

USO DE FILTROS NATURALES PARA REDUCIR EL CONTENIDO DE ALQUITRAN EN EL HUMO DEL CIGARRILLO

Juan S. Marulanda S. ^{*†}, Nolber Trujillo. ^{*}, Santiago Escobar G. ^{**}, Alejandro Cortés C. ^{*}

**Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, of. 11-259, Medellín, Colombia.*

***Universidad Nacional de Colombia, Calle 59A No 63 – 20, Medellín, Colombia*

Recibido 15 Noviembre 2013; aceptado 10 Marzo 2014
Disponible en línea: 30 Julio 2014

Resumen: El alquitrán es una mezcla de hidrocarburos de alta peligrosidad para el ser humano. Algunos de sus compuestos más nocivos corresponden a radicales libres que pueden ser estabilizados usando antioxidantes. En el presente trabajo se purificaron algunos antioxidantes naturales los cuales fueron fijados en un material adsorbente mineral. Con estos elementos se empacó una columna por donde se hizo fluir el humo procedente de 20 cigarrillos para ser solubilizados sus componentes en acetona. La eficiencia de la columna para remover algunos hidrocarburos se determinó evaporando el solvente y comparando los pesos en cada uno de los casos. La mayor eficiencia en la remoción se obtuvo en la columna empacada con carbón activado, impregnado con la mezcla de carotenos. Alcanzado una remoción del 93,63 % del alquitrán, al compararlo con la máxima cantidad para los cigarrillos sin filtro.

Palabras clave: Antioxidantes naturales, alquitrán, adsorbentes minerales.

USE OF NATURAL FILTERS FOR REDUCE THE CONTENT OF TAR IN THE CIGARETTE SMOKE

Abstract: Tar is a mixture of hydrocarbons of highly dangerous for the human being. Some of its compounds are free radicals that can be stabilized using antioxidants. In the present work were purified some natural antioxidants. These compounds were fixed in a mineral adsorbent material. With these elements were packaged a column where flowed the smoke from 20 cigarettes were solubilized its components in acetone. The efficiency of the column to remove some hydrocarbons was determined evaporating the solvent and comparing the weights in each of the cases. The best efficiency in the clearance was obtained in the column packed with activated carbon, impregnated with a mixture of carotenes. Which reach a removal of 93, 63 % of the tar, comparing it with the maximum amount for unfiltered cigarettes.

Keywords: Natural antioxidants, tar, mineral adsorbents.

[†] Autor al que se le dirige la correspondencia:
Tel. (+57 4) 5872806
E-mail: jmarulandasilva@hotmail.es (Juan S. Marulanda).

1. INTRODUCCIÓN

La planta de tabaco desde su introducción a Europa con el descubrimiento de América en 1492, ha tenido tanta difusión que en nuestros días, se ha convertido en un problema sanitario de primera magnitud. Reconociendo los grandes avances ocurridos en los últimos tres lustros en cuanto al tratamiento del tabaquismo y de lo mucho que se ha profundizado en los aspectos relacionados con la prevención de esta enfermedad, todavía no ha sido posible eliminarla como primera causa de muerte en los países desarrollados. Por el contrario, sus cifras de mortalidad y de consumidores aumentan con el paso del tiempo ([Ferrero, 2003](#)).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen en el mundo más de 1.100 millones de fumadores, que representan aproximadamente un tercio de la población mayor de 15 años y se prevé que el número de fumadores en el año 2025 ascienda a 1.600 millones. Además, el número de muertes anuales como consecuencia de esta adicción sea de 10 millones ([Ruiz, 2004](#)).

Igualmente, en lo que respecta a las víctimas que cada año cobra el tabaco, éste se constituye como la primera causa de invalidez y muerte prematura del mundo, y está directamente relacionado con la aparición de 29 enfermedades, de las cuales, 10 son diferentes tipos de cáncer y de más del 50 % de las enfermedades cardiovasculares ([Samet, 2002](#)).

Por otro lado, la toxicidad del cigarrillo se debe a sus componentes y a su método de consumo. En el extremo donde se inicia la combustión se alcanzan temperaturas próximas a los 1.000 °C, lo que transforma numerosos componentes originales del tabaco (*Nicotiana tabacum*) y genera complejas reacciones químicas que dan origen a compuestos que antes no estaban presentes en su constitución. Actualmente, se conocen cerca de 4000 compuestos químicos en las distintas fases (gaseosa y sólida o de partícula) del humo del cigarrillo, de los cuales varios pueden ser cancerígenos para los humanos ([Paghdal & Schwartz, 2009](#)).

Es por ello que de los 36 químicos listados por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) conocidos de ser cancerígenos

(Grupo 1) para el hombre, el cigarrillo contiene al menos 10.

En consecuencia, gran parte de esta mezcla de sustancias peligrosas es inhalada hacia el sistema respiratorio, entre las cuales se hallan gases tóxicos como el CO, furanos, aminas aromáticas, policarbuos aromáticos, alquitrán, compuestos heterocíclicos, aldehídos, hidrocarburos volátiles, compuestos inorgánicos, radicales libres, sustancias oxidantes, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y nitosaminas ([Fowles, Bates, & Noiton, 2000](#)).

De los anteriores, el alquitrán y los radicales libres son las sustancias que presentan mayores riesgos para nuestra salud, por ser más tóxicas y cancerígenas.

El alquitrán, es el nombre que reciben una extensa amalgama de hidrocarburos de alta toxicidad, y la mayoría de los compuestos carcinógenos se encuentran presentes en él.

Los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración espacial que genera gran inestabilidad. Poseen una estructura birradicálica, son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman y son difíciles de dosificar ([Korc & Martell, 1995](#)).

Además, están implicados en la patogenia de muchas enfermedades, siendo capaces de dañar en forma reversible o irreversible, diversas biomoléculas muy importantes para determinadas actividades celulares, fundamentales para la vida.

Por todo lo anterior se justifican los esfuerzos que a diario se realizan para frenar el ascenso del consumo de cigarrillo y menguar los efectos de éste en la salud de quienes, a pesar de la implicancia de ser fumadores, se resisten a evitar o a disminuir drásticamente su consumo.

Es de anotar, que los radicales libres presentes en el alquitrán se pueden reducir significativamente, usando antioxidantes que pueden ser naturales o sintéticos. Los antioxidantes naturales más reconocidos son los carotenos, xantofilas, licopenos, clorofila (alfa y beta), entre otros.

De los antioxidantes mencionados, los carotenos y xantofilas son caretonoides, una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticamente a partir de dos unidades de geranil-geranilpirofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares y de coloraciones que oscilan entre el amarillo (por ejemplo el β -caroteno) y el rojo (Mart, 2003). Además, poseen actividad antioxidante, demostrada por ejemplo por el b-caroteno con su capacidad de absorber radiaciones en el espectro visible (Kamat, Boloor, & Devasagayam, 2000).

En cuanto a la Clorofila, puede neutralizar varios oxidantes físicamente relevantes in vitro y datos limitados de estudios en animales sugieren que los suplementos de la clorofila pueden disminuir el daño oxidativo inducido por carcinógenos químicos y la radiación (Park, Park, Jung, & Chung, 2003) (Kumar, Shankar, & Sainis, 2004).

Es necesario reiterar que la actividad antioxidante, es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera, que un antioxidante actúa principalmente gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y por lo tanto, su función es interrumpir la propagación de los radicales libres y prevenir la reacción en cadena de la peroxidación (Londoño, n.d.).

Por otro lado, hay agentes adsorbentes minerales capaces de retener hidrocarburos como son el carbón activado, el caolín y la pumita en consecuencia de sus propiedades fisicoquímicas.

El carbón tiene como principales características su estructura porosa, con poros que van desde fracciones de nanómetros a varios miles, y su potencial de adsorción (W. Klose, A. Gomez, S. Rincón, 2010)

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. Entre sus propiedades encontramos su blancura, inercia ante agentes químicos, es inodoro, aislante eléctrico, moldeable y de fácil extrusión; resiste altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y tiene elevada refractariedad y facilidad de dispersión. Además, es compacto, suave al tacto y difícilmente fusible. Tiene gran poder cubriente y absorbente (Sun et al., 2010).

La pumita, también llamada piedra pómez, es una roca ígnea volcánica, de baja densidad, muy porosa, blanca o gris, tiene poder abrasivo y está formada principalmente por dióxido de silicio (silicato de aluminio amorfo), óxido de aluminio y trazas de otros óxidos.

El objetivo principal de este trabajo de investigación, es ensayar diferentes antioxidantes naturales y adsorbentes minerales para construir un filtro que remueva la mayor cantidad posible de radicales libres, en el alquitrán del humo del cigarrillo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Montaje experimental

El montaje realizado para lograr la succión de la corriente primaria del humo del cigarrillo consta de un transformador de corriente eléctrica, elaborado mediante una fuente de poder que alimenta la bomba de vacío, correspondiente a un compresor de aire de 200 psi que funciona con 12 V y 10 A. El compresor fue suspendido al interior de un recipiente de vidrio cerrado herméticamente.

En la tapa del recipiente se ubicaron 4 espigas, por dos de ellas se pasaron los cables que alimentaban el compresor, sellando los posibles escapes de aire, en la tercera se conectó una manguera siliconada, que a su vez va conectada a la válvula de salida de aire y a la restante se le conectó una manguera que salía del recipiente, generando la extracción de moléculas de gas y por lo tanto un vacío parcial en el volumen cerrado.

El humo succionado del cigarrillo fue burbujado en 200 ml de acetona, para garantizar la solubilización completa de los compuestos apolares procedentes de la combustión del cigarrillo y facilitar su cuantificación. Los filtros preparados fueron ubicados antes del ingreso del humo al primer recipiente con el solvente.

En la [Figura 1](#) se observa todo el diseño experimental con la bomba de vacío, los recipientes para el solvente, la columna empacada con el filtro natural y la ubicación simultánea de 20 cigarrillos.



Figura 1. Imagen demostrativa del montaje experimental

2.2 Extracción de los antioxidantes naturales

Los antioxidantes elegidos para el montaje experimental fueron los carotenos y xantofilas extraídos de la zanahoria y la clorofila (α y β) proveniente de algas.

Para extraer la clorofila se siguió el protocolo estandarizado en el Centro de Investigación en Biotecnología (CIBIOT) de la UPB. Se tomó una muestra líquida de un cultivo y se centrifugó a 4000 rpm durante 15 minutos, se eliminaron 8 ml del sobrenadante y se adicionó la misma cantidad de acetona grado reactivo, para suspender la mezcla mediante ultrasonido (ELMA ULTRASONIC, LC30H) y liberar la clorofila.

Para extraer los carotenos procedentes de la zanahoria, primero se maceraron 10 gramos de zanahoria en un mortero, y se adicionaron 25 ml de etanol al 95 %; posteriormente se calentó en un matraz de 250 ml hasta que la zanahoria quedó incolora. La solución de caroteno y xantofilas fue diluida en etanol al 85 % y por último almacenada hasta su uso.

2.3 Preparación del filtro natural y la columna

Los adsorbentes de origen mineral usados fueron caolín, carbón activado y pumita. Para incorporar los antioxidantes vegetales a los poros del adsorbente, se usó el método de recirculación, consistente en hacer fluir la solución cinco veces

por el adsorbente, con la ayuda de una bomba peristáltica, hasta lograr la saturación parcial.

Como columnas se usaron tubos de vidrio de 5 cm de alto y 1 cm de diámetro y en su interior se incorporaron 10 g del filtro natural preparado. La columna se cerró por ambos extremos con malla filtrante y se ubicó en el montaje de succión del humo del cigarrillo.

En total fueron preparados nueve filtros, para igual número de ensayos: Los tres primeros corresponden a los carotenos y xantofilas en cada adsorbente; los tres siguientes corresponden a la clorofila (α y β), también en cada adsorbente y por último los blancos, es decir, las columnas empacadas solamente con los tres adsorbente minerales.

2.4 Cuantificación del alquitrán

Cada muestreo se realizó con 20 cigarrillos y el mismo volumen de solvente. Los valores iniciales para la comparación se tomaron del alquitrán recogido con los cigarrillos sin el filtro convencional de celulosa. Adicionalmente, se realizó otro ensayo con el filtro y los siguientes con las nueve columnas antes mencionadas.

Para la cuantificación del alquitrán se evaporó el solvente y se pesó el residuo, correspondiente a una mezcla de hidrocarburos de cadena larga.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Como se mencionó en materiales y métodos, la eficiencia de cada columna fue ensayada con 20 cigarrillos; el humo obtenido se diluyó en 200 ml de acetona. El resultado fueron 11 soluciones de diferente coloración que iban desde un marrón oscuro a un amarillo tenue.

Se substrajeron 100 ml de cada muestra, los cuales fueron calentados en una plancha a 300 °C, buscando evaporar el solvente, los hidrocarburos de pocos carbonos y compuestos no relevantes para la investigación, después de ser calentados por varios minutos el resultado fue una amalgama de hidrocarburos de cadena larga secos y adheridos al fondo del recipiente donde fueron calentados y posteriormente se determinó el peso del residuo.

En el análisis cualitativo previo al calentamiento de las muestras se supuso que el filtro de mayor eficiencia había sido el caolín impregnado de carotenos y el carbón activado, debido a la poca coloración de la solución obtenida tras la prueba de sus respectivas columnas, y que la diferencia entre los otros filtros no había sido significativa. Sin embargo, en el análisis cuantitativo de los hidrocarburos resultantes después de la evaporación del solvente y los demás compuestos, se encontró que los mejores porcentajes de remoción fueron obtenidos por el filtro de carbón activado con carotenos; alcanzando un porcentaje de remoción cercano al 94 %, y la pumita con carotenos, cercano al 90 %. Por otra parte, los menores fueron dados por la pumita y el carbón activado con clorofila, con un 15 % y 44 % respectivamente ([Figura 2](#)).

Además de los hidrocarburos cuantificables se especula que la mezcla de antioxidantes retuviera radicales libres emitidos en la combustión del cigarrillo, los cuales debido a su corto periodo de vida se hicieron imposibles de medir en el planteamiento de nuestra investigación.

Resultados similares fueron logrados por Yu y colaboradores ([Yu, Dzikovski, & Freed, 2012](#)), al obtener una gran tasa de retención de radicales mediante el uso de licopenos y extracto de semilla de uva como antioxidantes.

En la [Figura 2](#) se observa que dos de las muestras con clorofila presentan un rendimiento menor al filtro estándar del cigarrillo y un rendimiento aún menor al del mineral sin antioxidantes, solo hallando una mejora en la pumita que pasa de un 15 % sola a un 76 % con el antioxidante. No obstante, el mejor rendimiento general fue dado por los carotenos, teniendo todos estos una mayor remoción al ser comparados con el filtro de celulosa.

Lo anterior permite deducir que la ineficiencia de las muestras impregnadas con clorofila pueda deberse a posible obstrucción de los poros del mineral generada por el tamaño de molécula de la clorofila, lo cual reduce tiempo de residencia del humo en la columna empacada y por ende su acción adsorbente. Un efecto contrario pudo suceder con los carotenos, los cuales solo obstruyen parcialmente los poros, garantizando flujo del humo al interior de todo el mineral y un mayor tiempo de residencia. Un comportamiento

similar se presentó en la pumita, que al tener un tamaño de poro mayor no es obstruido por la clorofila, razón por la cual es la única cuya eficiencia como filtro no es disminuida por este antioxidante.

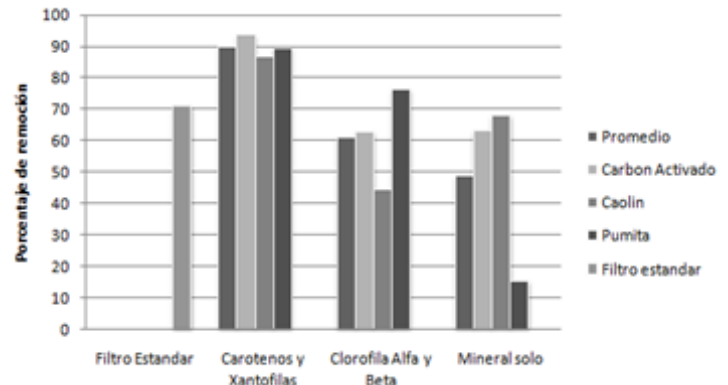


Figura 2. Remoción en función del antioxidante y adsorbente usado

La obstrucción de los poros realizada por la molécula de clorofila se sustenta en investigaciones como las realizadas por Al-Amoudi y colaboradores ([Al-Amoudi, Mutawie, Patel, & Blunden, 2009](#)), quienes encontraron que la clorofila de las algas tienen un alto poder antioxidante pero el tamaño de sus moléculas es considerable.

Con el fin de comparar el rendimiento de cada filtro natural en función del adsorbente y antioxidante usado, se presenta la [Figura 3](#).

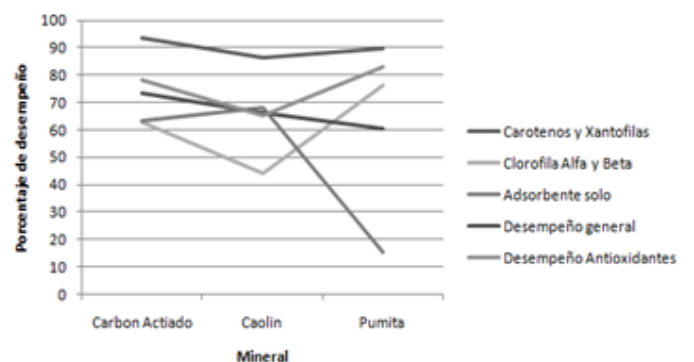


Figura 3. Desempeño de cada columna

En la [Figura 3](#) se muestra que el mayor rendimiento del filtro natural se presentó con el carbón activado y los antioxidantes (carotenos y xantofilas). Además, el menor rendimiento fue

alcanzado por la pumita sin ningún tipo de adsorbente. En términos generales, el carbón activado fue el adsorbente que presentó un mejor comportamiento en la remoción de alquitrán, esto debido a que el posee varios tipos de poros, permitiendo que su punto de saturación sea mucho más alto que el del caolín, aunque menor a los de la pumita. Lo anterior facilita el flujo del humo por el interior del carbón, y la reacción entre los radicales y los antioxidantes (W. Klose, A. Gomez, S. Rincón, 2010).

Por otro parte, los carotenos y xantofilas de la zanahoria tuvieron una mayor eficiencia en comparación a las clorofilas de las algas no solo por poseer un tamaño de molécula menor, sino por su gran capacidad de estabilizar los radicales, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los fenoles como es evidenciado en investigaciones como las realizadas por Heredia y colaboradores (Heredia & Cisneros-Zevallos, 2009).

En la [Figura 4](#) se presentan todos los resultados obtenidos en el proceso experimental, así como las diferentes columnas empacadas (filtros naturales) y los erlenmeyer con la solución conformada por los compuestos del alquitrán en el solvente.



Figura 4. Resultado experimental

4. CONCLUSIONES

El uso de antioxidantes naturales, especialmente los carotenos y xantofilas, puede reducir significativamente el contenido de alquitrán en el humo del cigarrillo o del generado en la combustión de cualquier material orgánico.

Los adsorbentes minerales son un buen soporte para la preparación de un filtro de antioxidantes, especialmente si se logra la no saturación total de

los poros para garantizar un tiempo de residencia adecuado del humo dentro de la columna.

Los resultados muestran que hay un incremento significativo en la remoción cuando al adsorbente se le incorporan compuestos antioxidantes de origen natural.

Es importante para investigaciones posteriores, ensayar diferente longitud y grosor de la columna empacada para identificar un mínimo tamaño que logre la máxima eficiencia en la remoción.

AGRADECIMIENTO

XX Feria Internacional de Ingeniería INGENIAR UPB 2013, Septiembre 30 – Octubre 4 de 2013, Medellín – Colombia.

REFERENCIAS

- Amoudi, O. a, Mutawie, H. H., Patel, A. V, & Blunden, G. (2009). Chemical composition and antioxidant activities of Jeddah corniche algae, Saudi Arabia. *Saudi journal of biological sciences*, 16(1), 23–9. doi:10.1016/j.sjbs.2009.07.004
- Ferrero, M. B. (2003). *Manual de Prevención y Tratamiento*.
- Fowles, J., Bates, M., & Noiton, D. (2000). The Chemical Constituents in Cigarettes and Cigarette Smoke: Priorities for Harm Reduction, (March).
- Heredia, J. B., & Cisneros-Zevallos, L. (2009). The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2), 242–249. doi:10.1016/j.postharvbio.2008.07.001
- Kamat, J. P., Bolor, K. K., & Devasagayam, T. P. (2000). Chlorophyllin as an effective antioxidant against membrane damage in vitro and ex vivo. *Biochimica et biophysica acta*, 1487(2-3), 113–27. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11018464>
- Klose, Wolfgang, Gómez.Alexánder, Rincon. Sonia. (2010). *Carbón activado* (pp. 1–123). Kasel, alemania.

- Korc, D. I., & Martell, M. (1995). Radicales libres Bioquímica y sistemas antioxidantes Implicancia en la patología neonatal, 121–135.
- Kumar, S. S., Shankar, B., & Sainis, K. B. (2004). Effect of chlorophyllin against oxidative stress in splenic lymphocytes in vitro and in vivo. *Biochimica et biophysica acta*, 1672(2), 100–11. doi:10.1016/j.bbagen.2004.03.002
- Londoño, J. L. (n.d.). Antioxidantes : importancia biológica y métodos para medir su actividad, 130–162.
- Mart, P. A. (2003). Universidad de antioquia.
- Paghdal, K. V., & Schwartz, R. a. (2009). Topical tar: back to the future. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 61(2), 294–302. doi:10.1016/j.jaad.2008.11.024
- Park, K.-K., Park, J.-H., Jung, Y.-J., & Chung, W.-Y. (2003). Inhibitory effects of chlorophyllin, hemin and tetrakis(4-benzoic acid)porphyrin on oxidative DNA damage and mouse skin inflammation induced by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate as a possible anti-tumor promoting mechanism. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 542(1-2), 89–97. doi:10.1016/j.mrgentox.2003.09.001
- Ruiz, C. A. J. (2004). *Monografías NEUMOMADRID* (pp. 1–168).
- Samet, J. M. (2002). Los riesgos del tabaquismo activo y pasivo*, 44(1).
- Sun, H., Gao, B., Tian, Y., Yin, X., Yu, C., Wang, Y., & Ma, L. Q. (2010). Kaolinite and Lead in Saturated Porous Media : Facilitated and Impeded Transport, (November).
- Yu, L.-X., Dzikovski, B. G., & Freed, J. H. (2012). A protocol for detecting and scavenging gas-phase free radicals in mainstream cigarette smoke. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (59), e3406. doi:10.3791/3406

SOBRE LOS AUTORES

Juan Sebastián Marulanda Silva

Estudiante de primer semestre en ingeniería química en la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés: Biotecnología.

Nolber Trujillo

Docente de química en el Colegio de la UPB y estudiante de maestría en la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés: Biotecnología

Santiago Escobar García

Estudiante de primer semestre en ingeniería civil en la Universidad Nacional de Colombia. Principales áreas de interés: Biotecnología.

Alejandro Cortés Claro

Estudiante de primer semestre en diseño gráfico en la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés: Biotecnología.