

Biosorption of Losartan potassium in aqueous solution on non-living microalgae *Chlorella* sp.

Biosorción de Losartán potásico en solución acuosa sobre microalga *Chlorella* sp., no viva

**CASTELLAR-ORTEGA G. C.¹; CELY-BAUTISTA M. M.²;
ESPINOSA-CASTRO J. L.³; JARAMILLO-COLPAS J. E.¹;
VACCA-JIMENO V. A.⁴**

¹**M.Sc. Grey Cecilia Castellar O. Profesora Tiempo Completo,**
Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad
Autónoma del Caribe, e-mail: grey.castellar@uac.edu.co.

ORCID. <https://orcid.org/0000-0001-7711-5912>

²**Ph.D. María M. Cely Bautista. Profesora Tiempo Completo
Ocasional,** Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería,
Universidad del Atlántico, e-mail: mariacely@mail.uniatlantico.edu.co

ORCID. <http://orcid.org/0000-0003-2980-8807>

³**Ing. Jorge Luis Espinosa Castro. Ingeniero Configurator de
Sistemas de Control,** Omnicon S.A., e-mail:

jorgespinosac14@gmail.com

ORCID. <https://orcid.org/0000-0002-7382-4663>

¹**M.Sc. Javier Enrique Jaramillo C. Profesor Tiempo Completo,**
Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad
Autónoma del Caribe, e-mail: javierjaramillocolpas@gmail.com

ORCID. <https://orcid.org/0000-0002-5921-1529>

⁴**M.Sc. Víctor Alexander Vacca J. Profesor Tiempo Completo
Ocasional,** Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas,
Universidad del Atlántico, e-mail: victorvacca1@mail.uniatlantico.edu.co

ORCID. <https://orcid.org/0000-0002-8970-6100>

Entidad¹

Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Atlántico, Colombia.

Tel: +57 (605) 3853400 Ext.

E-mail: grey.castellar@uac.edu.co

Entidad^{2,4}

Universidad del Atlántico. Puerto Colombia, Atlántico, Colombia.

Tel: + 57 (605) 3133640 Ext.

E-mail: mariacely@mail.uniatlantico.edu.co

Entidad³

Omicon S. A. Barranquilla, Atlántico, Colombia.

Tel: +57 (605) 3047373 Ext.

E-mail: jorgespinosac14@gmail.com

Recibido: 12/11/2024 / Aceptado: 27/04/2025

Resumen

La presencia de contaminantes emergentes como el Losartán potásico (LP) en los cuerpos de agua, puede llegar a alterar las funciones fisiológicas de muchas especies, afectando no solo a los ecosistemas sino a la salud humana. En esta investigación, se evaluó la capacidad de remoción del medicamento LP en solución acuosa sobre la microalga *Chlorella* sp., no viva, manteniendo fijas la temperatura y la dosis de adsorbente. Inicialmente, se cultivó la microalga *Chlorella* sp., bajo condiciones adecuadas de nutrientes, luz y aire; finalizado su ciclo de crecimiento, se filtró y se secó a 60 °C por 24 h. Los bioensayos se realizaron aplicando la técnica de adsorción por lote a diferentes concentraciones de LP (1,60 – 21,6 mg/L). Además, se les realizó microscopía electrónica de barrido (MEB) y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (IRTF). Los resultados muestran un ajuste satisfactorio al modelo de isoterma de Freundlich con crecimiento en multicapa del Losartán potásico sobre la superficie. Su máxima capacidad de adsorción fue de 1,9 mg/g, con porcentajes de remoción entre 7,9 y 37,5%. La *Chlorella* sp., no viva muestra las bandas características de este tipo de microalgas con predominio de estructuras poco porosas. En conclusión, *Chlorella* sp., no viva se constituye en un potencial adsorbente natural con posible uso en la remoción de contaminantes emergentes recalcitrantes.

Palabras clave: contaminantes emergentes, Losartán potásico, microalga *Chlorella* sp., isotermas de adsorción.

Abstract

The presence of emerging contaminants such as Losartan potassium (LP) in bodies of water can alter the physiological functions of many species, affecting not only ecosystems but also human health. In this research, the removal capacity of the LP drug in aqueous solution on the non-living microalgae *Chlorella* sp., was evaluated keeping the temperature and the dose of adsorbent fixed. Initially, the microalgae *Chlorella* sp., was grown under adequate conditions of nutrients, light and air; after its growth cycle, it was filtered and dried at 60 °C for 24 h. The bioassays were carried out applying the batch adsorption technique at different concentrations of LP (1,60 – 21,6 mg/L). In addition, scanning electron microscopy (SEM) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) were performed. The results show a satisfactory fit to the Freundlich isotherm model with multilayer growth of Losartan potassium on the surface. Its maximum adsorption capacity was 1,9 mg/g, with removal percentages between 7,9 and 37,5%. Non-living *Chlorella* sp., shows the characteristic bands of this type of microalgae with predominance of poorly porous structures. In conclusion, non-living *Chlorella* sp., constitutes a potential natural adsorbent with possible use in the removal of recalcitrant emerging contaminants.

Keywords: emerging contaminants, Losartan potassium, microalgae *Chlorella* sp., adsorption isotherms.

1. INTRODUCCIÓN

Los contaminantes orgánicos emergentes incluyen una amplia gama de compuestos pertenecientes a diferentes clases químicas, tales como productos

farmacéuticos, cuidado personal, plastificantes, retardantes de llama, tensoactivos y determinados plaguicidas, entre otros, cuyos efectos toxicológicos son relativamente desconocidos (Murray *et al.*, 2010) y generalmente no están regulados.

Dentro del amplio grupo de contaminantes emergentes los productos farmacéuticos son una de las principales preocupaciones porque están diseñados para interferir con procesos biológicos a bajas concentraciones y, además, para persistir en el cuerpo animal o humano. Estos productos farmacéuticos se introducen en el medio ambiente a través de varias rutas, siendo las aguas residuales no tratadas y tratadas los principales receptores (Pino *et al.*, 2017). Debido a esta problemática se han hecho investigaciones con el fin de determinar los compuestos farmacéuticos contenidos en las aguas residuales (Hernández & Labbé, 2014), entre los más importantes se encuentran el diclofenaco, paracetamol, ácido salicílico, antibióticos de la serie fluoroquinolona, entre otros (Rempel *et al.*, 2021; Murray *et al.*, 2010).

Actualmente para el tratamiento de la hipertensión existen diferentes clases de antihipertensivos, siendo el Losartán el más utilizado en Colombia (Machado *et al.*, 2013). Según la Revista Panamericana de Salud Pública, el Losartán es formulado en un 50% de los casos requeridos, teniendo un porcentaje mucho mayor que otro tipo de antihipertensivos (Portilla *et al.*, 2017). En los últimos años el consumo por persona formulada con este medicamento ha ido en aumento con dosis entre 50 a 100 mg/día (Machado *et al.*, 2013).

Se han realizado investigaciones que demuestran la presencia de múltiples fármacos en los cuerpos de aguas dentro de los que se encuentra el Losartán (Muter *et al.*, 2017; Tarcomnicu *et al.*, 2010). Debido a que este es un fármaco que tiene una biodisponibilidad aproximada del 33%, gran parte de la dosis consumida se

excreta por medio de las heces y la orina (Tarcomnicu *et al.*, 2010), llegando así, a las aguas residuales domesticas de la ciudad, que son tratadas por medio de un sistema de tratamiento en lagunas y posteriormente se vierten en las fuentes hídricas. Esto genera un nivel de contaminación en los cuerpos de aguas, debido a que este medicamento es difícil de remover por los métodos convencionales conocidos para el tratamiento de aguas residuales (Portilla *et al.*, 2017), debido a que la molécula de Losartán potásico es química y físicamente estable (Lusina *et al.*, 2005) y, adicionalmente es soluble en agua (Rofifah, 2020).

Con el fin de brindar una alternativa de remoción de este contaminante, se emplea el uso de microorganismos vivos (Rofifah, 2020) y no vivos, los cuales ofrecen bajos costos y buena eficiencia, proporcionando una solución amigable con el medio ambiente para la remoción de este tipo de medicamentos.

Las microalgas son una alternativa prometedora en el tratamiento de efluentes que tienen contaminantes emergentes ya que ellas pueden alterar su metabolismo entre condiciones autotróficas y heterotróficas de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el ambiente (Subashchandrabose *et al.*, 2012). El uso de microalgas tipo *Chlorella* han demostrado una alta eficiencia en el manejo de remoción de productos farmacéuticos de los efluentes acuosos como lo indica Escapa *et al.* (2015), en su investigación de remoción de nitratos, fosfatos, ácido salicílico y paracetamol, empleando *Chlorella sorokiniana*; de igual manera, De Wilt *et al.* (2016), reportaron porcentajes de remoción entre el 40-60%

para diclofenaco y del 100% para ibuprofeno y paracetamol usando el mismo tipo de microalga. De la literatura científica se han encontrado publicaciones que mencionan el uso de la microalga *Chlorella* sp., como tratamiento biológico alternativo de aguas residuales en la remoción de nitrógeno, fósforo, demanda química de oxígeno y metales pesados con importantes propiedades de bioadsorción y biodegradación (Wang *et al.*, 2010). En el caso específico de medicamentos, Angulo *et al.* (2017), Song *et al.* (2018) y Guo *et al.* (2016), entre otros, encontraron en este microorganismo una herramienta eficaz en la remoción de cefalexina, florfenicol y ácido 7-amino-cefalosporánico, respectivamente.

En esta investigación se evaluó la capacidad de adsorción de la microalga *Chlorella* sp., no viva, en la remoción del medicamento Losartán potásico, manteniendo fijas la temperatura y la dosis de biomasa al pH inicial de las soluciones.

2. METODOLOGÍA

2.1 Condiciones de Cultivo y Obtención de la Biomasa

La microalga *Chlorella* sp., de partida fue suministrada por el Laboratorio de Biotecnología de Microalgas de la Universidad del Atlántico. Su cultivo se realizó en recipientes de vidrio de 3,0 L con un volumen efectivo de 2,5 L, empleando agua esterilizada y una mezcla de fertilizante complejo NPK “Nutrifoliar” (preparado diluyendo 25 mL hasta el aforo con agua estéril en un matraz 500 mL) para el crecimiento celular. Los biorreactores se

mantuvieron bajo iluminación superficial con lámparas LED, sometidos a ciclos de 12h luz/12h oscuridad y con aireación permanente mediante bombas de aire Ac-1500, a la velocidad de 2,25 L aire/min, con el objeto de mantener suficiente oxígeno disuelto, evitar su sedimentación y permitir su distribución uniforme en el reactor (Infante *et al.*, 2012). El crecimiento diario de la microalga se determinó midiendo la absorbancia de la clorofila-a en un espectrofotómetro UV-vis marca Shimadzu UV-1800, a la longitud de onda (λ) de 647 nm. La figura 1 muestra un esquema del cultivo de la microalga *Chlorella* sp.

Después del crecimiento algal se procedió a retirar el sistema de aireación y la luz artificial, para propiciar la muerte de la microalga, la cual se dejó en reposo por 2 días para la decantación de la biomasa. La separación se realizó por centrifugación a una velocidad de 4000 rpm durante 7 min, luego se lavó con agua desionizada, para retirar el exceso de fertilizante. Por último, la biomasa se secó a 60°C por 24h en un horno marca Binder, se pulverizó y se reservó en un desecador.

2.2 Caracterización de la Biomasa

A la biomasa antes y después del proceso de adsorción, al igual que al medicamento LP, se les realizó espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier (IRTF) en el rango entre 4000 y 400 cm^{-1} por el método de pastilla de KBr en un espectrómetro marca Nicolet iS 10 Thermo Fisher Scientific y, su morfología por microscopía electrónica de barrido (MEB) en un equipo Tescan Vega3 SBU.

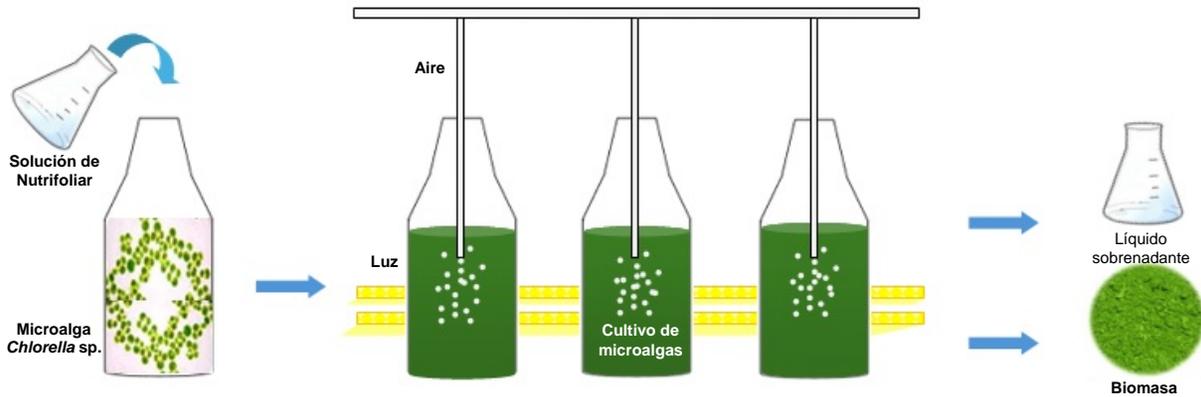


Figura 1. Proceso gráfico del cultivo de la microalga *Chlorella sp.*

2.3 Bioensayos de remoción de Losartán potásico en solución acuosa con *Chlorella sp.*, no viva

A 10,0 mg de la biomasa algal se le adicionó por separado 10,0 mL de solución de LP a concentraciones entre 1,6 y 21,6 mg/L. Transcurridas 5 h (tiempo estimado para alcanzar el equilibrio de adsorción obtenido en un estudio previo), se tomó una alícuota de los biorreactores, se centrifugó y a cada una de ellas se le midió la absorbancia a 205 nm, la máxima longitud de onda de absorción obtenida por barrido previo en un espectrofotómetro marca Shimadzu UV-1800. El anterior procedimiento se realizó 4 veces.

3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Crecimiento de la microalga *Chlorella sp.*

El crecimiento algal se midió diariamente por 20 días. La figura 2, muestra inicialmente un

periodo de adaptación que duró 3 días donde el alga se acondicionó al medio de cultivo; continuó una fase de crecimiento acelerado que se extendió por 13 días más, alcanzando el valor máximo de absorbancia de 1,52. A partir del día 17 comienza a disminuir la tasa de crecimiento de la microalga, dando inicio a la etapa estacionaria donde los nutrientes escasean, pero además, la densidad de la población hasta el momento alcanzada, reduce la penetración de la luz afectando la actividad fotosintética.

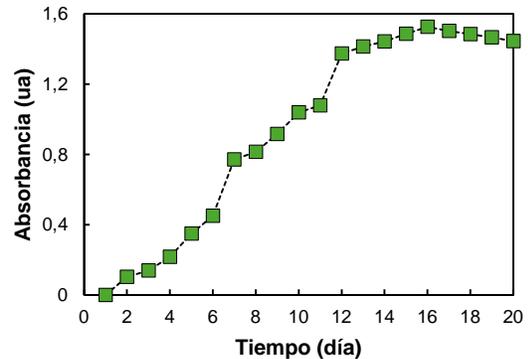


Figura 2. Curva de crecimiento de la microalga *Chlorella sp.*

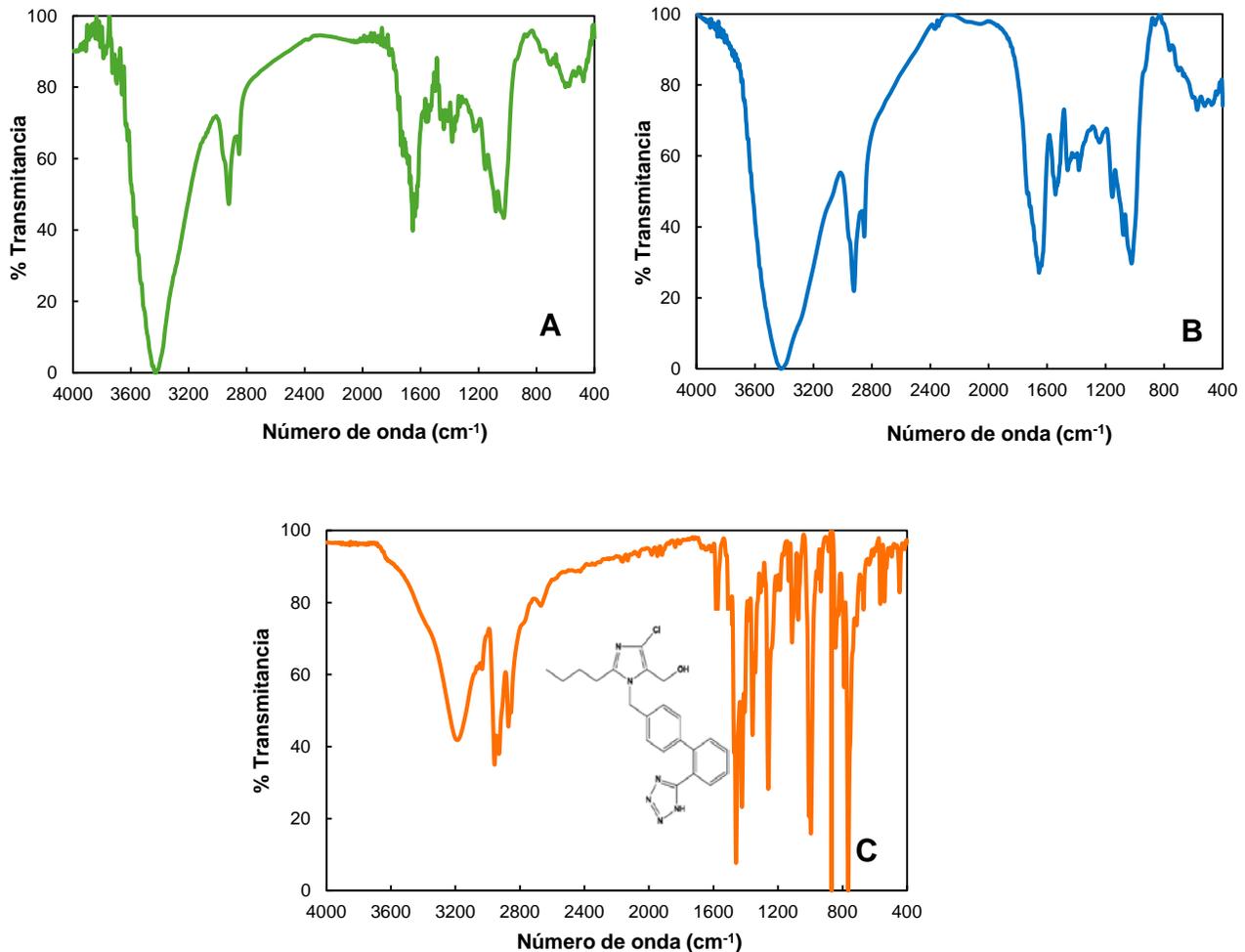


Figura 3. Espectros IRTF de la *Chlorella sp.*, antes (A) y después de la adsorción (B) del Losartán potásico (C).

3.2 Caracterización de la biomasa

3.2.1 Espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier

La espectroscopía IRTF tiene la ventaja de ser un método de caracterización no destructivo y rápido que tradicionalmente se usa en compuestos purificados. Recientemente, también se está empleando para caracterizar sistemas biológicos complejos tales como bacterias, microalgas e incluso plantas superiores. En esta investigación los FTIR de la superficie celular de la *Chlorella sp.*, no viva antes y después de la adsorción del medicamento (Figura 3 A

y B) permitió identificar los grupos funcionales responsables de la remoción; aunque sus espectros guardan gran similitud con respecto a las bandas de absorción características, estas se hacen más pronunciadas después de la adsorción del LP. Los resultados muestran una banda ancha de absorción cercana a 3400 cm^{-1} debido a modos de estiramiento del enlace O-H (Jiang *et al.*, 2022), que junto con la banda sobrepuesta por vibraciones del enlace C=O a 1720 cm^{-1} (Singh *et al.*, 2022) sugieren la presencia de ácidos carboxílicos. Las vibraciones de flexión C-H alifático, responsables de la fracción lipídica de la

microalga se observan a las frecuencias 2956 y 2870 cm^{-1} (Singh *et al.*, 2022). En general, los espectros muestran las regiones típicas de los carbohidratos (entre 1180 y 960 cm^{-1}) y proteínas (amida primaria, 1710-1620 cm^{-1} y amida secundaria; entre 1620-1470 cm^{-1}) (Spain & Funk, 2022).

tetrazol junto con las bandas a 1112 y 1073 cm^{-1} que se deben a la deformación angular y vibraciones de estiramiento de los enlaces N-C-N y N-N (Rao *et al.*, 2012); las vibraciones de estiramiento C-H alifático se observan a 2956 y 2870 cm^{-1} ; tres bandas alargadas a 1459, 1422 y 1258 cm^{-1} que corresponden al anillo imidazol, al estiramiento del enlace C=N y la confirmación de aminas cíclicas respectivamente.

3.2.2 Microscopía electrónica de barrido

Las micrografías de la superficie de la microalga *Chlorella sp.*, antes y después de la adsorción del medicamento Losartán potásico se muestran en la figura 4. De la biomasa se observa el predominio de una estructura de forma heterogénea poco porosa, con bordes y formas diversas que aumentan su tamaño después de la exposición con el LP.

3.3 Bioensayos de remoción de Losartán en solución acuosa con *Chlorella sp.*, no viva

Los bioensayos por lote con *Chlorella sp.*, no viva se realizaron variando la concentración inicial del LP desde 1,6 hasta 21,6 mg/L, manteniendo constante la temperatura al pH natural de las soluciones durante 5 h. El porcentaje de remoción y la capacidad de adsorción (q_e) se calcularon a partir de las ecuaciones 1 y 2. Los resultados se muestran en la tabla 1.

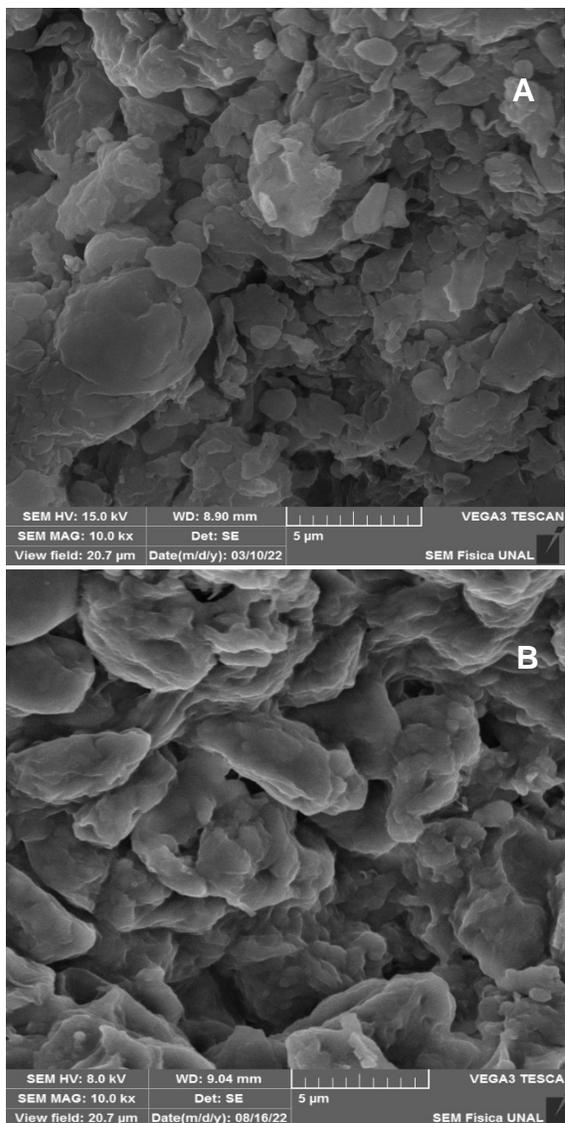


Figura 4. Micrografías de la biomasa antes (A) y después (B) de la adsorción del LP.

En el espectro infrarrojo del Losartán potásico (Figura 3C) se observan las bandas características de este medicamento: a 3180, 994 y 1008 cm^{-1} corresponden al anillo

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{W} \quad (2)$$

Donde C_o y C_e corresponden a la concentración inicial y en el equilibrio del LP

en mg/L respectivamente; q_e es la capacidad de adsorción de la biomasa en el

Tabla 1. Porcentaje de remoción y capacidad de adsorción de la microalga *Chlorella sp.*, no viva.

Concentración inicial de LP (mg/L)	Concentración en el equilibrio de LP (mg/L)	Porcentaje de remoción (%R)	Capacidad de adsorción (q_e)
1,60	1,00	37,5	0,6
3,90	3,00	20,5	0,8
7,00	6,10	12,9	0,9
11,7	10,6	9,40	1,1
15,3	14,0	8,50	1,3
18,6	17,1	8,10	1,5
21,6	19,9	7,90	1,7

equilibrio en mg/g, V es el volumen de solución en L y W es la masa en g de *Chlorella sp.*, no viva.

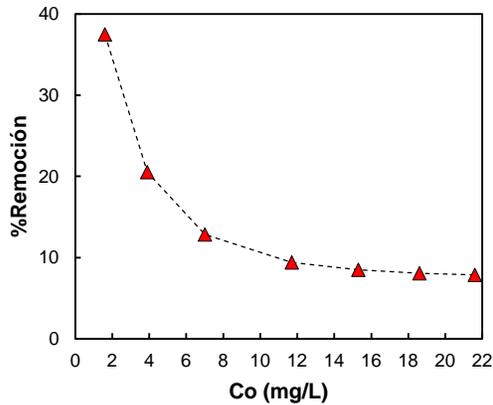


Figura 5. Efecto de la concentración inicial sobre el porcentaje de remoción de LP sobre *Chlorella sp.*, no viva.

La microalga no viva logra remover el 37,5 % del LP a una concentración inicial de 1,6 mg/L, pero en la medida que esta aumenta se reduce el porcentaje de remoción (Fig. 5). Esta tendencia se debe a la disminución de los sitios activos de adsorción; considerando que, a bajas concentraciones la cantidad de LP es menor y podrá ocuparlos en parte o en su totalidad. Pero esta disponibilidad disminuye, cuando se aumenta la concentración y aún después de haber alcanzado el equilibrio queda medicamento en la disolución. El comportamiento

creciente de la capacidad de adsorción se debe a la saturación de los sitios activos de adsorción y posterior aumento en multicapas del medicamento sobre la superficie de la *Chlorella sp.*, no viva.

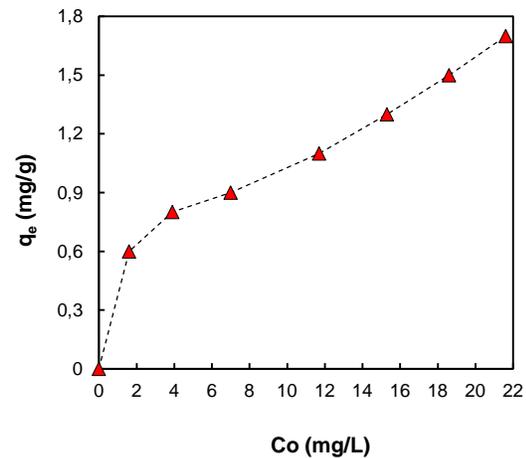


Figura 6. Isoterma de adsorción del medicamento LP sobre *Chlorella sp.*, no viva.

Las isotermas de adsorción descritas mediante modelos matemáticos permiten establecer la naturaleza de la afinidad entre el adsorbente, que para este estudio es la microalga *Chlorella sp.*, no viva y el adsorbible, el medicamento Losartán potásico. En este sentido, los resultados de los experimentos por lote se ajustaron a dos modelos de isotermas de adsorción ampliamente utilizadas: Langmuir y

Freundlich; sus expresiones linealizadas están descritas por las ecuaciones 3 y 4 respectivamente (Castellar *et al.*, 2020).

Tabla 2. Valores de los parámetros de las isotermas de Langmuir y Freundlich.

Modelo de Langmuir			Modelo de Freundlich		
q_{max}	K_L	R^2	n	K_F	R^2
1,9	0,21	0,92	3,02	0,56	0,94

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_{max}} + \frac{1}{K_L q_{max}} \quad (3)$$

$$\ln q_e = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln K_F \quad (4)$$

Donde q_{max} , K_L , n , y K_F , corresponden a la máxima capacidad de adsorción de la biomasa (mg/g), la constante de Langmuir relacionada con la energía de adsorción (L/mg), la constante relacionada con la afinidad entre la biomasa y el LP y, la constante de Freundlich respectivamente. Estos parámetros se determinaron por ajuste de los datos experimentales a las ecuaciones 3 y 4. Al graficar $\frac{C_e}{q_e}$ versus C_e , se obtuvo q_{max} y K_L a partir de la pendiente y el intercepto; de igual manera, se procedió con el modelo de Freundlich, se graficó $\ln q_e$ versus $\ln C_e$ obteniendo n y K_F (Figura 7). En la tabla 2 se resumen los valores de las constantes y los coeficientes de correlación lineal (R^2) de los ajustes.

Aunque los coeficientes de correlación lineal R^2 (Tabla 2) para ambos modelos son muy cercanos, se observa un mejor ajuste al modelo de isoterma de Freundlich, lo cual indica que la fisisorción controla el proceso con predominio de interacciones tipo fuerzas de dispersión y enlaces de hidrógeno, que bien pueden establecerse entre la superficie de la microalga *Chlorella* sp., no viva y el medicamento Losartán potásico debido a la presencia de grupos funcionales tales como

aminas, amidas y ácidos carboxílicos entre otros, confirmados por el análisis espectroscópico y la afinidad que muestra el valor de n mayor que 1 (Tabla 2).

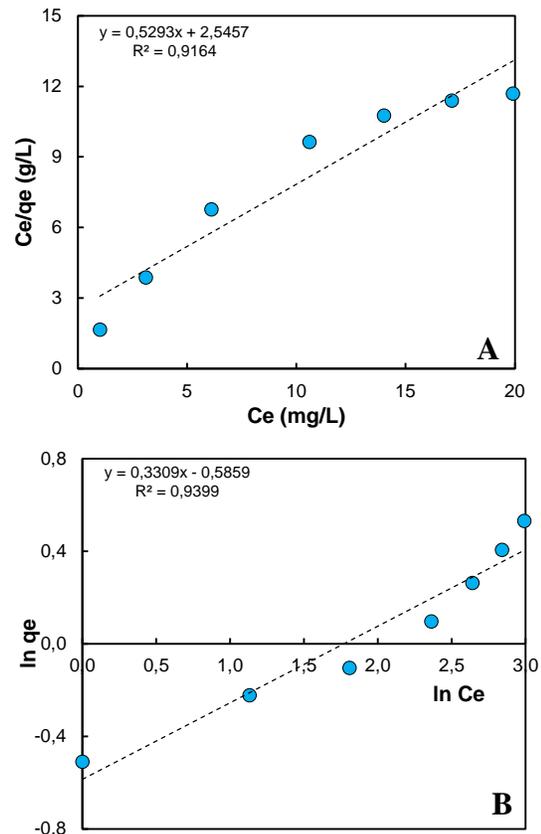


Figura 7. Ajuste de los datos experimentales con la ecuación linealizada del modelo de: Langmuir (A) y Freundlich (B).

Del ajuste de los resultados al modelo de isoterma de Langmuir se estima que la capacidad máxima de remoción de la microalga *Chlorella* sp., no viva es de 1,9 mg/g, el cual tiene una fuerte contribución de

su química de superficie. Pero como se conoce de la literatura científica, existen otros factores responsables del proceso de adsorción, y quizás uno ampliamente investigado hace referencia a las propiedades de textura principalmente el área específica. Sin embargo, existen esfuerzos y expectativas por parte del grupo de trabajo evaluar modificaciones superficiales a la biomasa sujeto de estudio con el fin de mejorar su porosidad.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación se usó la microalga *Chlorella* sp., no viva para remover Losartán potásico en solución acuosa. Del estudio por lote se observa que el porcentaje de remoción disminuye a medida que aumenta la concentración inicial de medicamento, mientras que la capacidad de remoción aumenta con la concentración inicial. Los resultados experimentales muestran un ajuste satisfactorio al modelo de isoterma de Freundlich con un factor de correlación cercano a 0,94, lo que indica predominio de una superficie heterogénea verificada por IRTF con crecimiento en multicapa. La capacidad máxima de adsorción del Losartán potásico fue de 1,9 mg/g, lo cual resulta satisfactorio considerando que se trata de biomasa algal sin ningún tipo de modificación.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen al Laboratorio de Biotecnología de Microalgas de la Universidad del Atlántico y al Laboratorio de Aplicaciones Físicoquímicas del Estado Sólido de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, E., G. Castellar-Ortega, M. Cely-Bautista, L. Ibáñez & L. Prasca. 2017. Discoloration of wastewater from a paint industry by the microalgae *Chlorella* sp. *Rev. Mvz Córdoba*. 22(1): 5706–5717. Córdoba, Colombia.
- Castellar-Ortega, G., M. Cely-Bautista, B. Cardozo-Arrieta, E. Angulo, E. Mendoza, A. Zambrano, J. Jaramillo & C. Rosales. 2020. Removal of the direct navy-blue dye on modified coffee bean. *Tecnol. y Ciencias del Agua*. 11(4): 1–26. Ciudad de México, México.
- De Wilt, A., A. Butkovskiy, K. Tuantet, L. Hernandez, T. Fernandes, A. Langenhoff & G. Zeeman. 2016. Micropollutant removal in an algal treatment system fed with source separated wastewater streams. *J. Hazard. Mater.* 304: 84–92. Netherlands.
- Escapa, C., R. N. Coimbra, S. Paniagua, A. I. García & M. Otero. 2015. Nutrients and pharmaceuticals removal from wastewater by culture and harvesting of *Chlorella sorokiniana*. *Bioresour. Technol.* 185: 76–284. United Kingdom.
- Guo, W. Q., H. S. Zheng, S. Li, J. S. Du, X. C. Feng, R. L. Yin, Q. L. Wu, N. Q. Ren & J. S. Chang. 2016. Removal of cephalosporin antibiotics 7-ACA from wastewater during the cultivation of lipid-accumulating microalgae. *Bioresour. Technol.* 221: 284–290. United Kingdom.
- Hernández-Pérez, A. & J. I. Labbé. 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 49(2): 157–173. Chile.
- Infante, C., E. Angulo, A. Zárate, J. Z. Florez, F. Barrios & C. Zapata. 2012. Propagación de la Microalga *Chlorella* sp. en cultivo por Lote: Cinética del crecimiento celular. *Av. en Ciencias e Ing.* 3: 159–164. La Serena, Chile.

- Jiang, X., X. Yin, Y. Tian, S. Zhang, Y. Liu, Z. Deng, Y. Lin & L. Wang. 2022. Study on the mechanism of biochar loaded typical microalgae *Chlorella* removal of cadmium. *Sci. Total Environ.* 813:152488. Netherlands.
- Lusina, M., T. Cindrić, J. Tomaić, M. Peko, L. Požaić & N. Musulin. 2005. Stability study of losartan/hydrochlorothiazide tablets. *Int. J. Pharm.* 291(1-2): 127–137. Netherlands.
- Machado-Alba, J. E. M. M. Murillo-Muñoz & M. E. Machado-Duque. 2013. Effectiveness of lipid-lowering therapy among a sample of patients in Colombia. *Pan. Am. J. Public Heal.* 33(6): 383–390. United Kingdom.
- Murray, K., S. Thomas & A. Bodour. 2010. Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environ. Pollut.* 158: 3462-3471. United Kingdom.
- Muter, O., I. Perkons, V. Svinka, R. Svinka & V. Bartkevics. 2017. Distinguishing the roles of carrier and biofilm in filtering media for the removal of pharmaceutical compounds from wastewater. *Process Saf. Environ. Prot.* 111: 462–474. United Kingdom.
- Pino-Otín, M., S. Muñoz, J. Val & E. Navarro. 2017. Effects of 18 pharmaceuticals on the physiological diversity of edaphic microorganisms. *Sci. Total Environ.* 595: 441–450. Netherlands.
- Portilla, A., D. Torres, M. Machado-Duque & J. Machado-Alba. 2017. Intervención para la racionalización del uso de losartán. *Rev. Colomb. Cardiol.* 24(1): 10–14. Bogotá D. C., Colombia.
- Rao, K., G. B. Kumar, M. Ahmed & V. Joshi. 2012. Development and evaluation of chitosan based oral controlled matrix tablets of losartan potassium. *Int. J. Pharm. Investig.* 2(3): 157-161. India.
- Rempel, A., J. Gutkoski, M. Nazari, G. Biolchi, V. Cavanhi, H. Treichel & L. Colla. 2021. Current advances in microalgae-based bioremediation and other technologies for emerging contaminants treatment. *Sci Total Environ.* 772: 144918. Netherlands.
- Rofifah, D. 2020. Ficha Técnica - Losartan. *Towar. a Media Hist. Doc.* 12–26, 2020.
- Singh, D. V., A. K. Upadhyay, R. Singh & D.P. Singh. 2022. Implication of municipal wastewater on growth kinetics, biochemical profile, and defense system of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus vacuolatus*. *Environ. Technol. Innov.* 26: 102334. Netherlands.
- Spain, O. & C. Funk. 2022. Detailed Characterization of the Cell Wall Structure and Composition of Nordic Green Microalgae. *J. Agric. Food Chem.* 70: 9711–9721. United States.
- Song, C., Y. Wei, Y. Qiu, Y. Qi, Y. Li & Y. Kitamura. 2018. Biodegradability and mechanism of florfenicol via *Chlorella sp.* UTEX1602 and L38: Experimental study. *Bioresour. Technol.* 272: 529–534. United Kingdom.
- Subashchandrabose, S., B. Ramakrishnan, M. Megharaj, K. Venkateswarlu & R. Naidu. 2013. Mixotrophic cyanobacteria and microalgae as distinctive biological agents for organic pollutant degradation. *Environ. Int.* 51: 59–72. United Kingdom.
- Tarcomnicu, I., A. L. N. van Nuijs, W. Simons, L. Bervoets, R. Blust, P. Jorens, H. Neels & A. Covaci. 2011. Simultaneous determination of 15 top-prescribed pharmaceuticals and their metabolites in influent wastewater by reversed-phase liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Talanta.* 83(3): 795–803. Netherlands.
- Wang, L., Y. Li, P. Chen, M. Min, Y. Chen, J. Zhu & R. Ruan. 2010. Anaerobic digested



dairy manure as a nutrient supplement for cultivation of oil-rich green microalgae

Chlorella sp. Bioresour. Technol. 101(8): 2623–2628. United Kingdom.

