, D., Enzymology and molecular genetics of wood degradation by white-rot fungi., *Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry*, Vol. 9, No. 1, 1998, pp. 273-301.
- Garzón, R., Cinética de la degradación de colorantes textiles de diferentes clases químicas por hongos y bacterias inmovilizados sobre fibra de *Agave tequilana Webber var. Azul.*, Tesis presentada en opción al título de Microbiólogo industrial, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2009, pp.47-49.

- Llandó, S., Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos pesados y caracterización de comunidades microbianas implicadas, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor, Universidad de Barcelona, 2012, pp. 34-36.
- Mahmoodi, N.M., Arami, M. & Gharanjig, K., Laboratory studies and CFD modeling of photocatalytic degradation of colored textile wastewater by titania nanoparticles., *Desalination and Water Treatment*, Vol. 3, No. 1, 2009, pp. 312–317.
- Martínez, A.T., Speranza, M., Rosas, J., Rodríguez, R., Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology*, Vol. 12, No. 8, 2005, pp.195-204.
- Preussler, C.A., Shimizu, E., Villalba, L., Zapata, P., Inducción con cobre de la enzima lacasa en el hongo de pudrición blanca *Trametes villosa* (sw.:Fr) Kreisel. *Revista de Ciencia y Tecnología*. Vol. 12, No. 12, 2009, pp.9-16.
- Revelo, B.X., Mora, A.P.T., Ferreira, R., y Amado, F., *Trametes versicolor* growth and laccase induction with by-products of pulp and paper industry., *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 10, No. 3, 2007, pp. 444-451.
- Treybal, R., *Procesos de Transferencia de Masa.*, Reimpresión, La Habana, Cuba, 1979, pp. 646-650.
- Valladares, D., Remoción de colorantes de aguas residuales de la industria textil, mediante el empleo de bagazo y microorganismos., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, 2014.