



# CAPÍTULO I

## Resultados de investigación

# Dualidad sintomática entre Caribe y Pacífico por intoxicación con ciguatera

*Caicedo De León Melany Yulieth<sup>1</sup>, Rodríguez Hernández Manuela<sup>1</sup>,  
Cardona Buitrago Daniela<sup>1</sup>, Hincapié Ramírez Angie Melissa<sup>1</sup>,  
Ríos Ruiz Valentina<sup>1</sup>, Galvis Marín Juan Camilo<sup>1</sup>*

## RESUMEN

La ciguatera es conocida como la intoxicación por distintas especies de dinoflagelados, la cual se adquiere al ingerir peces venenosos que están contaminados con la ictiotoxina conocida como ciguatoxina, considerada como endémica en los países tropicales y subtropicales, encontrándose casos con mayor frecuencia en las islas del Pacífico Sur y el mar Caribe. En los diferentes reportes se ha observado que el origen regional de la toxina tiene correlación con las manifestaciones clínicas, siendo las de tipo gastrointestinal más frecuentes en el Caribe, y las neurológicas en el Pacífico. Por lo anterior, esta revisión pretende describir la relación existente entre la ubicación geográfica y la aparición de síntomas en la intoxicación por ciguatera. Se realizó una revisión de la literatura disponible en las últimas dos décadas, donde se incluyeron artículos de revisión y reportes de casos. Se analizaron doce reportes, diez de ellos en el Caribe y dos en el Pacífico, encontrándose que existe relación entre el cuadro clínico y la localización geográfica, ya que en el Caribe se documentaron síntomas gastrointestinales, osteomioarticulares y neurológicos, mientras que en el Pacífico predominaron los síntomas neurológicos. Se concluye que las manifestaciones clínicas de esta intoxicación varían según la localización geográfica, probablemente debido a las diferencias estructurales de la ciguatoxina implicada, y que es una enfermedad que no ha tenido un buen control epidemiológico que permita una recolección de datos masivos para su control.

**PALABRAS CLAVE:** Caribe, ciguatoxina, intoxicación, Pacífico.

---

1 Institución Universitaria Visión de las Américas - Facultad de Medicina - Semillero de Investigación en Animales Venenosos y Ponzosos (VENOM). Contacto: manuela.rodriguez@uam.edu.co

## Symptomatic duality between Caribbean and Pacific for ciguatera

### ABSTRACT

Ciguatera is known as poisoning by different species of dinoflagellates, which is acquired by eating poisonous fish that are contaminated with the ichthyotoxin known as ciguatoxin, considered endemic in developing countries tropical and subtropical, with cases being found more frequently in the islands of the South Pacific and the Caribbean Sea. In the different reports it has been observed that the origin regional distribution of the toxin correlates with the clinical manifestations, being those of the most frequent gastrointestinal type in the Caribbean, and the neurological ones in the Pacific. Therefore, this review aims to describe the relationship between the location geographic location and the appearance of symptoms in ciguatera poisoning. A review of the literature available in the last two decades, which included review articles and case reports. Twelve reports were analyzed, ten of them in the Caribbean and two in the Pacific, finding that there is a relationship between the clinical and geographical location, since symptoms were documented in the Caribbean gastrointestinal, osteomioarticular and neurological, while in the Pacific neurological symptoms predominated. It is concluded that the clinical manifestations of this intoxication vary according to the geographical location, probably due to the structural differences of the ciguatoxin involved, and that it is a disease that has not had a good epidemiological control that allows a collection of massive data for its control.

**KEYWORDS:** Caribbean, ciguatoxin, poisoning, Pacific.

## INTRODUCCIÓN

La ciguatera es conocida como la intoxicación por distintas especies de dinoflagelados, la cual se adquiere al ingerir peces venenosos que están contaminados con la ictiotoxina conocida como ciguatoxina (CTX), considerada como endémica en los países tropicales y subtropicales, encontrándose casos con mayor frecuencia en las islas del Pacífico sur y el mar Caribe<sup>1</sup>.

El ictiólogo cubano Felipe Poey utiliza por primera vez en 1866 el término “ciguatera” para designar la intoxicación neurodigestiva causada por la ingestión de un molusco marino cuyo nombre vernáculo cubano es “cigua”. El término se amplió posteriormente al síndrome clínico debido a la ingestión de peces de coral tóxicos y el fenómeno biológico marino que lo genera<sup>2</sup>.

La intoxicación por pescado por ciguatera es una enfermedad transmitida por los alimentos, endémica de las aguas tropicales y subtropicales. Numerosos peces bentónicos y pelágicos acumulan las toxinas del dinoflagelado en su carne y vísceras<sup>3</sup>. Esta enfermedad presenta características sintomatológicas distintas dependiendo de las delimitaciones geográficas que se establecen. Así pues, en el Caribe los síntomas gastrointestinales se hacen más comunes y en el Pacífico las afecciones neurológicas. Se sabe que la exposición a la toxina no genera protección de volver a contraer la intoxicación, incluso

la recurrencia de ésta por segunda vez suele ser más severa que la primera<sup>4</sup>.

Los seres humanos contraen la intoxicación al comer peces que contienen las toxinas naturales. La ciguatera no se debe al mal manejo del pescado y no se previene mediante ningún método de almacenamiento, preparación o cocción en particular. Las CTX son insípidas, incoloras, inodoras, resistentes al calor y al ácido, y estables durante al menos seis meses a temperaturas comerciales de congelación. Por lo tanto, la prevención y el manejo de la ciguatera requiere un enfoque multidisciplinario<sup>5</sup>.

La prevalencia de la ciguatera es subestimada ya que no se cuenta con el reporte de casos necesarios en las zonas endémicas; por ello es importante analizar los datos con los que ya se cuentan, pudiendo así conocer las principales causas de la diferenciación de los síntomas tanto gastrointestinales como neurológicos<sup>6</sup>, y cómo sería la mejor manera de abordarlos terapéuticamente. Esto con el fin de generar mayores recursos y la vigilancia necesaria para conocer más sobre el comportamiento de la toxina en el cuerpo humano, evaluando las medidas que se deben tomar en los puertos y cuál debe ser el cuidado para el consumo de peces, ya que, al ser un problema de salud pública, genera desafíos económicos para la comercialización de ciertas especies que son las principales responsables de las intoxicaciones.

El objetivo de la presente revisión fue describir la relación existente entre la ubicación geográfica y la aparición de síntomas en la intoxicación por ciguatera, estableciendo las posibles razones de las diferencias clínicas de esta intoxicación que predominan en el Caribe y en el Pacífico. Asimismo, destacar el impacto que genera en la salud pública la intoxicación por ciguatera.

## Metodología

Se realizó una revisión de la literatura disponible en las bases de datos PubMed, Science Direct, Scielo, UpToDate y Google Académico. En la búsqueda de los artículos se usaron las palabras clave: Caribe, Ciguatoxina, Intoxicación y Pacífico. Se tuvieron en cuenta las publicaciones en un periodo de tiempo entre el año 2000 y 2020, incluyendo artículos de revisión y reportes de casos, en los idiomas español, inglés y francés. Como criterios de exclusión se definieron los artículos publicados en otros idiomas.

Se construyó una tabla en la cual se sintetizaron los reportes de casos encontrados en la literatura, en la cual se relacionó el autor y el año en los que se reportó el caso, la localización geográfica en donde se presentó, las manifestaciones clínicas de los pacientes, la especie de pez que estuvo implicado, cómo se obtuvo el diagnóstico, y finalmente, cómo fue tratada cada situación, lo cual permitió

tener la información más ordenada y así observar las posibles diferencias clínicas en los casos reportados en el Caribe y en el Pacífico.

## Resultados

En la tabla 1 se pueden apreciar doce reportes de caso de intoxicación por ciguatera, diez de ellos en el Caribe y dos en el Pacífico.

En cuanto al Caribe, la mayoría de los reportes se registraron en la isla de Cuba; los peces implicados fueron: pez perro, barracuda, mero, sierra, y en dos casos se reportó la ingesta de pargo. Dentro de las manifestaciones clínicas se encontraron tanto síntomas gastrointestinales como neurológicos, entre ellos: vómito, diarrea, parestesias en las extremidades y sensación de aumento del volumen de la boca. Se realizó el diagnóstico por historia clínica y el tratamiento fue sintomático. En los casos reportados en República Dominicana, el pez implicado fue el “chillo”. En las manifestaciones clínicas se describieron síntomas gastrointestinales y neurológicos. Se realizó diagnóstico clínico y por pruebas analíticas, radiológicas y microbiológicas. El tratamiento para estos casos fue sintomático.

Con respecto a los casos del Pacífico, uno de ellos se registró en las Islas Cook, en el cual el pez implicado fue el pez loro y las manifestaciones clínicas fueron neurológicas. Se hizo el diagnóstico por historia clínica y el tratamiento

fue sintomático con antihistamínicos y rehidratación oral. El otro caso se registró en la Isla Yap (Micronesia), los peces implicados en esta intoxicación fueron *Plectropomus leopardus* y

*Variola louti*. Las manifestaciones clínicas fueron parálisis, fiebre y diarrea, y no se registró detalladamente cómo se realizó el diagnóstico y tratamiento del paciente intoxicado.

**Tabla 1.** Reportes de caso de intoxicación por ciguatera en islas del Caribe y Pacífico

Autor	Año	Localización geográfica	Manifestaciones clínicas	Pez implicado	Diagnóstico	Tratamiento
Hevia et al. <sup>7</sup>	2000	Cuba	Diarrea, parestesias, artralgias, mialgias y disestesias. A las 48 horas solamente aquejaba parestesias y disestesias de menor intensidad	“Pez perro” <i>Lachnolaimus maximus</i>	Clínico	Manitol 50 g al día en dosis única y gluconato de calcio 3 g al día fraccionado en 3 dosis, ambos por vía IV y dipirona 600 mg por vía IM
Noro et al. <sup>8</sup>	2001	Isla Yap (Micronesia)	Parálisis, fiebre y diarrea	<i>Plectropomus leopardus</i> y <i>Variola louti</i>	-	-
Puente et al. <sup>9</sup>	2005	Cuba	Diarrea, vómitos, disestesias paradójicas, parestesias, sabor metálico, prurito, bradicardia e hipotensión	Barracuda y mero	Clínico	Manitol por vía IV
Maya et al. <sup>10</sup>	2005	Cuba	Fatiga, parestesias, mialgias, náuseas, cólicos abdominales, diarrea, cefalea, mareos, inversión térmica, hipo e hiperestesia	Barracuda ( <i>Sphyraena</i> ) y gallego ( <i>Stephanostomum coryphaenae</i> )	Clínico	Manitol al 20%, antieméticos, vitaminas, antihistamínicos, rehidratación y amitriptilina
Hevia <sup>11</sup>	2008	Cuba	Astenia, parestesias periorales, artralgias y sensación de aumento de volumen de la boca	Pargo ( <i>Pagrus pagrus</i> )	Clínico	Dieta exenta de productos de mar y antihistamínicos
Martínez <sup>12</sup>	2010	Cuba	Mialgias, ardor ocular y nasal, fatiga y eyaculación dolorosa	Sierra ( <i>Perticnis pertinata</i> )	Clínico	Sintomático
Herrero <sup>13</sup>	2011	Santo Domingo (República Dominicana)	Náuseas, vómito, escalofríos, diarrea, artralgias, mialgias, disuria, astenia, parestesias peribucales, prurito intenso, insomnio	Chillo ( <i>Lutjanus vivanus</i> )	Pruebas analíticas, radiológicas y microbiológicas	Manitol y gabapentina
Fernández <sup>14</sup>	2014	Cuba	Gastroenteritis y dolores en las palmas de las manos y plantas de los pies	-	Clínico	Vitaminas y calcio

Bailey et al. <sup>15</sup>	2014	Islas Cook	Náuseas leves sin vómitos o diarrea, fatiga, letargo y debilidad generalizada que duró 48 horas. Treinta y seis horas después desarrollaron prurito de las extremidades, parestesias de boca, manos y pies, mialgias y alodinia fría	Pez loro y jurel	Clínico	Sintomático con antihistamínicos y rehidratación oral
Courtney et al. <sup>16</sup>	2016	Cuba	Inversión de temperatura, extremidades inferiores y superiores calientes y con dolor tipo ardor, hormigueo alrededor de boca y nariz y artralgias	Pargo	Clínico	Sintomático
Courtney et al. <sup>16</sup>	2016	República Dominicana	Náuseas, vómito, diarrea, prurito generalizado	-	Clínico	Sintomático
Cidney et al. <sup>17</sup>	2019	Cuba	Cefalea, artralgias, hemiparesia, rash cutáneo, dolor ocular y dental	Barracuda	Clínico	Gabapentina, amitriptilina, fluoxetina

## Discusión

Los resultados obtenidos en esta revisión evidencian que, en los diez casos reportados sobre intoxicación por ciguatera en el Caribe, el cuadro clínico de los pacientes mostró numerosos síntomas gastrointestinales, pero además síntomas osteomioarticulares e incluso neurológicos; adicionalmente hay diferentes especies de peces implicados en estos casos, siendo los más frecuentes el pargo (*Pagrus pagrus*) y barracuda (*Sphyraena*). En contraste, en los dos reportes de casos encontrados en el Pacífico, las manifestaciones clínicas predominantes fueron las neurológicas y dentro de los peces implicados están el *Plectropomus leopardus*, *Variola louti* y pez loro. Reflejando así que las manifestaciones gastrointestinales son más comunes en el Caribe y las

neurológicas en el Pacífico, por tal razón el origen regional de la toxina tiene correlación con el cuadro clínico. Esta relación posiblemente se deba a que existen algunas diferencias estructurales en las ciguatoxinas implicadas en esta intoxicación, que explican la variabilidad en el cuadro clínico, dependiendo el ciclo estacional y la distribución geográfica. Los estudios estructurales han demostrado que las moléculas de ciguatoxinas del Caribe (C-CTX) no son completamente idénticas a las ciguatoxinas del Pacífico (P-CTX). En zonas del Pacífico, las principales ciguatoxinas son P-CTX-1, P-CTX-2 y P-CTX-3, pero según Martín et al. la más potente de todas en esta región es P-CTX-1, y su posible precursor es la gambiertoxina-4B (GTX-4B). Las ciguatoxinas del Caribe difieren de las del Pacífico porque la CTX-1 del

Caribe (C-CTX-1) es menos polar que la P-CTX-1, además se han descrito múltiples formas de ciguatoxina, con diferencias moleculares y de patogenicidad menores. Las C-CTX son aproximadamente diez veces menos tóxicas para ratones de laboratorio que las P-CTX<sup>18</sup>. Las C-CTX y las P-CTX tienen estructuras muy relacionadas, pero distinguibles entre sí por cromatografía, lo que definitivamente demuestra que las ciguatoxinas del Mar Caribe forman parte de otra familia de ciguatoxinas<sup>19</sup>.

Además, se ha encontrado que en las ciguatoxinas del Caribe la CTX-1 tiene un grupo hidroxilo adicional cuando se compara con la CTX-2 y la CTX-3; la CTX-2 difiere de la CTX-3 por una modificación estereoquímica. Estas diferencias estructurales entre ellas influyen significativamente en la mortalidad de ratones de laboratorio y en la afinidad para unirse a los canales de sodio en la neurona. También se han hallado niveles variados de las ciguatoxinas en la carne de peces ciguatos, factores que pueden influir en la variabilidad de los síntomas presentes en la ciguatera<sup>20</sup>.

En efecto, en el Caribe se han destacado los síntomas gastrointestinales poco específicos como vómito, diarrea, náuseas, dolor abdominal, y pueden presentarse cólicos abdominales, pero aún no se conoce como es el mecanismo de acción de la toxina para producir estos síntomas<sup>4</sup>. Los síntomas gastrointestinales suelen aparecer tras

6-12 horas de la ingesta y duran 1-2 días<sup>21</sup>.

En contraste, en el Pacífico se ha evidenciado que los pacientes presentan predominantemente síntomas neurológicos, los cuales pueden incluir: sabor metálico, cefaleas, inversión térmica, mareos, parestesias, fotofobia y otros; pero también se han encontrado afecciones neurológicas al examen físico como hipoestésias, hipoalgesias, debilidad muscular, miosis y artralgia<sup>22</sup>. En ocasiones las manifestaciones neurológicas duran semanas o meses, o tienen remisiones y reagudizaciones<sup>21</sup>. Es importante mencionar que las ciguatoxinas son producidas por el dinoflagelado *Gambierdiscus toxicus*, que, al ser consumido por pequeños peces herbívoros, viaja a través de la cadena alimentaria hasta los grandes peces depredadores<sup>23</sup>. Durante el tránsito por la cadena alimentaria tiene lugar una biotransformación oxidativa de las gambiertoxinas menos oxidadas a las ciguatoxinas más oxidadas y tóxicas. En el estómago de los peces herbívoros se ha apreciado la transformación parcial de las gambiertoxinas en ciguatoxinas. Las toxinas, luego de su acumulación en los herbívoros se transfieren a los peces carnívoros<sup>24</sup>.

De esta manera los seres humanos ingieren los peces carnívoros contaminados con la ciguatoxina. Teniendo en cuenta que es estable al calor, luego de la cocción y la exposición a condiciones básicas o ácidas como el jugo gástrico, sigue



conservando su toxicidad. Además, se considera que es estable al frío, por ende, el hecho de estar congelado el pescado por un periodo prolongado no garantiza su desaparición<sup>25</sup>.

En síntesis, la mayoría de los autores consultados coinciden en que la sintomatología de la persona intoxicada por ciguatera puede depender de la región geográfica donde consumió el pescado y por consiguiente a qué tipo de ciguatoxina estuvo expuesto, teniendo en cuenta su polaridad, cuál fue su precursor y qué modificaciones estructurales tuvo en la oxidación. Por ejemplo, en el 2001 se describieron diferentes especies de pez loro con una toxina denominada escaritoxina, menos polar que la CTX-1. A juzgar por sus propiedades cromatográficas conocidas, la escaritoxina parece corresponder a una mezcla de CTX-4A y de CTX-4B<sup>19</sup>. Del mismo modo, la mayoría de publicaciones concuerdan en que en el Océano Pacífico predominan los síntomas neurológicos, mientras que en el Caribe los síntomas gastrointestinales, lo cual es un aspecto dominante de la enfermedad. Esta diversidad en los síntomas es una clara evidencia de que diferentes ciguatoxinas pueden estar detrás de la ciguatera de las aguas del Pacífico y del Caribe<sup>19</sup>.

## Conclusiones

La ciguatera es una enfermedad endémica propia de las islas del Pacífico Sur y el mar Caribe, la cual no ha tenido un buen

control epidemiológico que permita una recolección de datos masivos para proponer alternativas terapéuticas y evitar el riesgo de intoxicación, al igual que permita entender claramente la diferenciación de las manifestaciones clínicas que se presentan tras el consumo de las toxinas. Se establece que el nivel de toxicidad varía dentro del pez, ya que se acumula por el consumo de los dinoflagelados dentro de su ecosistema, y a la vez se genera una cadena de riesgo al humano por la falta de supervisión en el comercio alimenticio de las diferentes especies que pueden adquirir la toxina. Se vuelve aún más difícil su control y erradicación debido a que la toxina es resistente a varios procesos que resultan efectivos en otras situaciones como lo son la cocción a altas temperaturas y las cadenas de frío, convirtiendo esta enfermedad en una problemática en la industria pesquera que representa una gran parte de la economía de estas regiones.

Como revelan los resultados de esta revisión, en los reportes de caso del Caribe se presentan tanto síntomas gastrointestinales, como osteoarticulares y neurológicos, mientras que en los casos del Pacífico se puede observar que predominan los síntomas neurológicos. Es decir que las manifestaciones clínicas dependen de la zona geográfica. Como lo afirman la mayoría de autores, esto es debido posiblemente a las variaciones estructurales de una ciguatoxina a otra, lo que demuestra que las ciguatoxinas

del Mar Caribe forman parte de una familia diferente de ciguatoxinas.

Finalmente, se recomiendan generar estrategias orientadas a la prevención de la intoxicación por ciguatera y así mismo la supervisión del consumo de pescado, buscando alternativas para la medición de los niveles de toxicidad que se pueden encontrar en las zonas donde se realiza la recolección de los peces. Es importante comprender que esta enfermedad aparentemente leve, puede dejar secuelas importantes que afectan la salud de las comunidades.

### Referencias bibliográficas

1. Botero D, Restrepo M. Parasitosis humanas: incluye animales venenosos y ponzoñosos. 5ta ed. Medellín: editorial CIB; 2012. p. 646-653.
2. Oehler E, Bouchut J. La ciguatera. La Presse Médicale. 2014, 43(9):902-911.
3. Núñez EJ, Almazán A, López DJ, Heredia A, Hernández FE, Band CJ et al. Ciguatera in Mexico (1984–2013). *Marine Drugs*.2018, 17(1):13.
4. Pottier I, Vernoux JP, Lewis RJ. Ciguatera Fish Poisoning in the Caribbean Islands and Western Atlantic. *Environmental Contamination Toxicology*.2001, 168: 99-141.
5. Friedman MA, Fernandez M, Backer LC, Dickey RW, Bernstein J, Schrank K et al. An Updated Review of Ciguatera Fish Poisoning: Clinical, Epidemiological, Environmental, and Public Health Management. *Marine Drugs*.2017, 15(3): 1-41.
6. Farstad DJ, Chow T. A brief case report and review of ciguatera poisoning. *Wilderness and Environmental Medicine*.2001, 12, 263-269.
7. Hevia RB, Supervielle MC, Olivera LM, Hernández AO. Ciguatera y fiebre. *Revista de Toxicología*.2001, 18:17-18.
8. Tadahide N, Naoki G, Ryuta T, Yoropiy A. Ciguatera fish poisoning in Ulithi Atoll, Yap state, Micronesia. Centro de Investigación de la Universidad de Kagoshima para las Islas del Pacífico. 2003,39:83-86.
9. Puente S, Cabrera A, Lago M, Azuara M, Gonzales JM. Ciguatera: ocho casos importados. *Revista Clínica Española*. 2005, 205(2): 47-50.
10. Maya CM, Martín M, Monteagudo M. Estudio de 227 pacientes durante el periodo 1999 al 2005. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2007,45(2).
11. Hevia RB, Hernández AO. Ciguatera: Posible transmisión sexual a propósito de un caso. *Revista de Toxicología*. 2008, 25:67-68.

12. Martínez JR. Ciguatera, presentación de un caso. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2010, 9(4): 487-490.
13. Herrero JM, Pérez A, Pérez JA, López R. Un caso de ciguatera en viajera a la República Dominicana. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2011, 29(1): 71-72.
14. Fernández A, Sánchez L, Muñoz A, Molina MA. Caso de intoxicación por ciguatera en paciente pediátrico. *Anales de Pediatría*. 2014, 81(3): 197-198.
15. Bailey S, Withers T. Ciguatera poisoning in the Cook Islands. *British Medical Journal*. 2014, 2014:1-3
16. Courtney A, Farah J, Taggart L, Boggild A. Ciguatera fish poisoning after Caribbean travel. *Revista de la Asociación Médica Canadiense*. 2016, 189(1): 19-21.
17. Cidney J, Goldani L. Ciguatera fish poisoning in Brazilian traveler to Caribbean. *Revista Brasileña de Enfermedades Infecciosas*. 2019, 23(3):200-202.
18. Mattei C, Marquais M, Schlumberger S, Molgoa J, Vernoux JP, Lewis RJ et al. Analysis of Caribbean ciguatoxin-1 effects on frog myelinated axons and the neuromuscular junction. *Toxicon*. 2010, 56: 759-767.
19. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Biotoxinas marinas*. Roma: editorial FAO; 2005. p. 185-217.
20. Valiente CA, García J, Morales E, Castañeda J, Mora I, Piñeiro L. Ciguatera. *Revista Avances*. 2011, 8(23): 21-32.
21. Pinillos MA, Gómez J, Elizalde J, Dueñas A. Intoxicación por alimentos, plantas y setas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 2003, 26: 243-263.
22. Cortázares J, Calderón R, Rábago G. Intoxicación por Ciguatera. *Boletín Clínico del Hospital Infantil de Sonora*. 2008, 25(2): 95-98.
23. Arcila H, Mendoza J, González MF, Montero L, Castelo A. Revisión de una enfermedad poco conocida: la ciguatera. *Revista Biomedicina*. 2001, 12: 27-34.
24. Arbeláez D, Ruiz JM. Dinámica de la bio-acumulación de las ciguatoxinas en una cadena alimentaria. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2013, 32(3):271-283.
25. Abraham A, Jester E, Granade HR, Plakas SM, Dickey RW. Caribbean ciguatoxin profile in raw and cooked fish implicated in ciguatera. *Food Chemistry*. 2012, 131: 192-198.

# Efecto Dietario de los polifenoles y su Efecto en la Microbiota intestinal: Una Revisión Sistemática

*Castaño Loaiza Camila, Consuegra Hernández Laura, Galvis Montoya Stephany, Hincapié Vásquez Daniela, Mariano Romero Diannys<sup>1</sup>, Muñoz Pérez Diana María<sup>2</sup>*

## RESUMEN

Los hábitos alimenticios tienen una gran influencia en el crecimiento de microorganismos en el tracto intestinal, regulando la microbiota, y esta influenciada la dieta en la microbiota colónica tiene un impacto importante en la salud.

Primordialmente se verá afectada por el estilo de alimentación. Los polifenoles se encuentran entre los mejores compuestos en los alimentos vegetales, ya que juegan un papel importante en la colonización y mantenimiento de la flora intestinal.

Se realizó una revisión sistemática de varios ensayos clínicos aleatorizados y controlados, que demostraron el aumento o disminución de la proliferación de bacterias antes y después de realizar una suplementación o dieta rica en polifenoles de diferentes fuentes.

**PALABRAS CLAVE:** Polifenoles, Microbiota.

---

<sup>1</sup> Universidad Libre Pereira, estudiantes programa de Microbiología

<sup>2</sup> Profesora programa de Microbiología, Universidad Libre Pereira.

# “Dietary Effect of Polyphenols and their Effect on Gut Microbiota: A Systematic Review”

## ABSTRACT

Eating habits have a great influence on the growth of certain microorganisms in the intestinal tract, thus regulating the microbiota, and this influence of the diet on the colonic microbiota also has an important impact on health. Primarily you will be affected by the eating style.

Polyphenols are among the best compounds in plant foods, as they can play an important role in the colonization and maintenance of the intestinal flora.

A systematic review of several randomized and controlled clinical trials was carried out, which demonstrated the increase or decrease in the proliferation of bacteria before and after performing a supplementation or diet rich in polyphenols from different sources.

**KEYWORDS:** Polyphenols, Microbiota, Antioxidants

## 1. INTRODUCCIÓN

Muchos compuestos poseen características antioxidantes, como los polifenoles que presentan una estructura caracterizada, dispone de uno o dos anillos fenólicos. Los polifenoles pueden ser divididos en varios subgrupos atendiendo a su estructura básica. Los flavonoides, con estructura básica C6-C3-C6 (1).

Estos polifenoles al ser agregados en la dieta ayudan en el retraso del envejecimiento porque disminuye el estrés oxidativo, ayuda en la modificación de la microbiota intestinal y a prevenir algunas enfermedades crónicas no transmisibles.

Además existen los flavonoides, que también son un subgrupo importante de estos polifenoles, Todos los flavonoides son estructuras hidroxiladas en sus anillos aromáticos, y son por lo tanto estructuras polifenólicas(2).

Es importante conocer la cantidad total de polifenoles que está presente en un alimento o ingrediente alimentario, pero, es más importante conocer la cantidad de polifenoles que es biodisponible, dentro del contenido total de un alimento.

La microbiota intestinal incluye especies nativas que colonizan permanentemente el tracto gastrointestinal, los cuales solo lo hacen de manera transitoria. Al conjunto formado por los microorganismos, sus genes y sus metabolitos se le denomina microbioma.(3).

El objetivo fue determinar la influencia que tienen los polifenoles sobre una buena microbiota intestinal, además en donde se observe que se puede transformar la microbiota según el consumo que se tenga en la alimentación con ciertos polifenoles. Se puede pasar de tener una microbiota “dañada” a una microbiota “en buen estado” dependiendo mucho de la alimentación y de algunas enfermedades.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura de acuerdo con las recomendaciones y la lista de verificación de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews Meta-Analyses). Se buscó en 2 bases de datos: Pubmed y sciencedirect, con artículos publicados desde 2015 hasta 2020 con uso de términos como “microbiota” y “polifenoles”.

### 2.1 Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que se llevaron a cabo en adultos jóvenes sanos y con patologías, referencias en los idiomas inglés o español y que cuantifican el efecto de los polifenoles en la microbiota intestinal de los adultos jóvenes.

### 2.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron los estudios que fueron realizados en niños y adultos mayores.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Búsqueda y Estudio de Literatura

Un total de 5.381 referencias se encontraron en estas dos bases de datos. De ellos, 6 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y representaron un total de 949 participantes (824 sanos y 125 con patología).

#### 3.2 Características y estudios seleccionados

Se incluyeron 6 estudios en nuestro análisis. La duración de las intervenciones varió de 4 a 18 semanas aproximadamente.

#### 3.3 Tipo de intervención

De los 6 estudios, el primero comparó dos intervenciones (Moreno-Indias)(4) (Vino desalcoholizado y vino alcoholizado), el siguiente comparó 4 intervenciones (dietas) y en el último hizo la comparación de 6 intervenciones (dietas).

El estudio (Vetrani)(5) se implementó cuatro intervenciones dietéticas durante ocho semanas. Las cuatro dietas difirieron sólo para los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga y polifenoles.

El estudio (Klinder)(6) hizo 3 intervenciones, dos grupos aumentaron el consumo de flavonoides, modificando su ingesta diaria de frutas y verduras, cada 6 semanas aumentaban dos porciones de

FyV y el tercero era el grupo de control, este continuó con su dieta habitual.

El estudio (Istas)(7) realizó 3 intervenciones durante 12 semanas, una donde se consumió extracto rico en polifenoles, otra donde se consumió fruta entera en polvo, y la última placebo (maltodextrina).

El estudio (Most)(8) hizo 2 intervenciones durante 12 semanas, ambas recibieron una mezcla de epigallocatequina-3-galato y resveratrol; donde una fue elaborada en hombres y la otra en mujeres.

El estudio (Jennings)(9) hizo 6 intervenciones, todas recibieron diferentes tipos de muestras entre ellas flavanonas, antocianinas, flavan-3-oles, flavonoles, flavonas y polímeros y fueron elaboradas en hombre y mujeres con control PopGen.

#### 3.4 Diferencias significativas entre la intervención dietética y los grupos de control.

De los estudios analizados, 5 de 6 midieron el estado de la microbiota mediante la determinación de géneros y 1 mediante la determinación filo.

El estudio (Moreno-Indias)(4) considero medirlos por filo como Bacteroides, Firmicutes, Actinobacterias, Proteobacterias y Fusobacterium, donde hubo un aumento de Bacteroides, *Actinobacterias* y *Fusobacterium*.

Mientras que el estudio (Klinder)(6) evaluó el impacto en la microbiota de 3 tipos de patrón dietario, el primero constaba de un consumo de 2 porciones entre frutas y verduras y cada 6 semanas este consumo aumentaría 2 porciones, hasta llegar a la semana 18, donde su patrón dietario final serán 6 porciones de frutas y verduras y se tomó en cuenta el patrón dietario de un grupo de control y no modificó su dieta.

Para *Bifidobacteria* se observó un aumento significativo en la semana 18 en comparación con la semana 6 en el grupo LF.

Las pruebas revelaron que los cambios en la composición bacteriana aparecieron a las 12 y 18 semanas, lo que indica una dosis- efecto del aumento gradual de frutas y verduras en la dieta.

Los números de *Leptum-R. Bromii* / *flavefaciens* aumentaron significativamente después de la ingesta de 6 porciones adicionales de frutas y verduras en la semana 18 en el grupo LF y disminuyeron significativamente en el mismo momento en el grupo CT.

El estudio (Istas)(7) determinó el estado de la microbiota por el consumo de extracto de aronia, placebo o fruta entera durante 12 semanas, donde se demostró un aumento significativo en el crecimiento de anaerobios por el consumo de extracto de aronia, la fruta entera demostró crecimiento de bacteroides, mientras que *Clostridium*

fue significativamente mayor después del tratamiento con placebo.

El estudio (Most)(8) evaluó la composición de la microbiota antes y después de recibir una combinación de epigallocatequina-3-galato y resveratrol después de 12 semanas, en donde se encontró primeramente que, los bacteroides fueron mayores en los hombres en comparación con las mujeres, después que los bacteroides disminuyeron considerablemente y tendió a reducir *Faecalibacterium prausnitzii* en los hombres.

El estudio (Veratrani)(5) estudió efectos de dietas naturalmente ricas en polifenoles (PP) y / o ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga (LCn3) sobre la composición de la microbiota, en individuos con alto riesgo cardiometabólico, mediante dietas durante 8 semanas. Las fuentes dietéticas de LCn3 fueron salmón, dentón y anchoas. Los polifenoles fueron proporcionados por té verde, café descafeinado, chocolate amargo, mermelada de moras azules, aceite de oliva extra virgen y verduras ricas en polifenoles:

- (a) LCn3 y PP bajos, dieta baja en LCn3 (1,5 g / día) y PP (365 mg / día)
- (b) LCn3 alta, dieta alta en LCn3 (4 g / día) y baja en PP (363 mg / día)
- (c) PP alto, dieta rica en PP (2903 mg / día) y baja en LCn3 (1,4 g / día)
- (d) LCn3 y PP altos, dieta alta en PP (2861 mg / día) y LCn3 (4 g / día).



El estudio (Jennings)(9) evaluó mediante la determinación Bacteroides, donde se vio reflejado aumento de ruminococoeae, clostriales, roseburia y firmicutes y disminución de clostridium. Después de examinar las pruebas bioquímicas se considera que una dieta rica en polifenoles aumenta la diversidad de bacterias fecales predominantes.

Estudios previos demostraron que las dietas a base de plantas están asociadas con una mayor diversidad bacteriana en comparación con la dieta de tipo occidental. La evidencia sugiere que mantener o aumentar la diversidad bacteriana es una de las actividades clave de las dietas a base de plantas para la prevención de enfermedades cardiometabólicas.

#### 4. DISCUSIÓN

El objetivo fue analizar el efecto de los polifenoles en la microbiota intestinal de adultos sanos o con patologías, determinando la proliferación de bacterias con diferentes alimentos ricos en polifenoles.

Dos de los artículos demostraron una reducción de bacteroides después del tratamiento (art 1 & 3)(4)(8), a diferencia de (art 4 & 5) (7)(6) que indicaron un aumento en la cantidad de bacteroides después del tratamiento donde la composición de la dieta era a base de frutas. Se interpreta que hay disminución de las bacteroides ya

que estas se encuentran mayormente en grasa de origen animal. Una dieta elevada de estos alimentos y bajas en fibra y verdura tendrá un aumento significativo de bacteroides ocasionando obesidad o síndrome metabólico.

Una mayor proporción de Bacteroides se asocia con residencia en regiones industrializadas y hábitos dietéticos propios de la vida urbana(10), sin embargo los bacteroides representan uno de los más importantes entre las bacterias anaerobias desde el punto de vista clínico. Han desarrollado gran cantidad de factores de virulencia y son los que muestran mayores tasas de resistencia contra los antimicrobianos(11).

Se tienen 2 artículos (4)(8) de una población con sobrepeso u obesos) donde se observa una disminución de firmicutes a diferencia del artículo (9) en el cual hubo un aumento de estos. Mientras en otro estudio(6), que era a base de frutas y verduras se demostró un incremento significativo, a diferencia del estudio(9), que se basó en una dieta de alimentos ricos en flavonoides, se disminuyó la cantidad de firmicutes, sin embargo se tuvo un aumento de **ruminococoeae**.

Los análisis muestran que las personas con sobrepeso albergan más Firmicutes y menos Bacteroides que las personas delgadas. Si los Bacteroides predominan por encima de los Firmicutes, el intestino es menos eficiente a la hora de obtener energía de los alimentos.(11)(17).

Afirmando que la obesidad está asociada con niveles elevados de Firmicutes como **Ruminococcaceae**.

Además, en el (art 1)(4) donde la suplementación se basó en vino alcoholizado y desalcoholizado se tuvo un aumento de actinobacterias, mientras que en el artículo (3)(8) que la suplementación era de EGCG + RES tuvo una abundancia relativamente menor. En el intestino grueso la densidad microbiana es muy alta, está dominado por bacterias, donde al menos el 10% son actinobacterias.

Las Actinobacterias están dentro del género *Bifidobacterium*, su prevalencia depende de la edad y tipo de alimentación. Esta bacteria tiene diversas funciones en la microbiota intestinal, funciona como antagonista de microorganismos patógenos, tiene papel como microorganismos probiótico, lo cual ayuda a prevenir enfermedades transmitidas por alimentos y son utilizados por la industria alimentaria por la mejora de la salud con su uso. Estas pueden influir en el sistema inmunitario, combatir la inflamación, mejorar los síntomas gastrointestinales, protege la barrera intestinal y suministra nutrientes mediante la degradación de carbohidratos como el almidón resistente para producir moléculas llamadas ácidos grasos de cadena corta(1)(22).

En solo un artículo(4)(16) demostró que la cantidad de proteobacterias disminuyó tanto en población sana y con síndrome

metabólico. Además en otro estudio(8) se mostró como las proteobacterias fueron más altas en mujeres a comparación de hombres después del tratamiento.

Las bacterias proteolíticas son gram negativas, portadoras de lipopolisacáridos, cuando estas se desintegran, los lipopolisacáridos van a quedar en la luz intestinal y cuando hay mayor permeabilidad intestinal los productos pasarán a la sangre, estos terminarían siendo una espiral de mediadores proinflamatorios que van a generar síntomas y signos de endotoxemia (Presencia de endotoxinas en el torrente sanguíneo) (1)(18)(22).

Solo el (art 4)(7) se evidenció que después del tratamiento se aumentaron las cantidades de anaerostipes por suplementación de aroina y placebo. La especie desempeña un papel importante en la salud intestinal, ya que se informó que produce ácido butírico. Se ha demostrado que el butirato tiene un impacto positivo en la homeostasis del tracto gastrointestinal, ya que promueve el crecimiento de las células epiteliales intestinales, aumenta la expresión de proteínas de unión estrecha y actúa como un agente antiinflamatorio. Por lo tanto, se cree que las bacterias productoras de butirato promueven la salud(12).

Solo en el estudio 6 se demostró un aumento en los Clostridiales, *Roseburia* sabiendo que fue una dieta a base de alimentos ricos en flavonoides. La *Clostridium difficile* habita en

el intestino de muchas personas sin llegar a ser una bacteria patógeno. Los problemas empiezan cuando se crea un desequilibrio entre las bacterias beneficiosas y patógenas, lo cual puede ser consecuencia de una dieta poco sana, malos hábitos y el mal uso de antibióticos. Si se llega a aumentar el número de *C-difficile* drásticamente, se podría ocasionar síntomas como la diarrea o una inflamación del colon.(3)(15).

En el estudio no se demuestra ninguna evidencia sintomática de este tipo de bacteria ya que la investigación no nombró ningún efecto del aumento de esta bacteria.

En el artículo 2 no se demostró que tipo específico de bacterias proliferan después del tratamiento, sin embargo se concluyó que una dieta rica en polifenoles aumenta la diversidad de bacterias fecales predominantes, y mantener o aumentar la diversidad bacteriana es una de las actividades clave de las dietas a base de plantas para la prevención de enfermedades cardiometabólicas.

Solo en el (art 5)(6) se evidenció una interacción significativa entre *C. leptum*-*R. bromi/flavefaciens* aumentó por tratamiento.

La microbiota intestinal juega un rol importante en la mantención de la función del intestino, ya que estimula su desarrollo, mantiene el recambio epitelial, modula la respuesta

inmunológica y participa el metabolismo de algunos medicamentos(13).

Las bacterias del intestino juegan un rol importante ya que participan en la depuración de toxinas provenientes de la dieta; síntesis de micronutrientes como vitamina K, B12 y ácido fólico; fermentación de sustancias indigeribles; absorción de electrolitos y minerales; y producción de ácidos grasos de cadena corta, los que estimulan el crecimiento y desarrollo de los enterocitos y colonocitos. Cada persona presenta una microbiota diferente y se da por la distinta dieta que cada individuo maneja(13)(21).

Se han asociado las alteraciones de la microbiota intestinal con las enfermedades metabólicas, en concreto con la obesidad y la diabetes tipo 2.

Al realizar diferentes estudios en ratones se demostró que en las enfermedades metabólicas “las bacterias de la microbiota intestinal fueron capaces de penetrar la capa de mucosidad que recubre la pared digestiva, provocando una inflamación crónica que dio lugar a las enfermedades metabólicas”.

Este mismo proceso se presenta en pacientes con trastornos glucémicos, pues estas bacterias actúan penetrando la capa de mucosidad. “Asimismo, la distancia entre las bacterias de la microbiota intestinal y la pared del colon era inversamente proporcional a la gravedad de la diabetes tipo 2. (4)

Investigaciones detectaron cambios en la microbiota intestinal después de la ingesta de flavonoides, los últimos estudios usaron una dosis alta de un solo compuesto flavonoide como flavonoides de cacao o el galato de epigallocatequina, o un solo tipo de alimento. Por el contrario, este estudio evaluó el impacto de los flavonoides de una amplia gama de frutas y verduras en la composición de la microbiota intestinal y es posible que los efectos de los polifenoles se modificaron por la presencia de otros componentes bioactivos de Frutas y Verduras como la fibra.

El incremento observado de *C. leptum*-R. bromii / flavefaciens después del consumo de 6 porciones adicionales de LF Frutas y Verduras probablemente se deba a una mayor cantidad de fibra dietética de las frutas y verduras enteras (13)(24).

Los números fecales de *Bacteroides* / *Prevotella* aumentaron con las ingestas más altas de frutas y verduras en el grupo LF y fueron elevadas con la ingesta más alta de frutas y verduras HF.

En consecuencia, un bajo número de *Bacteroides* / *Prevotella* se han asociado con la obesidad. Mientras que la pérdida de peso en mayor abundancia relativa de *Bacteroidetes*.

La correlación inversa de *Bacteroides* / *Prevotella* números de grasa corporal total y masa grasa del estudio está de acuerdo con estas correlaciones

previas entre *Bacteroides* / *Prevotella* y obesidad.

Las bifidobacterias juegan un papel protector en el tratamiento de la inflamación sistémica de bajo grado asociada con la obesidad y la diabetes tipo 2 y se denomina ‘ endotoxemia metabólica hubo una correlación positiva constante entre *Clostridium histolyticum* / *perfringens* y cintura, peso, IMC y masa grasa, sin embargo, se observó una correlación inversa significativa para este grupo bacteriano con el TNF-  $\alpha$  y al colesterol total y al LDL (18)(25).

## BIBLIOGRAFIA

1. Barberan T. Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Aliment Nutry salud*. 2015;10(2):41–53.
2. Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular THE POLYPHENOLS, NATURALLY OCCURRING COMPOUNDS WITH BENEFICIAL EFFECTS ON CARDIOVASCULAR DISEASE. *Nutr Hosp Nutr Hosp* [Internet]. 2012;2727(1):76–8976. Available from: [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/09\\_revision\\_08.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/09_revision_08.pdf)
3. Icaza-Chávez ME. Gut microbiota in health and disease. *Rev Gastroenterol Mex* [Internet]. 2013;78(4):240–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgmx.2013.04.004>

4. Moreno-Indias I, Sánchez-Alcoholado L, Pérez-Martínez P, Andrés-Lacueva C, Cardona F, Tinahones F, et al. Red wine polyphenols modulate fecal microbiota and reduce markers of the metabolic syndrome in obese patients. *Food Funct.* 2016;7(4):1775–87.
5. Vetrani C, Maukonen J, Bozzetto L, Della Pepa G, Vitale M, Costabile G, et al. Diets naturally rich in polyphenols and/or long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids differently affect microbiota composition in high-cardiometabolic-risk individuals. *Acta Diabetol* [Internet]. 2020;57(7):853–60. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00592-020-01494-9>
6. Klinder A, Shen Q, Heppel S, Lovegrove JA, Rowland I, Tuohy KM. Impact of increasing fruit and vegetables and flavonoid intake on the human gut microbiota. *Food Funct.* 2016;7(4):1788–96.
7. Istas G, Wood E, Le Sayec M, Rawlings C, Yoon J, Dandavate V, et al. Effects of aronia berry (poly)phenols on vascular function and gut microbiota: A double-blind randomized controlled trial in adult men. *Am J Clin Nutr.* 2019;110(2):316–29.
8. Most J, Penders J, Lucchesi M, Goossens GH, Blaak EE. Gut microbiota composition in relation to the metabolic response to 12-week combined polyphenol supplementation in overweight men and women. *Eur J Clin Nutr* [Internet]. 2017;71(9):1040–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2017>
9. Jennings A, Koch M, Jensen MK, Bang C, Kassubek J, Müller H, et al. The role of the gut microbiome in the association between habitual anthocyanin intake and visceral abdominal fat in population-level analysis. 2019;1–11.
10. Cambor-Álvarez M, Ocón-Bretón MJ, Luengo-Pérez LM, Viruzuela JA, Sendrós-Maróño MJ, Cervera-Peris M, et al. Soporte nutricional y nutrición parenteral en el paciente oncológico: informe de consenso de un grupo de expertos. *Nutr Hosp.* 2018;
11. Quesada Gómez C. Infecciones en humanos por bacterias anaerobias del género *Bacteroides*: actualización en aspectos taxonómicos, bioquímicos, inmunológicos, patogénicos y clínicos. *Rev Biomédica.* 2010;21(2):89–96.
12. Kant R, Rasinkangas P, Satokari R, Palva A. Genome Sequence of the Butyrate - Producing Anaerobic Bacterium *Anaerostipes hadrus* PEL 85. 2015;3(2):3–4.
13. María Magdalena Farías N, Catalina Silva B, Jaime Rozowski N. Microbiota intestinal: Rol en obesidad gut microbiota: Role in obesity. *Rev Chil Nutr.* 2011;38(2):228–33.

14. Angelino D, Carregosa D, Domech-Coca C, Savi M, Figueira I, Brindani N, et al. 5-(Hydroxyphenyl)- $\gamma$ - valerolactone-sulfate, a key microbial metabolite of flavan-3-ols, is able to reach the brain: Evidence from different in silico, in vitro and in vivo experimental models. *Nutrients*. 2019;11(11).
15. Li L, Somers S. Associations between flavonoid intakes and gut microbiota in a group of adults with cystic fibrosis. *Nutrients*. 2018;10(9):1–13.
16. Estruel-Amades S, Massot- Cladera M, Pérez-Cano FJ, Franch À, Castell M, Camps-Bossacoma M. Hesperidin effects on gut microbiota and gut-associated lymphoid tissue in healthy rats. *Nutrients*. 2019;11(2).
17. Pei R, Liu X, Bolling B. Flavonoids and gut health. *Curr Opin Biotechnol* [Internet]. 2020;61:153–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.018>
18. Cheng N, Chen S, Liu X, Zhao H, Cao W. Impact of schisandrachinensis bee pollen on nonalcoholic fatty liver disease and gut microbiota in highfat diet induced obese mice. *Nutrients*. 2019;11(2).
19. Çehreli R. Molecular nutritional immunology and cancer. *J Oncol Sci* [Internet]. 2018;4(1):40–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jons.2018.02.002>
20. Campos EM, Stehle P, Simon MC. Microbial metabolites of flavan-3-ols and their biological activity. *Nutrients*. 2019;11(10):1–27.
21. Bond T, Derbyshire E. Tea compounds and the gut microbiome: Findings from trials and mechanistic studies. *Nutrients*. 2019;11(10):1–13.
22. Rienks J, Barbaresco J, Nöthlings U. Association of polyphenol biomarkers with cardiovascular disease and mortality risk: A systematic review and Meta-Analysis of observational studies. *Nutrients*. 2017;9(4).
23. Blumfield M, Abbott K, Duve E, Cassettari T, Marshall S, Fayet-Moore F. Examining the health effects and bioactive components in *Agaricus bisporus* mushrooms: a scoping review. *J Nutr Biochem* [Internet]. 2020;84:108453. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.10.8453>
24. Verlaet A, van der Bolt N, Meijer B, Breynaert A, Naessens T, Konstanti P, et al. Toll-like receptor- dependent immunomodulatory activity of pycnogenol®. *Nutrients*. 2019;11(2).
25. Have A, Health H, Marhuenda-muñoz M, Laveriano-santos EP, Tresserra-rimbau A. Microbial Phenolic Metabolites : Which Molecules. :1–15.

## CASO CLÍNICO

# Efecto prebiótico de los polifenoles presentes en la dieta sobre la microbiota humana

*Buitrago Jorge, Cadavid Juliana, Acevedo Alejandra,  
Rosero Daniela<sup>1</sup>, Perez Muñoz Diana Maria<sup>2</sup>*

### RESUMEN

Los polifenoles son un amplio número de metabolitos secundarios distribuidos en el reino vegetal con una alta capacidad antioxidante, presentes en distintos alimentos como frutas, vegetales, hierbas, cereales, bebidas como el café, vino, té y cocoa. Durante la última década ha surgido un gran interés en su interacción con la microbiota del colon, la cual posee una infinidad de células bacterianas con una alta capacidad metabólica, de hecho es allí donde llegan casi todos los polifenoles de la dieta e interactúan con estos microorganismos al producir efectos beneficiosos como estimular el crecimiento de la microbiota beneficiosa e inhibir las cepas patógena. Durante la recolección de información, se usaron diferentes bases de datos como science direct, pubmed y scopus. Se seleccionaron cuatro artículos para realizar la revisión, con el objetivo de entender los diversos efectos que los polifenoles tienen en la microbiota intestinal humana. Finalizado el proceso se llegó a la conclusión de que estos compuestos bioactivos si afectan a la microbiota intestinal, generando no solo efectos benéficos a nivel cardiovascular, inflamatorio y anticancerígeno, sino que también, ayudan a mantener la integridad de la pared intestinal, funcionando como factores protectores de la mucosa. Sin embargo, se considera necesaria la realización de otros estudios que evalúen la acción dinámica de los polifenoles y compuestos presentes en una dieta normal y de esta manera esclarecer los mecanismos moleculares a través de los cuales se produce la acción benéfica de estos compuestos bioactivos.

**PALABRAS CLAVE:** Polifenoles, Microbiota, Humanos

<sup>1</sup> Universidad Libre Pereira, Estudiantes programa Microbiología. Universidad Libre Pereira. Grupo de investigación MICROBIOTEC 2020-1.

Contactos: joenbuisa@hotmail.com, juli\_cadavid2001@hotmail.com, marii.01032901@gmail.com,

<sup>2</sup> Profesora programa de Microbiología, Universidad Libre Pereira. Contacto: endea2911@gmail.com.

## “Prebiotic effect of polyphenols present in the diet on the human microbiota”

### ABSTRACT

Polyphenols are a large number of secondary metabolites distributed in the plant kingdom with a high antioxidant capacity, present in different foods such as fruit, vegetables, cereals, herbs, beverages such as coffee, wine, tea and cocoa. During the last decade. During the last decade, a great interest has arisen in its interaction with the microbiota of the colon, which has an infinite number of bacterial cells with a high metabolic capacity. In fact, this is where almost all polyphenols in the diet arrive and interact with these microorganisms by producing beneficial effects such as stimulating the growth of beneficial microbiota and inhibiting pathogenic strains. During the data collection, we work with different databases like pubmed, science direct and scopus.

Four articles were selected for review to understand the various effects polyphenols have on the human gut microbiota. After the process, it was concluded that these bioactive compounds affect the intestinal microbiota, generating not only beneficial effects at the cardiovascular, inflammatory and anticancer level, but also help maintain the integrity of the intestinal wall, functioning as protective factors of the mucosa. However, it is considered necessary to carry out other studies that evaluate the dynamic action of polyphenols and the compounds present normal diet and, therefore, help to clarify the molecular mechanisms through which the beneficial action of these compounds occurs bioactives.

**KEYWORDS:** Polyphenols, Microbiota, Humans



## INTRODUCCIÓN

Los polifenoles son compuestos complejos producidos a partir de metabolitos primarios o intermediarios de las plantas a través de vías biosintéticas únicas con el fin de permitir su supervivencia en el entorno, pueden estar presentes en distintas partes de la planta como: las raíces, el tallo, las flores y la pulpa(1). Se caracterizan por tener en su estructura química anillos fenólicos hidroxilados. Además se encuentran fácilmente en alimentos como frutas, vegetales, hierbas, semillas y cereales; y en bebidas como el café, cocoa, té y vino(2).

Existen alrededor de 8000 compuestos de polifenoles en el reino vegetal y se pueden clasificar de acuerdo a su peso molecular; los taninos de alto peso molecular que se dividen en taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos) y taninos condensados no hidrolizables (proantocianinas). Los polifenoles de bajo peso molecular se pueden clasificar en varios subgrupos: derivados del ácido fenólico, flavonoides, lignanos, estilbenos y curcuminas(1). Los polifenoles que han sido más estudiados son los flavonoides que a su vez se clasifican en flavonoles, flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavanoles y antocianinas; y se encuentran en alimentos como el café, té, vino y frutas(3)

El consumo promedio de polifenoles es de 1g al día, no obstante estos

compuestos no se absorben totalmente en el intestino delgado sino que un 90% es catabolizado en el intestino grueso por la microbiota del colon(3), que ha sido objeto de estudio durante la última década puesto que durante mucho tiempo se creyó que la función del colon era reabsorber agua, sal y eliminar los compuestos no absorbidos de los alimentos. En la actualidad muchas investigaciones se han centrado en el estudio de la composición y función del intestino grueso dejando claro que dentro de este hay un mundo habitado por infinidad de géneros bacterianos con distintas formas y funciones que componen gran parte de lo que se conoce como la microbiota intestinal y es un factor fundamental en el metabolismo de los compuestos químicos de los alimentos (4). En cuanto al metabolismo de los polifenoles la microbiota los cataliza generando una gran variedad de metabolitos como los ácidos fenólicos aumentando su biodisponibilidad que en un principio como compuesto original es baja(3).

Se considera que la microbiota de un adulto está compuesta por un número total de células bacterianas, que es 10 veces mayor al número total de células humanas y su capacidad metabólica es 100 veces mayor que la del hígado humano (5).

Teniendo en cuenta la importancia del papel de la microbiota intestinal, hoy en día estudios se han enfocado en estimar esta, en relación con muchos

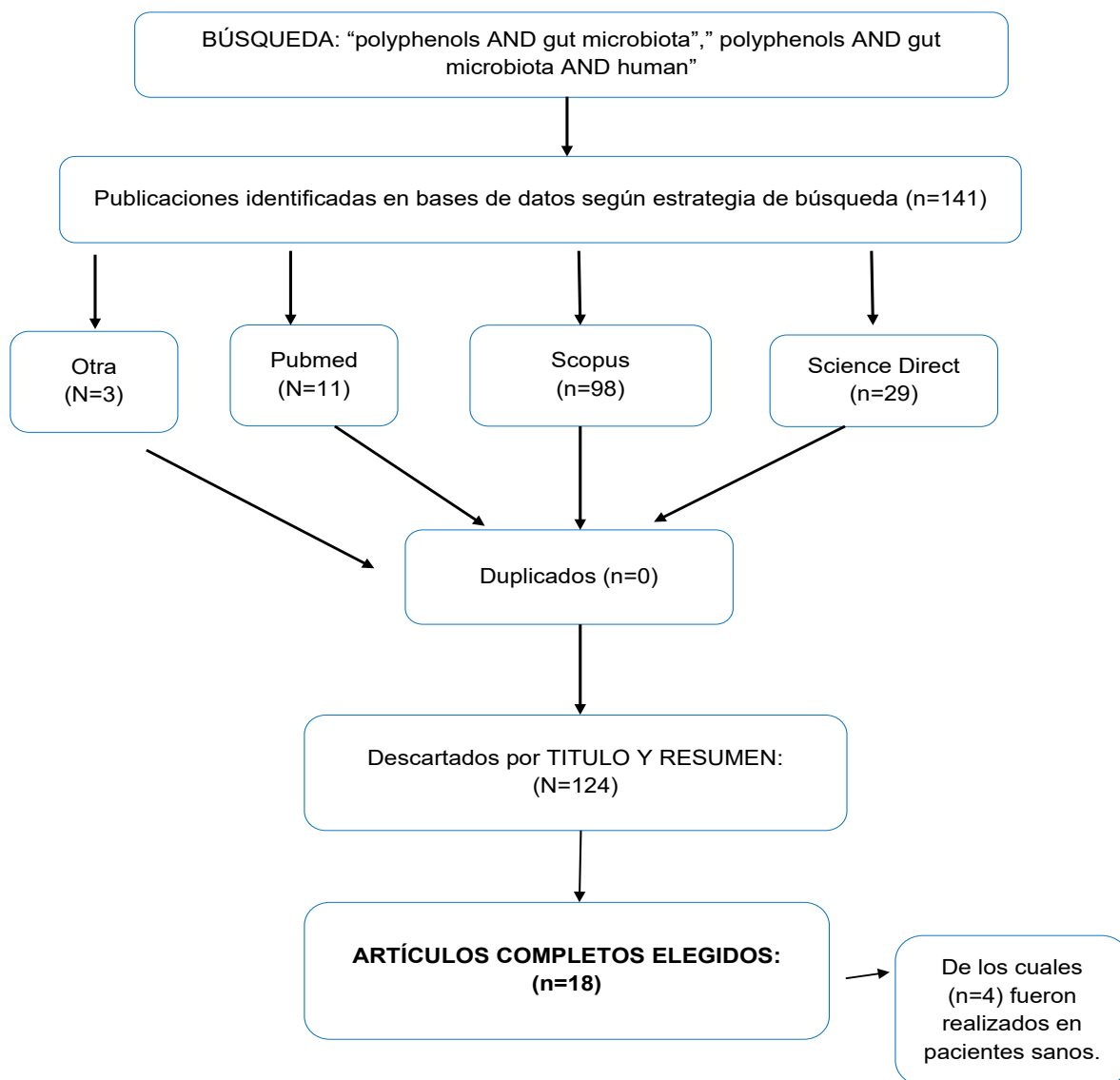
compuestos. Muchas investigaciones se han puesto como objetivo determinar, qué cambios hay en la microbiota intestinal, con una dieta rica en polifenoles. Algunos sugieren que los polifenoles pueden estimular el crecimiento de la microbiota comensal y beneficiosa mientras se inhiben las cepas patógenas. Teniendo en cuenta que la composición de la microbiota intestinal es susceptible a la calidad y cantidad de carbohidratos ingeridos que son la principal fuente de carbono y energía para los microbios, por lo

tanto cualquier dieta en la que haya un desequilibrio de este macronutriente puede favorecer el crecimiento excesivo de patógenos oportunistas o también causar cambios positivos o negativos en la actividad de las bacterias, como lo causa la fibra dietaria(3).

Diversos estudios están considerando la relevancia que toman los compuestos fenólicos del té, vino tinto entre otros sobre el organismo como sustancias benéficas.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>INCLUSION</b>	<b>EXCLUSIÓN</b>
<b>PARTICIPANTES</b>	humanos	animales,in vitro
<b>INTERVENCIÓN</b>	cambios en la composición de la microbiota,con la adición de polifenoles en la dieta.	otros compuestos
<b>AÑOS DE PUBLICACIÓN</b>	últimos 3,5 y 10 años	más de 10 años
<b>IDIOMA</b>	inglés,español	otros idiomas

## DIAGRAMA DE BÚSQUEDA



## METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura encontrada en bases de datos como, pubmed, science direct, scopus. Para identificar estudios relevantes en humanos que muestren los cambios en la composición de la microbiota mediante la introducción de una dieta rica en polifenoles. las publicaciones

se encontraron con los siguientes términos MESH; “polyphenols”, “Microbiota”, “Humans”.

## DISCUSIÓN

La microbiota intestinal está equipada con un gran conjunto de enzimas diferentes capaces de realizar diversas modificaciones de los ingredientes

alimentarios que ingresan al colon. Esta gran y diversa capacidad enzimática genera varios metabolitos que tienen efectos beneficiosos y perjudiciales para el huésped. Además de los SCFA, la microflora intestinal genera muchos metabolitos bioactivos importantes(6). Los polifenoles son sustancias con gran capacidad antioxidante y, se caracterizan por la presencia de dos o más grupos fenólicos. Estos compuestos bioactivos que se encuentran en algunos alimentos, tienen la aptitud de modificar de manera significativa la microbiota intestinal, a través de su interacción con la misma. Cabe resaltar que su efecto es mayor en el colon, dado a que es la porción donde la microbiota intestinal posee su mayor población(7).

La relación recíproca entre la microbiota intestinal y los polifenoles puede realmente contribuir a la salud del huésped. Los comensales que residen en el intestino pueden mejorar exponencialmente la calidad de vida de una persona, puesto que cuentan con la capacidad de proteger contra patógenos y contra trastornos gastrointestinales, reducir el colesterol sérico y aumentar la secreción de moco.(7).

Diversos estudios han conseguido demostrar los efectos benéficos de los polifenoles. Dentro de este grupo de compuestos bioactivos, destacan los siguientes: 1. El resveratrol, que posee un factor inhibitorio hacia la proliferación de algunas bacterias perjudiciales como la *Escherichia coli* y la *Enterococcus*

*faecalis*, y aumenta o estimula el crecimiento de bacterias benéficas como *Lactobacillus*(8); 2. Antocianidinas y Flavonoides, quienes tienen la capacidad de alterar la abundancia relativa de la microbiota, disminuyendo la presencia de bacterias patógenas como firmicutes y Bacteroidetes, así como el aumento de bacteroidetes gramnegativos;(9) 3. Elágitaninos y ácido elágico, disminuyeron la abundancia relativa de Bacteroidetes y aumentó las Actinobacterias, Coriobacteriaceae y Bifidobacterias(10) modulate gut microbiota (GM).

El vino, por ejemplo, caracterizado por su alto contenido en resveratrol, demostró en el estudio realizado por Queipo .et.al 2012 (8) mediante un estudio aleatorio cruzado y controlado, donde se tomó un grupo poblacional de 10 voluntarios sanos, quienes fueron sometidos al consumo de Vino tinto, Vino tinto sin alcohol y Ginebra durante 20 días cada uno. Posteriormente, se midieron varios marcadores bioquímicos para cuantificar cambios en la microbiota fecal. El consumo de vino tinto por un tiempo prolongado, demostró un aumento significativo en cuanto a las proteobacterias, prevotella, bifidobacterium y firmicutes. Igualmente, el consumo de vino tinto sin alcohol demostró un aumento de bifidobacterium y, a su vez, una disminución de firmicutes. Por último, el consumo de ginebra aumentó la presencia de clostridium y paralelamente, se presentó una disminución de

prevotella. A lo largo de este estudio se evidenció el impacto que generan los polifenoles del vino en la microbiota intestinal, pues su consumo prolongado durante cuatro semanas, mostró un cambio significativo en la microbiota intestinal seleccionada, lo que sugiere un amplio beneficio prebiótico, además, de las increíbles ventajas que se dan a nivel cardiovascular, especialmente los relacionados con la disminución de colesterol total, Triglicéridos y proteína C reactiva; cabe destacar que las variables mencionadas anteriormente, se vincularon con cambios en el número de Bifidobacterias ( $p < 0.05$ ). La PCR es un marcador sanguíneo de inflamación, y su concentración es un predictor específico del riesgo de eventos cardiovasculares en sujetos sanos. Es por esto que se sugiere la inclusión de los polifenoles del vino tinto sin alcohol en la dieta.

Cabe resaltar que el estudio muestra una relación al consumo de Vino tinto con alcohol y la presencia de bacterias patógenas, gracias a que esta sustancia contrarresta los efectos benéficos propios de los polifenoles.

Una dieta rica en alimentos de origen vegetal provee además de fibra, la presencia de polifenoles que justifican igualmente su acción benéfica con la microbiota intestinal. Esto se evidencia en un estudio aleatorizado con alimentación cruzada controlada, realizado por Rodríguez 2018 (9), donde se recoge una muestra poblacional de

11 sujetos sanos quienes durante ocho semanas estarían sometidos a dos dietas diferentes. En una primera instancia, se les brindó una dieta rica en alimentos de origen animal, cuyo consumo reflejó sobre la microbiota los siguientes resultados: Aumento en la abundancia relativa de bacterias patógenas como Firmicutes gram-positivos ( $p=0.023$ ) así como la disminución de Bacteroidetes gramnegativos ( $p = 0.018$ ). Posteriormente, los sujetos recibieron la misma dieta con una adición de 30gr de polvo de arándanos liofilizados, quienes se caracterizan por poseer diversos compuestos bioactivos como los polifenoles. En este segundo muestreo se evidenció que, además de revertir los efectos negativos (Firmicutes,  $p=0,038$ ; Bacteroidetes,  $p= 0,032$ ) de la primera dieta; a su vez, demostraron un aumento en la abundancia de Lachnospira y Anaerostipes y, disminuyeron la de Clostridia y Oribacterium. Por consiguiente, las dietas carentes de alimentos de origen vegetal, pueden no representar un efecto positivo para la microbiota intestinal, traduciéndose en un aumento de ácidos biliares secundarios, mediante su correlación positiva entre los niveles de ácido desoxicólico y la abundancia de Fusobacterium (Spearman  $r = 0.74$ ;  $p < 0.0005$ ; ajustado  $p < 0.05$ ), quienes están intrínsecamente relacionados con la aparición de cáncer colorrectal (11).

Los frutos secos se caracterizan por ser alimentos ricos en ácidos grasos insaturados y fibra(12). Sin embargo, se

desconocía el efecto benéfico derivado de los polifenoles presentes en este alimento como el ácido elágico y elagitaninos. A estos tipos de compuestos fenólicos se les atribuyen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, probióticas y además, se asocian efectos benéficos a nivel cardiovascular(13). El estudio realizado por Izaskun García. Et. Al (2019)(10) modulate gut microbiota (GM llevó a cabo un análisis en un grupo total de 27 individuos sanos para que consumiesen durante un periodo de 3 días, un total de 33 gr de nueces. El análisis fue hecho a partir de muestras fecales de los pacientes, donde analizaron la respuesta diferencial frente a la aparición de Urolitinas A y B. Esto permite dilucidar las diferencias que pueden presentar dichos metabolitos, como el caso de las Urolitinas A, quienes enriquecieron el género de Holdemania y los miembros de Lachnospiraceae. Antes de comenzar la investigación, los voluntarios pertenecientes a UM-A tendían a presentar niveles más altos de butirato ( $p = 0,070$ ). Después de la intervención, no encontraron diferencias significativas en la producción de SCFA después del consumo de nueces. En respuesta a quienes expresaron Urolitinas B, denotaron un aumento en la abundancia relativa de Synergistetes phylum ( $p < 0.05$ ). Los voluntarios pertenecientes a UM-B obtuvieron una mayor riqueza ( $p = 0.003$ , índice Chao 1) que UM-A. Asimismo, Oxalobacter, miembros de las familias Synergistaceae, Cericococcaceae, Coriobacteriaceae, Peptostreptococcaceae y Paraprevotella

se asociaron con individuos que presentaban UM-B. Gracias a esto, se consigue demostrar que, quienes poseen la expresión de metabolitos de Urolitinas tipo B, presentan mayor sensibilidad al consumo de nueces, y asimismo, un mayor resultado satisfactorio para la microbiota intestinal. En definitiva, gracias a este estudio se permite dilucidar el concepto de nutrición personalizada, que permite entender que no todas las recomendaciones dietéticas pueden ejercer los mismos beneficios en todas las personas.

Las propiedades antioxidantes provenientes de los flavonoles monoméricos y oligoméricos (procianidinas), se observan predominantemente en frutas, verduras, te, vino tinto y cacao junto a sus derivados. Así lo demuestra el siguiente estudio elaborado por Xenofon Tzounis. Et. Al 2011 (14), siendo un estudio aleatorizado, doble ciego, cruzado, de intervención controlada, el cual tuvo una duración de cuatro semanas, donde 22 participantes sanos ingirieron una bebida de cacao baja y alta en contenido de flavonol. Posteriormente, se midieron marcadores bioquímicos y fisiológicos que permitiesen observar y medir el número de bacterias presentes en la microbiota intestinal. Dicha investigación demostró que el consumo de cacao no representó un impacto significativo en el número de bacterias totales de E. Coli y Bacteroides spp ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, el consumo de cacao con alto contenido en flavonol mostró un aumento significativo de Lactobacillus y Enterococcus

spp (P= 0,007). Cabe resaltar que este resultado fue significativamente mayor que el observado después del consumo de la bebida baja en contenido de flavonoles (p <0.001). Además, se evidenció un aumento significativo de bifidobacterium spp y C. histolyticum (p=0.042). Se puede decir que el consumo de la bebida baja en flavonol, no tuvo tanto impacto como la bebida alta en flavonol; esto quiere decir que el consumo de cacao, tiene una fuerte influencia positiva en el crecimiento de microbiota intestinal seleccionada, pues se eviden-

ció el aumento de bacterias benéficas como lactobacillus, que presentó mayor significancia en crecimiento. Esta posee diversas funciones dentro del intestino, como: mejorar la función de la barrera de la mucosa intestinal, inhibir la adhesión y crecimiento de bacterias intestinales patógenas y además mejoran la respuesta inmune disminuyendo la inflamación. Esto sugiere posibles beneficios probióticos asociados a la inclusión de alimentos ricos en flavonoles dentro de la dieta.

Referencia	Polifenol	Población	Duración	Tipo de estudio	Metodología	Comparació	Efectos sobre la microbiota	resultados
María Isabel Queipo-Ortuño. et al. 2012.	Resveratrol	10 hombres adultos sanos de 48 ± 2 años (rango: 45-50 años)	35 días	Intervención aleatoria, cruzada y controlada.	Diez voluntarios varones sanos se sometieron a un estudio aleatorizado, cruzado, de intervención controlada.	Vino tinto	Aumento significativo proteobacterias, fosobacterias, firmicutes, bacteroides, prevotella, bifidobacterium.	El consumo diario de polifenoles de vino tinto durante 4 semanas disminuyó significativamente la presión arterial sistólica y diastólica y las concentraciones de triglicéridos, colesterol total, colesterol HDL y proteína C reactiva ( P <0.05). Además, los cambios en el colesterol y las concentraciones de proteína C reactiva se vincularon con cambios en el número de bifidobacterias.
						Vino tinto sin alcohol	Aumento significativo de bacteroides, fusobacterias, bifidobacterium. Disminución de firmicutes.	
						Ginebra	Aumento significativo de clostridium. Disminución de prevotella.	
Jose Rodríguez Morató. et al. 2018	Acidos Fenólicos, Flavonoides, Proantocianidinas y antocianidinas	11 sujetos sanos (7 hombres, 4 mujeres) con una edad media de 39,2 ± 12,3 años (rango de 25 a 54 años)	8 semanas	ensayo aleatorizado de alimentación controlada cruzada	El ensayo incluyó dos fases de intervención de 5 días con un período de lavado de 2 semanas entre fases. Durante la investigación, los sujetos debían visitar el sitio del estudio 12 veces durante 8 semanas	Dieta control	La dieta control alteró la abundancia relativa de bacterias fecales con una disminución en los Bacteroidetes gramnegativos (p = 0.018) y un aumento en Firmicutes gram-positivos (p=0.023).	- Se detectaron la presencia de acidos biliares secundarios (litocólico y desoxicólico), cuyas concentraciones después de 5 días de la dieta control aumentaron un 268%, en comparación con los valores de la dieta de control previo - Los niveles de ácido acético (p <0.005) y butírico (p <0.01) disminuyeron en un 40 y 48%, respectivamente, después del consumo de la dieta de control durante 5 días
						Dieta arandanos	La dieta de arandanos consiguió revertir el efecto mencionado anteriormente, evidenciando un aumento en Bacteroidetes (p = 0.032) y una disminución en Firmicutes (p = 0.038). Además, también aumentaron la abundancia de Lachnospira y Anaerostipes y, disminuyeron la de Clostridia y Oribacterium	-Representaron un impacto sobre la modificación de los efectos contraproducentes atribuidos de la dieta control. - La adición de polvo de arándano a la dieta basal atenuó la magnitud de las disminuciones en la medida en que no se encontraron diferencias antes y después de la dieta.

<p>Xenofon Tzounis et al. 2011.</p>	<p>Flavanoles</p>	<p>Veintidós voluntarios humanos sanos.</p>	<p>4 semanas</p>	<p>Estudio aleatorizado, doble ciego, cruzado, de intervención controlada.</p>	<p>Veintidós voluntarios humanos sanos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de flavanol alto en cacao (HCF) (494 mg de flavanoles de cacao / d) o un grupo de flavanol bajo en cacao (LCF) (23 mg de flavanoles de cacao / d) para 4 semanas</p>	<p><b>Flavanol alto en cacao (HCF)</b></p>	<p><b>No hubo diferencias significativas</b> en el número de bacterias totales, Bacteroides spp. O E. coli después de la ingesta de las bebidas HCF o LCF durante 4 semanas ( P &gt; 0.05). <b>Aumento significativo</b> en el número de Lactobacillus y Enterococcus spp. ( P = 0,007). <b>Aumento significativamente</b> mayor en el número de Bifidobacterium spp. No hubo diferencias significativas en el número de bacterias totales, Bacteroides spp. O E. coli después de la ingesta de las bebidas HCF o LCF durante 4 semanas ( P &gt; 0.05). <b>No hubo un aumento</b> significativo en el número de Bifidobacterium spp. <b>Aumento significativo</b> en los números fecales del grupo C. histolyticum.</p>	<p>En comparación con el consumo de la bebida LCF, el consumo diario de la bebida HCF durante 4 semanas aumentó significativamente las poblaciones de bifidobacterias ( P &lt;0.01) y lactobacilos ( P &lt;0.001), pero disminuyó significativamente los recuentos de clostridios ( P &lt;0.001). Estos cambios microbianos fueron paralelos a reducciones significativas en las concentraciones plasmáticas de triaciglicerol ( P &lt;0.05) y proteína C reactiva ( P &lt;0.05). Además, los cambios en las concentraciones de proteína C reactiva se vincularon con los cambios en los recuentos de lactobacilos ( P &lt;0.05, R 2= -0.33 para el modelo).</p>
<p>Izaskun García-Mantrana et al 2019</p>	<p>elagitaninos y ácido elálgico</p>	<p>Un total de 27 individuos sanos (Valencia, España)</p>	<p>3 días</p>	<p>La intervención consistió en una ingesta de 33 g de nueces por día durante tres días.</p>	<p>Urolitina A (n=14)</p>	<p>el género Holdemania y los miembros de la familia Lachnospiraceae se enriquecieron en UM-A</p>	<p>- Antes de comenzar la investigación, los voluntarios pertenecientes a UM-A tendían a presentar niveles más altos de butirato (p = 0,070). Después de la intervención, no encontramos diferencias significativas en la producción de SCFA después del consumo de nueces según los UM</p>	<p>-La composición de microbiota de UM-B es sensible al consumo de nueces. Se vieron afectados significativamente por la intervención de nuez de tres días (p = 0.001). Especies como Blautia, Bifidobacterium y Coriobacteriaceae no clasificadas aumentaron solo en los participantes pertenecientes a UM-B (p &lt;0.05)</p>
					<p>Urolitina B (n=13)</p>	<p>La abundancia relativa de Synergistetes phylum se enriqueció significativamente en UM-B (p &lt;0.05) en comparación con UM-A Los voluntarios pertenecientes a UM-B tuvieron una mayor riqueza (p = 0.003, índice Chao 1) que UM-A . Asimismo, Oxalobacter, miembros de las familias Synergistaceae, Cerasicoccaceae, Coriobacteriaceae, Peptostreptococcaceae y Paraprevotella se asociaron con individuos UM-B</p>		



## CONCLUSIÓN

Recopilando todos los estudios revisados, es evidente llegar a la conclusión de que los polifenoles si afectan la microbiota intestinal, generando efectos benéficos a nivel cardiovascular, inflamatorio, anticancerígeno e incluso tienen la capacidad de ayudar a mantener la integridad de la pared intestinal. Sin embargo, es necesario que en futuras investigaciones se desarrollen metodologías que consideren la acción dinámica de los diferentes polifenoles y compuestos presentes en una dieta normal, y así, esclarecer los mecanismos moleculares por los cuales se da la acción dinámica de los polifenoles sobre el organismo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kawabata K, Yoshioka Y, Terao J. Role of Intestinal Microbiota in the Bioavailability and Physiological Functions of Dietary Polyphenols. 2019;
2. Ozdal T, Sela DA, Xiao J, Boyacioglu D, Chen F, Capanoglu E. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients*. 2016;8(2):1–36.
3. Edwards CA, Havlik J, Cong W, Mullen W, Preston T, Morrison DJ, et al. Polyphenols and health: Interactions between fibre, plant polyphenols and the gut microbiota. *Nutr Bull*. 2017 Dec 1;42(4):356–60.
4. Duda-Chodak A, Tarko T, Satora P, Sroka P. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review. *Eur J Nutr [Internet]*. 2015 Apr 12;54(3):325–41. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-015-0852-y>
5. Zhu B, Wang X, Li L. Human gut microbiome: The second genome of human body. *Protein Cell*. 2010;1(8):718–25.
6. Duda-Chodak A, Tarko T, Satora P, Sroka P. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review. Vol. 54, *European Journal of Nutrition*. Dr. Dietrich Steinkopff Verlag GmbH and Co. KG; 2015. p. 325–41.
7. M. Quiñonez, M. Miguel AA. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el efecto cardiovascular. *Nutr Hosp*. 2012;27(1):27–89.
8. Queipo-Ortuño MI, Boto-Ordóñez M, Murri M, Gomez-Zumaquero JM, Clemente-Postigo M, Estruch R, et al. Influence of red wine polyphenols and ethanol on the gut microbiota ecology and biochemical biomarkers. *Am J Clin Nutr [Internet]*. 2012 Jun

- 1;95(6):1323–34. Available from: <https://academic.oup.com/ajcn/article/95/6/1323/4568378>
9. Rodríguez-Morató J, Matthan NR, Liu J, de la Torre R, Chen CYO. Cranberries attenuate animal-based diet-induced changes in microbiota composition and functionality: a randomized crossover controlled feeding trial. *J Nutr Biochem* [Internet]. 2018;62:76–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.08.019>
10. García-Mantrana I, Calatayud M, Romo-Vaquero M, Espín JC, Selma M V., Collado MC. Urolithin metabotypes can determine the modulation of gut microbiota in healthy individuals by tracking walnuts consumption over three days. *Nutrients*. 2019;11(10):1–13.
11. Rivera D, Kestenberg N. Cáncer colorectal. *Rev colomb gastroenterol*. 1992;91–3.
12. Unidos E. Las nueces , el fruto seco con más capacidad y calidad antioxidante. In 2011.
13. Tomás Barberán CFJ, Sr I, Francisco D, Tomás-Barberán A. La Microbiota Intestinal Humana Modula el Efecto en la Salud de Componentes de la Dieta Discurso de contestación. F.J. Tomás Barberán [Internet]. 2015. Available from: <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/discursos-sept15-TomásIzquierdo.pdf>
14. Tzounis X, Rodriguez-Mateos A, Vulevic J, Gibson GR, Kwik-Urbe C, Spencer JP. Prebiotic evaluation of cocoa-derived flavanols in healthy humans by using a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2011 Jan 1;93(1):62–72. Available from: <https://academic.oup.com/ajcn/article/93/1/62/4597700>

# La historia de la microbiología como una herramienta estratégica de articulación curricular

*Avendaño, M., Camacho, Y., Caro, S., Consuegra, E., Gerds, O., Gutiérrez, M. J., Hunseler, V., Jiménez, M., Martínez, K., Moreno, M. C., Torres, M. A., Oyola, L., Padilla, C., Puello, M. J., Tapias, L., Burbano, I. y López Rivero, A.<sup>1</sup>*

## RESUMEN

Este artículo de reflexión ha sido tomado como un proyecto de aula para articular las asignaturas de Expresión Oral y Escrita con la de Historia de la Ciencia y la Microbiología, ambas del primer semestre del Programa de Microbiología en la Universidad Libre Seccional Barranquilla. El objetivo primordial fue usar los temas de una asignatura del área de Fundamentación en Ciencias e incorporarle las directrices emanadas por la otra asignatura del área de formación Metodológica-Investigativa, de tal manera que el estudiante pudiera enlazar de manera integral la realidad de su formación con la publicación de sus trabajos y fortalecer su competencia comunicativa. Además de estimulante para el estudiante ver convertido un trabajo de clase en una publicación de reflexión, el ejercicio permitió ser más eficiente en los trabajos de cada asignatura, así como evitar la recarga de actividades académicas.

**PALABRAS CLAVE:** Historia de la Microbiología, Proyecto de aula, Expresión oral y escrita, Competencia comunicativa.

---

<sup>1</sup> Universidad Libre Seccional Barranquilla. Grupo de Investigación de Gestión Ecológica y Agroindustrial (GEA). Contactos: arleths.lopezr@unilibre.edu.co - ilba.burbano@unilibre.edu.co.

## “The history of microbiology as a strategic tool for curricular articulation”

### ABSTRACT

This article displays results from a classroom project to articulate the subjects of *Oral and Written Expression* with *History of Science and Microbiology*, both of the first semester of the Microbiology Program at the Universidad Libre Seccional Barranquilla. The purpose of the present work was to use the topics of a subject from the Fundamentals Sciences and incorporate the guidelines from the other subject from Methodological-Investigative training area, in a way that the student could link in an integral way with a reality of their training, the publication of their work and finally strengthen their communicative competence. Besides to being stimulating for the student to see a class work turned into a publication for reflection, the exercise allowed them to be more efficient in the work of each subject and avoided overloading tasks.

**KEYWORDS:** History of Science and Microbiology, Classroom Project, Oral and Written Expression, Communicative competence.

## INTRODUCCION

Una mirada hacia el pasado trasciende en un criterio que valora cada evento sucedido, como elemento fundamental en el desarrollo y avance de la ciencia. El abordaje de temas complejos tales como el origen de microorganismos, la dinámica de enfermedades y el surgimiento de alternativas terapéuticas a procesos infecciosos desde una perspectiva histórica; revela inquietud, ingenio, cuestionamiento y sobre todo interdisciplinariedad entre los protagonistas de los primeros logros alcanzados en el estudio de los microorganismos. Para Opal<sup>(1)</sup>(2003), la historia de la microbiología, está ligada indudablemente a la búsqueda constante de la comprensión de los principios fundamentales de la vida. La forma en que los organismos vivos logran sobrevivir en el mundo hostil que los rodea, ha sido una fuente permanente de fascinación para aquellos que se dejan deslumbrar.

La utilización de los primeros prototipos de microscopio, permitió a Van Leeuwenhoek y Robert Hooke, demostrar la presencia de protozoos unicelulares y pequeños organismos bacterianos; aquellos que inicialmente fueron llamados “*pequeños animálculos*”; y que marcaron un inicio en el descubrimiento del mundo microscópico según Gest<sup>(2)</sup> (2007). A partir de estas observaciones se generó un debate de gran impacto, sobre el surgimiento espontáneo de dichos

organismos a partir de sustancias presentes en el tejido desvitalizado, o su derivación de fuentes exógenas. Un interrogante adicional, hacía referencia a su necesidad de implantarse sobre otros tejidos causando infecciones, lesiones y enfermedades. En este sentido Johnson<sup>(3)</sup> (2002) describe la forma en que el trabajo de Louis Pasteur desacreditó la teoría de la “*generación espontánea*” y demostró que la fermentación, el deterioro o la contaminación de sustancias orgánicas, están estrictamente ligados a la presencia de microorganismos ambientales. Con estas investigaciones, Pasteur demostró la “*teoría de los gérmenes de enfermedades*” y lanzó el nuevo panorama de la microbiología moderna.

Nuevos conceptos han influenciado la historia de la microbiología durante la era molecular. Descubrimientos de investigación en genética, bioquímica de ácidos nucleicos y biología molecular, permitieron descifrar las bases bioquímicas de los genes que determinan el destino de las formas de vida en la tierra. Los estudios sobre ADN, ARN y expresión de proteínas; han contribuido al conocimiento y manipulación de procesos que fortalecen una investigación interdisciplinaria, experimental y de avances acelerados. En este contexto, resulta interesante un recorrido por acontecimientos históricos que tuvieron lugar gracias al trabajo incansable de autores que vivieron la microbiología con pasión y adoptaron un estilo propio de hacer ciencia haciendo

uso de su ingenio. Cada autor representa un elemento invaluable en el desarrollo de la ciencia y evidencia la importancia del reconocimiento a cada uno de sus aportes. A continuación se presenta una revisión desde la perspectiva de estudiantes de primer semestre de Microbiología, sobre los aspectos más relevantes de algunos de estos autores.

### **ANTON VAN LEEUWENHOEK Y SU DESAFÍO A LA CIENCIA (1632 – 1723)**

Para poder entender la importancia del holandés Leeuwenhoek, considerado como uno de los científicos más importantes de la segunda mitad del siglo XVII y comienzos del siglo XVIII, también llamado como el padre de la microbiología y de la protozoología, que abrió las puertas hacia la biología moderna, se debe dar un vistazo al pasado, al momento en el que Van Leeuwenhoek descubrió que se estaba rodeado de diminutas representaciones de vida, tan diminutas que no se podían apreciar.

Arango<sup>(4)</sup> en su libro “Evolución histórica de la Microbiología” (2010) menciona que Van Leeuwenhoek, decidió empezar a construir empíricamente un microscopio, con lentes extremadamente simples. Esto llegó a ser todo un éxito que abrió la ventana al mundo de lo microscópico fabricando alrededor de 250 microscopios, de los cuales varios de ellos, fueron donados a museos y a personas particulares.

De acuerdo a Trujillo <sup>(5)</sup> (2015) cuando Van Leeuwenhoek comenzó a fabricar sus microscopios simples de una sola lente, los microscopios compuestos, de dos lentes, ya tenían décadas de estar funcionando. Además, los microscopios de Van Leeuwenhoek mostraron durante cerca de dos siglos, una magnificación sin presentar defectos ópticos, problemas que si tenían los microscopios compuestos de la época.

Siguiendo con el autor anterior, quien describe que el mérito de Van Leeuwenhoek, fue su dedicación a fabricar un número elevado de microscopios simples y su continua comunicación científica con la Royal Society de Londres, el 17 de septiembre de 1683 envió una carta llena de observaciones donde describía lo jamás visto por alguien más. Van Leeuwenhoek se encontraba atrapado por la curiosidad y esperaba que las demás personas a su alrededor sintieran lo mismo, porque quizás esos descubrimientos también podrían hacerle ganar un lugar en la historia como uno de los pioneros del mundo microscópico, sin embargo, su carta causó dudas y muchos miembros se negaron a creer en la existencia de las criaturas microscópicas, pero Robert Hooke decidió verificar las observaciones de Van Leeuwenhoek y pudo confirmar su descubrimiento. Desde entonces la carta de éste último, se constituyó en un acto de conmemoración.

En conclusión, Van Leeuwenhoek desempeñó un rol importante en la historia de la Microbiología, debido a que era una persona curiosa, que le gustaba ir más allá de lo que sus ojos podían observar y de lo que su mente podía imaginar. Tanto así, que, mediante un microscopio fabricado por él mismo, pudo observar lo jamás visible por alguien más en la muestra de sus placas dentales, estos estudios permitieron mejoras al instrumento más utilizado en la Microbiología, el microscopio.

El 17 de septiembre, se celebra el día del Microbiólogo en conmemoración a Van Leeuwenhoek, gracias a que ese día en el año 1683, este autor envió la carta a Royal Society con su descubrimiento de microorganismos y fue reconocido con el título de “Padre de la Microbiología”, abriendo camino al inmerso mundo microscópico y estudio de lo invisible.

### **ROBERT HOOKE Y SU APORTE A LA BIOLOGÍA CELULAR (1635 – 1703)**

Se abordó esta temática hablando sobre uno de los precursores más relevante en el campo microscópico. Robert Hooke empleó el término célula para denominar las cavidades que observó, con un microscopio, en cortes finos de corcho hechos con un cortaplumas, en donde el tiempo consagró el término célula para denominar los elementos que constituyen los organismos vivos. Años más tarde, descubrió el tejido de los seres vivos por la observación

en el microscopio y gracias a los conocimientos que tenía sobre la organización de las células en el siglo XIX, pudieron proponer los postulados de la teoría celular.

Robert Hooke fue un científico inglés, que aportó numerosas ideas y avances a la ciencia, también fue filósofo natural. Fue reconocido por sus grandes aportaciones en la física, microscopía, biología y arquitectura. Tenía gran habilidad para las matemáticas y su eficiencia fue reconocida a tal punto, que fue recomendado para el primer puesto de encargado de la Sociedad Real de Londres. Este cargo exigía ser un gran científico experimental y profesional, cualidades que Robert Hooke mostraba, dedicando tiempo completo a sus proyectos.

Allan <sup>(6)</sup> en el año 2013 menciona en la “Revista Naukas Ciencia, Escepticismo y Humor” que, sus aportes han sido destacados por el descubrimiento de los pilares fundamentales de la vida y fueron revelados en su libro “Micrographia”, donde describió las estructuras de insectos, plantas y celdillas observadas sobre un corcho, que más tarde fueron llamadas células. A partir de sus investigaciones, logró entender correctamente la gran cantidad de células que conformaban los organismos vivos.

Por otro lado, Barcat <sup>(7)</sup> en el año 2003 menciona en la “Revista Medicina” que, dio paso al descubrimiento de muchas

cosas que han cambiado el rumbo de la humanidad hoy en día, su invención del microscopio compuesto, permitió observar ese microscópico mundo, lleno de organismos complejos que requieren un control y tratamiento adecuado, para evitar el riesgo de la salud y la vida de las personas, gracias a esto se desarrolló la teoría celular, que aportaba un nivel más en la organización de los seres vivos.

En conclusión, Robert Hooke fue un líder científico dominante del siglo XVII, que contribuyó a todos los aspectos de la ciencia como científico, dirigió muchos experimentos que llevaron al descubrimiento de la célula y estableció que la misma es una unidad fundamental de todo ser vivo. Además, publicó *Micrographia*, que abrió los ojos del mundo al descubrimiento europeo de los microorganismos a través de sus descriptivas y detalladas ilustraciones.

### **LOUIS PASTEUR ABRIENDO CAMINOS A LA VERDAD (1822 – 1895)**

Durante la época de Louis Pasteur existieron muchos estudiosos con ideas descabelladas, las cuales a pesar de su condición, eran reconocidas y aceptadas. Sin embargo, Louis Pasteur siempre contradecía dichas ideas buscando abrir caminos a la verdad.

Louis Pasteur provenía de Francia, nació en el año de 1822 y de acuerdo con Restrepo<sup>(8)</sup> (1996), afirmaba que sus

estudios sobre la generación espontánea, tuvieron una ante sala durante la época de 1835 y 1850. Existían estudiosos que afirmaban que la fermentación era formada por la desintegración de la materia orgánica. En 1835 Liebig, contradictor y científico de la época de Louis Pasteur, afirmaba que la levadura de cerveza y en general todas las sustancias, transmitían a otras sustancias el estado de descomposición en que ellos se encontraban. Otros autores estaban en contra de ello afirmando que estos dos temas no tenían ninguna relación. Liebig al ser un renombrado estudioso, requería un contrincante y este era Pasteur, quien no le ganaría la batalla simplemente con experimentos, sino también con talento y convicción.

De acuerdo a García<sup>(9)</sup>, en 1857 Pasteur gana la primera batalla publicando el verdadero manifiesto en el cual muestra que la fermentación del ácido láctico depende de la vida de una bacteria específica. Para el siglo XVI se tenían muchas ideas descabelladas acerca de la generación espontánea defendida por Louis Pasteur desde la edad de 35 años. Una de estas ideas era la del italiano Bounomi, que afirmaba que de un madero podrido se producían gusanos, quienes se transformaban mariposas y posteriormente en aves. Tal era el estado de desconocimiento en la época de Pasteur.

Para finales de 1858, Jean Baptiste Pouchet famoso contradictor de la época de Louis Pasteur, realizó un experimento



para defender la teoría de la generación espontánea, este experimento consistía en colocar agua hirviendo en un matraz que se sellaba herméticamente y se sumergía boca abajo en una cuba de mercurio, de manera que impedía el paso del aire. A pesar de todas las precauciones, la infusión se tornaba turbia y se proliferaban animalillos. Pasteur preparado con sus estudios, se dirigió a la Academia de Ciencias para demostrar su reproche a la aceptación del método de Pouchet. Entre 1860 y 1861, Pasteur se dedicó a trabajar en el tema gracias a experimentos como por ejemplo, el diseño de un aspirador para concentrar las partículas microscópicas provenientes del aire, las cuales quedaban atrapadas en un tapón hecho con algodón soluble en éter y alcohol.

En conclusión, Pasteur se enfrentó a científicos renombrados de la época que creían estar en lo correcto acerca de su teoría de la generación espontánea, siendo retos que Pasteur logró ganar. Es curioso darse cuenta que, Pasteur nunca negó la existencia de la generación espontánea, sino que buscaba abrirles los ojos a las personas y demostrarles que nada puede existir sin algo anterior a ello. Gracias a la dedicación de Pasteur, se lograron despejar interrogantes que abrieron caminos a la verdad.

## **ELGRANODEARENADE ROBERT KOCH A LA MICROBIOLOGÍA (1843 – 1910)**

Desde el principio de los tiempos las enfermedades han aquejado a las personas; entre ellas la tuberculosis, la cual es responsable de alrededor de 1.5 millones de muertes anuales a nivel mundial. Dado que Robert Koch se considera uno de los principales personajes que aportó a la microbiología, se analizó su trayectoria, así como sus postulados y aportes que le permitieron proporcionar avances históricos para el descubrimiento del bacilo responsable de la tuberculosis. De igual manera, la incidencia de estos aportes contribuyó al diseño de tratamientos que proporcionaron esperanza para quienes padecían esta enfermedad.

El tiempo que ha tomado recorrer el camino de la investigación de enfermedades ha sido largo y difícil; por un lado, han estado los que se preocupaban por encontrar las causas y tratamientos para las mismas y por el otro, aquellos a los que les era totalmente indiferente tal situación, tanto así que cuando los primeros intentaban hallar soluciones, los segundos solo intentaban desprestigiarlos. Afortunadamente Robert Koch médico y microbiólogo alemán, perteneció

al primer grupo y sin importar las opiniones de los segundos, dedicó su vida a hacer aportaciones relacionadas con enfermedades emergentes propias de la época y que algunas de ellas, tales como la tuberculosis, siguen vigentes. Sin embargo, gracias a que Koch propuso diversos postulados, ha sido más sencillo hallar tratamientos para estas enfermedades, que afectan tanto a humanos como a animales.

Estos aportes ubicados en diferentes momentos históricos y en compañía de otros grandes exponentes de la ciencia, permiten ahora analizar con mayor profundidad, la manera como debe ser tratada la tuberculosis y las razones por la cuales Koch será siempre reconocido como el padre de la Microbiología Moderna.

Hoy en día es importante resaltar la trascendencia que tienen muchos hallazgos desde la antigüedad hasta la actualidad, hallazgos que indiscutiblemente cambiaron el curso de la ciencia e investigación, y que sin ellos nada de lo que se conoce actualmente sería como es.

Castillo<sup>(11)</sup> (2007) menciona que Robert Koch, en 1882 dio la gran sorpresa de ser el primero en aislar microorganismos y ser el primero en descubrir el bacilo que produce la enfermedad de tuberculosis. Desarrolló junto a un equipo de investigación las primeras técnicas de cultivo bacteriano, siendo el primero en utilizar el agar en vez de gelatina

para solidificar los medios de cultivo. Koch también fue el primero en cultivar bacterias en una cajita de cristal llamada caja de Petri, gracias a su colaborador Julius Petri, obteniendo así los primeros cultivos puros de bacterias. Además desarrolló las primeras técnicas de preparación y tinción de bacterias, logrando utilizar por primera vez el microscopio de inmersión, obteniendo la primera fotografía de bacterias nunca antes publicada.

Pero lo que realmente lo hizo famoso a nivel mundial, fue el descubrimiento de la bacteria causante de la tuberculosis, como lo menciona Parra<sup>(12)</sup> (2013), agregando además que la misma es una enfermedad infecciosa. A partir de sus descubrimientos sobre la tuberculosis logró redactar su más famoso postulado que afirmaba que “*organismos específicos causan enfermedades específicas*”, esto es de gran importancia en la actualidad, pues permitió que se desarrollaran tratamientos para la enfermedad según lo mencionado por Pérez-Cruz<sup>(13)</sup> (2009).

En este contexto es imposible negar la trascendencia e importancia de Robert Koch en la Microbiología, pues gracias a su gran curiosidad y búsqueda incansable del conocimiento, aportó un grano de arena en esta montaña de pensamiento científico, al ser quien descubrió nuevos microorganismos patógenos responsables de enfermedades en humanos y animales. Estos aportes permitieron el descubrimiento de

nuevos tratamientos para enfermedades como la tuberculosis, una de las diez causas principales de muerte a nivel global, situación que evidencia que las aportaciones de su trabajo científico, contribuyeron a mejorar la calidad de vida de la sociedad en general.

## **CONOCIENDO A JULIUS RICHARD PETRI (1852 – 1921)**

Desde la antigüedad el cultivo de bacterias y microorganismos ha sido uno de los principales focos de investigación, por lo cual era necesario tener un recipiente en el cual realizar los medios de cultivo, situación que inquietaba a Petri bacteriólogo alemán, a tal punto que se dedicó a encontrar la solución de este problema, dando en el año 1877 la gran noticia de haber diseñado el primer recipiente adecuado para el cultivo de bacterias, este en un principio de vidrio, se constituyó en un instrumento de gran importancia pues sería uno de los más importantes para potencializar el desarrollo de la microbiología como ciencia.

En la ciencia, la placa de Petri es uno de los instrumentos de laboratorio más utilizados, el cual consta de un recipiente redondo de cristal o plástico transparente, de tamaño práctico, que permite el aislamiento de materiales biológicos en proceso de estudio, aunque no de forma hermética. Este instrumento lleva el nombre de quien realizó tan indispensable invención, pero ¿Qué sabemos realmente de Julius Petri?

Fresquet Ferrer <sup>(9)</sup> (2019) afirma que Julius Richard Petri nació el 31 de mayo de 1852 en Barmen (Alemania), fue médico, bacteriólogo y microbiólogo que hizo aportes para que, a partir de 1877, el hombre pudiese crear un universo artificial en el que se pudieron observar procesos hasta entonces escondidos para el ser humano. Tras realizar estudios primarios y secundarios, como Richard Pfeiffer (1858-1945), Petri se formó como médico militar en la Kaiser Wilhelm Akademie für Medizin entre 1871 y 1875.

Sin embargo, el aporte con el que pasó a la historia es la placa que lleva su nombre, la cual se utiliza ampliamente en el mundo de la Microbiología. A finales del siglo XIX, en aquel entonces la imposible tarea de estudiar las bacterias se convirtiese en algo tremendamente sencillo, a través de un método en el cual se utilizó un recipiente simple, que demostraría ser ideal para conformar un campo de cultivo fácilmente visible. Ledermann <sup>(10)</sup> (2003) menciona que la placa de Petri marcó un antes y un después en el cultivo de microorganismos, impactando así el estudio de sus características y la dinámica de su crecimiento. Hasta la invención de Petri, los microorganismos se cultivaban en un caldo líquido que normalmente se contaminaban y había que desecharlos. En medio sólido se usaba agar o gelatina fundida a un lado de un tubo de ensayo. Se trataba, sin duda, de un procedimiento engorroso que, además, no permitía obtener colonias

separadas y resultaba imposible ver a través del cristal. También se utilizaban planchas de vidrio plano para cultivar colonias de bacterias en un medio de gelatina. Se cubrían con una gran campana y luego lo sometían todo a una determinada temperatura.

Se puede concluir que la invención de Petri facilitó, en muchos sentidos los estudios de microorganismos y que, además esta herramienta no es exclusiva de la Microbiología; pues a través de la historia se han utilizado en los laboratorios de Biotecnología, Sanidad, Epidemiología y Medicina.

### **HANS CHRISTIAN GRAM: REFERENTE DE LA TINCIÓN MÁS IMPORTANTE EN LA MICROBIOLOGÍA (1853 – 1938)**

Bacteriólogo con aportes importantes en la Microbiología, tales como el desarrollo de la Tinción de Gram, que permitió el estudio de bacterias en biopsias de tejidos. Sus investigaciones dieron lugar al descubrimiento de un nuevo mundo microscópico, utilizando métodos de amplio uso en la microbiología, contribuyendo así a la clasificación de bacterias y al uso de técnicas que aumentaban su visibilidad al microscopio. La mayoría de sus aportes fueron alcanzados a la edad de cincuenta años.

En la década de 1880, en un hospital de Berlín trabajó el médico danés Hans Christian Gram, quien desarrolló la más

importante tinción bacteriológica, de acuerdo a lo mencionado por Lederman <sup>(7)</sup> en 2003. Gram desarrolló una técnica de tinción en la cual observaba bacterias en tejidos de pulmones de pacientes que morían de neumonía. Descubrió todo un nuevo mundo revelando una herramienta de vital importancia, para diferenciar grandes grupos bacterianos por microscopía.

Gerard <sup>(8)</sup> en su libro de microbiología (2017) hace referencia a los científicos que aportaron biología, mencionando a Gram como pionero microbiólogo siempre recordado por su técnica conocida como la coloración o tinción de Gram por atributo a él, la cual permitió distinguir a las bacterias por sus distintos colores.

En conclusión, muchos fueron los honores que Hans Christian Gram dejó su legado en el mundo científico. Siempre estará reflejado a diario en facultades y hospitales gracias a su técnica y con su apellido en este descubrimiento: la Tinción de Gram.

### **FLEMING Y SU DECUBRIMIENTO CASUAL QUE CAMBIÓ LA MICROBIOLOGÍA (1881 – 1955)**

Alexander Fleming (nació el 6 de agosto de 1881 y murió 11 mayo 1955) fue un científico británico influyente, conocido principalmente por el descubrimiento de las propiedades antibacterianas de la penicilina.

Quevedo <sup>(14)</sup> en el año 2011 menciona que Fleming es importante porque fue el descubridor de la penicilina en 1928, que se dio por una serendipia (término designado a los descubrimientos casuales y accidentales de la vida cotidiana pero que están muy relacionados con la microbiología).

De acuerdo a Gómez y López <sup>(15)</sup> (2006), una de las personas que desempeñó un papel fundamental en la terapéutica artificial fue Alexander Fleming, fue un hombre de leyenda y figura fundamental en el desarrollo de la quimioterapia. Sin embargo, su nombre está ligado al de su maestro Sir Almroth Wright quien, al acogerlo en su grupo de trabajo, hizo posible el comienzo de los estudios que culminarían con el descubrimiento de la penicilina, que supuso el desencadenamiento de la denominada “revolución antibiótica”. Wright, fue su maestro y fue quien transmitió a Fleming valiosos valores científicos y le dio absoluta libertad a la hora de investigar, permitiéndole con ello el desarrollo científico del considerado “padre de la revolución antibiótica”.

Se puede concluir que en la ciencia a veces, se realizan descubrimientos cuando no se están buscando, pero son importantes para la sociedad, como es el caso de la penicilina descubierta por Fleming y que a lo largo de los años ha salvado millones de vidas, gracias a la actitud impetuosa de este importante referente para la Microbiología.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Opal SM. A Brief History of Microbiology and Immunology. In: Artenstein A. (eds) Vaccines: A Biography. 2010. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1108-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1108-7_3)
2. Gest H. Fresh views of the 17th century discoveries by Hooke and van Leeuwenhoek. *Microbe*. 2007, (2):483–488
3. Johnson S. The ghost map: the story of London’s most terrifying epidemic and how it changed science, cities and the modern world. Riverhead Books; Illustrated ed. 2007.p. 336
4. Arango, A. Evolución histórica de la microbiología y el bioanálisis en Colombia. *Hechos microbiológicos*. 2010,1(1):93-100.
5. Trujillo, F. Construcción y uso de réplicas del microscopio de Leeuwenhoek como estrategia para motivar a los estudiantes de educación primaria y secundaria al descubrimiento y estudio del mundo microscópico. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 2015,1(24):69-80.
6. Allan, C. El genio olvidado de Robert Hooke. *Revista Naukas Ciencia, Escepticismo y Humor*. 2013, 1 (2): 68 Disponible en: <https://naukas>.

com/2013/06/11/el-genio-olvidado-de-robert-hooke/

7. Barcat, J. Robert Hooke. *Revista Medicina*. 2003, 63 (6):753-756 Disponible en: <https://www.medicinabuenaaires.com/demo/revistas/vol63-03/6/Robert%20Hooke.PDF>
5. García, J. La tragedia de Louis Pasteur. *Medicina y Cine*. 2005; 1 (2): 29-35.
6. Restrepo, A. Louis Pasteur: In memoriam. *Revista la Treia*. 1996; 9 (1): 22-27.
7. Lederman, W. Colones y Pinzones de la Microbiología. *Revista chilena de infectología*. 2003. 20 (1):18-20.
8. Gerad Tortora, B. *Introducción a la Microbiología* 9ª ed. Bogotá: Panamericana.; 2017.p.690
9. Fresquet Febrer, J. Julius Richard Petri. *Leipzig*. 2019 (2):289-311. Disponible en internet en: <https://www.historiadelamedicina.org/pdfs/petri.pdf>
10. Ledermann, W. En los 500 años del descubrimiento: colones y pinzones de la microbiología. *revista chilena de infectología*. 2003 (20):18-20. disponible en internet en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0716-10182003020200004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0716-10182003020200004)
11. Castillo, C. Los postulados de Koch: revisión histórica y perspectiva actual. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 2007, (2):262-266.
12. Parra, J. Breve historia de la tuberculosis. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*. 2013, 70 (605):145-150.
13. Pérez Cruz, H. Historia de la lucha antituberculosa. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2009, 8(2): 0-0.
14. Quevedo, F. Serendipia y microbiología. *Ciencias e investigación*. 2011, 14(1):46-47.
15. Gómez, Ml y López, Mt. Las claves de una época: Wright y Fleming. *Rev Esp Quimioterap*. 2006, 2(19):187-192.

# Uso potencial de *cianobacterias* en consorcios microbianos para la recuperación de suelos deficientes en nutrientes en Colombia

*Cadena, J., Borja, R., Tapia-Larios C<sup>1</sup>.*

## RESUMEN:

La preocupación por la conservación del medio ambiente en el mundo es cada vez mayor, la creación de nuevas técnicas para la recuperación del ambiente ante procesos de degradación se ha convertido en prioridad. Desde hace varios años se ha apuntado al desarrollo de métodos innovadores para la recuperación de suelos contaminados o carentes de sus principales nutrientes. Los suelos infértiles son aquellos que no disponen de los componentes necesarios como el Nitrógeno y el Fósforo, por lo que la implementación de consorcios microbianos con cianobacterias propone una excelente alternativa para el desarrollo de estas nuevas tecnologías que sustituirían a las convencionales con el uso de químicos. Hemos generado una extensa revisión bibliográfica con el objetivo de identificar los mecanismos aplicados y el grado de efectividad de los consorcios de cianobacterias en la recuperación de elementos esenciales necesarios para la fertilidad del suelo.

**PALABRAS CLAVE:** Cianobacterias, consorcio microbiano, suelos infértiles, Nitrógeno.

---

<sup>1</sup> Universidad Libre Barranquilla-Colombia. Gestión Ecológica Agroindustrial (GEA).  
Autor de correspondencia: Claudia Tapia-Larios. [claudiam.tapial@unilibre.edu.co](mailto:claudiam.tapial@unilibre.edu.co)

## **Potential use of cyanobacteria in microbial consortia for the recovery of nutrient deficient soils in Colombia.**

### **ABSTRACT**

The concern for the conservation of the environment in the world is increasing, the creation of new techniques for the recovery of the environment in the face of degradation processes has become a priority. For several years, the development of innovative methods for the recovery of contaminated soils or those devoid of their main nutrients has been aimed at. Infertile soils are those that do not have the necessary components such as Nitrogen and Phosphorus, so the implementation of microbial consortiums with cyanobacteria proposes an excellent alternative for the development of these new technologies that would replace conventional ones with the use of chemicals. We have generated an extensive literature review with the aim of identifying the mechanisms applied and the degree of effectiveness of cyanobacterial consortia in the recovery of essential elements necessary for soil fertility.

**Keywords: Key words:** Cyanobacteria, microbial consortium, infertile soils, Nitrogen



## INTRODUCCIÓN

Actualmente las prácticas convencionales que se llevan a cabo en la industria agrícola, no sólo con el uso de fertilizantes de base química, sino también en lo que respecta al enriquecimiento del suelo con el que se trabaja, está causando un impacto desfavorable en nuestro medio ambiente (Jazmín, 2019 <sup>1</sup>). Los consorcios microbianos formados por cianobacterias tienen una distribución muy amplia en la naturaleza, tanto en ambientes acuáticos como terrestres (Gonzales 2005 <sup>2</sup>). Las cianobacterias pueden ser consideradas como microorganismos emergentes para la agricultura sostenible, ya que han sido utilizadas para la eliminación de fertilizantes de base química y la implementación de tecnologías verdes (Hernández et al. 2016 <sup>3</sup>).

En la literatura y en la práctica se ha trabajado con costras biológicas de suelo o biocostras (BSC) (Navas et al. 2020 <sup>4</sup>) evaluando las diferentes capacidades de las cianobacterias en consorcios microbianos, ya sea con otras cianobacterias o con diferentes organismos como bacterias fijadoras de nitrógeno o solubilizadoras de fosfato (Amorín et al. 2019 <sup>5</sup>). El desarrollo reciente de estas técnicas basadas en la inoculación microbiana ha sido exitoso para acelerar el establecimiento de las BSC, mejorar la calidad del suelo, reducir la erosión, aumentar la adherencia de las partículas y aumentar el secuestro de Carbono.

Las costras biológicas del suelo son comunidades de microorganismos (cianobacterias, bacterias, líquenes y musgos) que se forman en la superficie del suelo y desempeñan un papel crucial en la dinámica del ecosistema. Los organismos de la comunidad de BSC fijan el nitrógeno atmosférico y estabilizan el suelo con partículas utilizadas para la secreción de exopolisacáridos; y desarrollan redes de filamentos en expansión (Kheirfam et al. 2019 <sup>6</sup>).

En Colombia, los procesos de recuperación apuntan a suelos degradados como resultado de la mala implementación de prácticas agrícolas que afectan la calidad del suelo y su biodiversidad (Rodríguez 2014 <sup>7</sup>). Las técnicas que implementan el uso de cianobacterias buscan garantizar que eventos como la pérdida de fijación biológica de Nitrógeno producto de la inadecuada implementación de fertilizantes y pesticidas no generen un impacto negativo en los diferentes cultivos de la agroindustria (Jangir et al. 2020 <sup>8</sup>).

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es identificar el potencial uso de las cianobacterias en consorcios microbianos para la recuperación de suelos deficientes en sus principales nutrientes. Se describen los mecanismos más utilizados y efectivos a nivel mundial para la implementación de las cianobacterias como biofertilizantes. Además, se identifican las mayores

áreas afectadas por la degradación de los suelos en el territorio colombiano.

## **MECANISMOS Y TÉCNICAS CON EL USO DE CIANOBACTERIAS PARA LA RECUPERACIÓN DEL SUELO**

La salud del suelo es clave no sólo para la productividad agrícola, sino para todos los servicios ecosistémicos que se prestan en términos de mantenimiento de la calidad del agua, el aire y los alimentos. El continuo aumento de la población humana y el agotamiento de los recursos energéticos naturales suponen una amenaza para las necesidades del medio ambiente. Para la preparación de biofertilizantes, se ha utilizado un enfoque más ecológico, la “tecnología verde”; por ello, se han utilizado estas cianobacterias por ser organismos procariotas con más éxito y sostenidos durante el curso de la evolución, así como emergentes para la conversión eficiente de energía radiante en energía química (Chittora et. al. 2020<sup>9</sup>).

Las cianobacterias son una fuente prolífica de bioproductos derivados de sus propiedades muy activas y sus versátiles metabolitos. Además, su capacidad inherente para fijar el nitrógeno atmosférico las hace ecológicamente importantes para los países tropicales donde actúan como biofertilizantes y ayudan a una mayor producción en los cultivos (Heimann y Cirés 2015<sup>10</sup>; Pathank et al. 2019<sup>11</sup>).

Las cianobacterias están relacionadas con la producción de fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquinas), polipéptidos, vitaminas y aminoácidos para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, se ha estudiado que los extractos de cianobacterias tienen un efecto positivo en la alimentación de cultivos como el trigo, el maíz, el arroz, el tomate y el pepino (Suresh et al. 2019<sup>12</sup>; Carciochi et. al. 2020<sup>13</sup>; Wang et. al. 2020<sup>14</sup>; Jangir et. al. 2020<sup>8</sup>). En comparación con los fertilizantes químicos, el biofertilizante de cianobacterias puede actuar como complemento de un fertilizante de Nitrógeno, aportando hasta 30 kg del compuesto. Además, se ha determinado que las especies fijadoras de nitrógeno, como las del género *Nostoc*, contribuyen a la prevención de ciertas enfermedades en las plantas (Zhou et al. 2020<sup>15</sup>). Muchas metodologías con consorcios microbianos con cianobacterias benefician la fertilidad de los suelos y se consideran una tecnología eficaz para inhibir la desertificación (Tabla 1).

En Colombia, el marco regulatorio que engloba el uso de recursos naturales como las cianobacterias se presenta en la resolución 323 de 2008 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, específicamente en el capítulo III de esta resolución, donde se determinan las “normas que deben seguirse para el adecuado uso de los componentes ecológicos que han sido dispuestos para la producción agrícola.”

**Table 1.** Metodologías para el uso de cianobacterias en la recuperación de suelos.

<b>Cianobacterias/ Consortio microbiano</b>	<b>Tipo de suelo / Cultivo</b>	<b>Metodología / Condiciones de cultivo</b>	<b>Principales resultados</b>	<b>Referencia</b>
Asociación simbiótica de <i>Azolla sp</i> , <i>Nostoc sp.</i> , <i>Anabaena sp.</i>	Suelo infértil por su alto contenido en sales	Cultivo de arroz. Riego con agua limpia, tratamiento con yeso, inoculación de cianobacterias. Cultivo de control, no se inocularon cianobacterias.	Aumento de la fertilidad del suelo y de la calidad del cultivo de arroz	Rai et al. 2019 <sup>16</sup>
Co-cultivo de <i>Anabaena sp</i> , <i>Nostoc sp</i> , <i>Calothrix sp</i> , <i>Aphanothece sp</i> .	Suelo infértil por su alto contenido en sales	Paso inicial de cribado y selección de cianobacterias en el suelo. Inoculación de cianobacterias en los suelos afectados. Evaluación de la calidad del suelo.	Determinación de la técnica de inoculación de cianobacterias en consorcios para fertilizar suelos como método eficaz y prometedor en el futuro.	Li et al. 2019 <sup>17</sup>
<i>Nostocsp</i> , <i>Anabaena.</i> , <i>Calothrix sp</i> , <i>Gloeotrichia sp</i> . <i>Microcystis sp</i> .	Suelos de arroz afectados por la rotación.	4 etapas de cultivo: implantación, ahijamiento, panícula rellena y madurez fisiológica (un total de 136 días de cultivo). Se tomaron 3 muestras al azar y se inocularon con el suelo seco.	Mediante el NMP y el índice de Simpson, se identificaron 13 géneros de cianobacterias que aumentaron la calidad del cultivo de arroz.	Sánchez et al. 2019 <sup>18</sup>
<i>Gloeocapsia sp</i> , <i>Oscillatoria amphibia</i>	Cultivos de maíz, arroz y frijoles.	6 granjas, 3 muestras cada una. Se utilizó el medio BG11 para el aislamiento. Se inocularon individualmente y en consorcio y se compararon con la fertilización química y el cultivo sin fertilizar	Tras 35 días de tratamiento, <i>Gloeocapsia sp</i> . como potencial biofertilizante y la inoculación de cianobacterias como sustituto de la fertilización nitrogenada.	Araujo et al. 2018 <sup>19</sup>

Asociación entre microorganismos fijadores de nitrógeno, actinomicetos y microorganismos solubilizadores de fosfatos	Suelos infértiles. Cultivos de hierba y leguminosas	Se trabajó con temperaturas entre 25 y 28 °C. Se midió el pH durante el proceso. Se realizaron labores de labranza, laboreo y posterior inoculación en los cultivos.	Las cianobacterias fijadoras de nitrógeno estaban presentes en mayor proporción y desempeñaban un papel importante en la reproducción de los cultivos.	Cárdenas et al. 2019 <sup>20</sup>
Consortios entre los géneros <i>Calothrix</i> , <i>Scytonema</i> , <i>Tolypothrix</i> y <i>Nostoc</i>	Suelos arcillosos e infértiles	Se tomaron muestras de 7 zonas. Extracción de ADN mediante el protocolo CTAB. Amplificación del ARNr 16S por PCR Identificando los géneros implicados en la sostenibilidad de este tipo de suelos	Se encontraron seis especies de los géneros descritos como principales habitantes de estas zonas, que mantienen estable la calidad de estos tipos de suelos.	Corrales et al. 2017 <sup>21</sup>
<i>Nostoc linkia</i> , <i>Anabaena variabilis</i> , <i>Aulosira fertilissima</i> , <i>Calothrix</i> sp., <i>Scytonema</i> sp.	Suelos deficientes en nutrientes	Se describieron los métodos de producción en masa de biofertilizantes de cianobacterias. como alimentos funcionales, como biofertilizantes, el cultivo en un sistema cerrado con luz artificial.	Se indicó que la biomasa de las cianobacterias puede utilizarse para mejorar la calidad de los productos alimenticios y las propiedades fisicoquímicas de los	Chittora et al. 2020 <sup>9</sup>
<i>Aphanothece halophytica</i>	Suelos salinos	Los principales nutrientes se sustituyeron por fertilizantes agrícolas comerciales como la urea, el superfosfato simple y el muriato de potasio.	Se identificaron medios de bajo coste, entre los que se encuentran los orgánicos-inorgánicos, los inorgánicos y los orgánicos para maximizar la tasa de crecimiento y la productividad de lípidos.	Monisha et al. 2016 <sup>22</sup>
<i>Nostoc commune</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium</i> sp.	Suelos áridos	Se identificaron las especies de cianobacterias nativas y dominantes y se midieron diferentes propiedades fisicoquímicas	las cianobacterias son capaces de colonizar suelos estables en condiciones áridas. Sin embargo, sólo se encontraron algunas especies tolerantes en suelos salinos.	Sepehr et al. 2018 <sup>23</sup>

<i>Calothrix</i> , <i>Nostoc</i> SAB-B1300, <i>Nostoc</i> SAB-M612, <i>Nostoc</i> SAB-M251, <i>Trichormus</i>	Semillas de berros	Analizaron sustancias implicadas en el efecto bioestimulante de 28 cianobacterias aisladas de diferentes medios acuáticos. Se analizó la producción de ácido salicílico, citoquininas y sideróforos in vitro.	Las cepas probadas produjeron solubilización de sideróforos o fosfatos, respectivamente. Se destacó la producción de ácido salicílico para estas cepas.	Toribio et al. 2020 <sup>24</sup>
<i>Arthrospira platensis</i>	Cultivo de arroz	Se estudió el potencial de <i>Arthrospira</i> para la coinoculación con bacterias asociadas a mucílagos de cianobacterias.	Al crecer con sustancias húmedas, aumentan la biomasa, el contenido de clorofila, carotenoides, ficocianina, proteínas, carbohidratos y lípidos.	Valero et al. 2018 <sup>25</sup>
<i>Anabaena</i> sp., <i>Nostoc</i> sp., <i>Phormidium</i> sp., <i>Scytonema</i> sp., <i>Tolypothrix</i> sp.	Suelos secos	Se aislaron y cultivaron cinco cianobacterias. Se representó un método de fijación mecánica con arena.	La cobertura, el grosor y la biomasa más elevados de la corteza artificial de cianobacterias se demostraron en el método mecánico de damero de paja.	Zhao et al. 2019 <sup>26</sup>
<i>Nostoc piscinale</i> , <i>Anabaena variabilis</i>	Cultivo de arroz	Las cepas de cianobacterias fijadoras de N, SCAU04, SCAU15 y SCAU26 mostraron una inhibición significativa (> 80%) del tizón de la vaina del arroz.	Los efectos de biocontrol de las cianobacterias contra la enfermedad se examinaron y evaluaron mediante experimentos en microcámaras	Zhou et al. 2020 <sup>15</sup>

## EFFECTOS DE LAS CIANOBACTERIAS EN SUELOS DEFICIENTES EN NUTRIENTES (NITRÓGENO Y FÓSFORO)

La inoculación de especies del género *Nostoc*, como *Nostoc commune* y *Nostoc* sp, para aumentar el rendimiento en la producción de cultivos hortícolas

(Kishore et al. 2018 <sup>27</sup>; Vinoth et al. 2020 <sup>28</sup>), han confirmado que estas especies son capaces de mejorar la fertilidad de los suelos áridos aumentando las concentraciones Nitrógeno disponible y todos los elementos que se necesitan para que el suelo se considere apto y útil para la agricultura (Pushkavera et al. 2017 <sup>29</sup>).

El uso de consorcios de cianobacterias no genera altos costos, por lo que son organismos completamente eficientes y capacitados para el proceso (Muñoz et al. 2018 <sup>30</sup>; Hamidreza et al. 2020 <sup>31</sup>). Los resultados pueden compararse con tratamientos en los que no se utilizan estos microorganismos, apreciándose un aumento considerable en el rendimiento

de la fijación de Nitrógeno por parte de las cianobacterias del género *Nostoc* o del género *Oscillatoria* (Malyan et al. 2020 <sup>32</sup>) Varios estudios demuestran que la implantación de cianobacterias, solas o en consorcio, tiene un efecto positivo sobre los valores de Nitrógeno principalmente en suelos degradados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efectos de las cianobacterias en el rendimiento de los cultivos en suelos deficientes en Nitrógeno.

Tipo de suelo	Especie usada	Resultados de recuperación de suelos	Tipos de cultivos experimentados	Referencia
Suelo semiárido	<i>Nostoc</i> sp	Conveniencia de concentrar los nutrientes de las aguas residuales industriales en biomasa de cianobacterias fijadoras de N para su reutilización en la fertilización de cultivos.	Cultivos de trigo en suelos artificiales semiáridos.	Do Nascimento et. al. 2019 <sup>33</sup>
Suelo degradado con baja fertilidad	<i>Nostoc</i> sp.	la inoculación y fertilización de las cianobacterias mostró valores superiores en el rendimiento en comparación con los tratamientos en los que no se utilizó <i>Nostoc</i> .	Cultivos de <i>Helianthus annuus</i> (girasol)	Sotelo et al. 2016 <sup>34</sup>
Suelos secos	<i>Nostoc commune</i>	Se determinó la optimización de la producción de biomasa de cianobacterias y la viabilidad que representa el N en comparación con los productos químicos para la fertilización del suelo.	Se tomaron diferentes muestras de la zona mencionada.	Roncero et al. 2019 <sup>35</sup>
Suelos degradados con aspecto semiárido (por defecto).	<i>Nostoc</i> sp. Y <i>Oscillatoria</i> sp.	Se identificó un aumento en los valores de fijación de N con la inoculación de la cianobacteria en comparación cuando no se inoculó en las muestras.	No hay ningún cultivo específico. Trabajaron directamente con las muestras que se tomaron.	Kheirfam et al. 2019 <sup>6</sup>
Suelo minero semiárido con altas temperaturas.	<i>Nostoc commune</i> , <i>Tolypothrix distorta</i> y <i>Scytonema hyalinum</i> .	La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno aumenta la capacidad del suelo para responder a otros procesos importantes como la captación de carbono.	Sin cultivo específico. Se trabaja con suelo natural, suelo superficial y suelo de desecho.	Muñoz et al. 2018 <sup>30</sup>

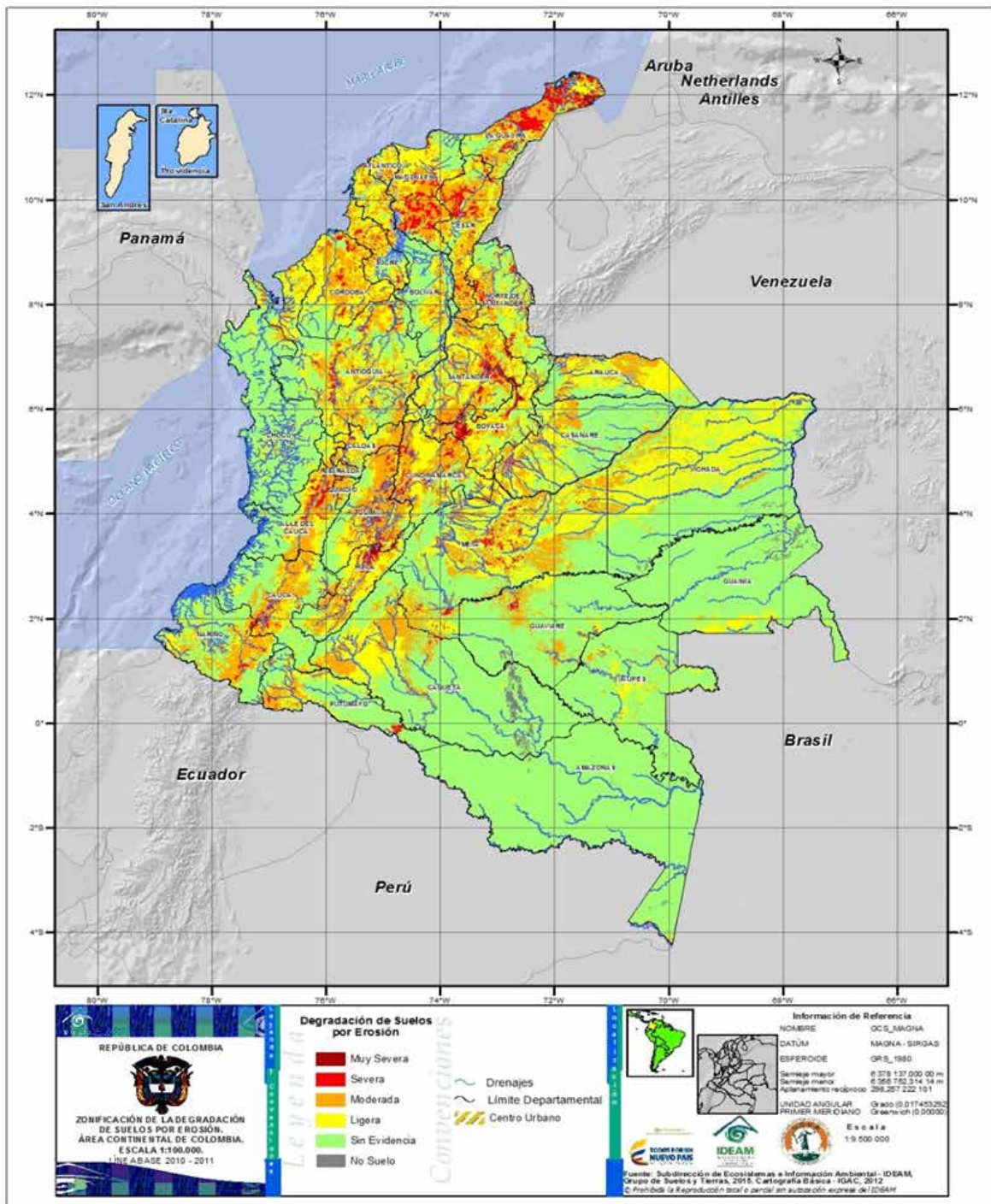
Suelos extremadamente secos y alta resistencia a la irradiación	<i>Nostoc flageliforme</i>	Se realizó un análisis transcriptómico de muestras de <i>N. flageliforme</i> en respuesta a las bajas temperaturas, lo que implica una importancia del uso del N en la resistencia al estrés.	Muestras de <i>N. flageliforme</i> en respuesta a las bajas temperaturas.	Gao et. al. 2020 <sup>36</sup>
Suelos sometidos a bajas temperaturas	<i>Anabaena sp.</i> , <i>Merismope dia tenvissima</i> y <i>Arthrospira platensis.</i>	Estas cianobacterias fueron aisladas, purificadas e identificadas por morfología y mediante el 16s r-RNA.	Muestras de estas cepas bajo diversas concentraciones de nitrógeno.	Ahmed et. al. 2020 <sup>37</sup>
Suelos áridos, semiáridos, mediterráneos y húmedos	<i>Nostoc sp.</i> , <i>Anabaena sp.</i>	Se identificaron costras biológicas del suelo a lo largo de un gradiente climático en Chile, utilizando cianobacterias fototróficas en el ciclo biogeoquímico del fósforo.	Suelos áridos, semiáridos, mediterráneos y húmedos.	Baumann et al. 2018 <sup>38</sup>
Suelos sometidos a diferentes temperaturas	<i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i>	Las cianobacterias se utilizaron como recurso biológico, comercial y sostenible en la producción de biofertilizantes partir de aguas residuales.	Suelos sometidos a diferentes temperaturas.	Shankar et al. 2016 <sup>39</sup>

## EVALUACIÓN DE LOS SUELOS EN COLOMBIA Y SU POSIBLE TÉCNICA DE RECUPERACIÓN

En Colombia, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se encarga de clasificar y estudiar los tipos de suelos que tiene el país. Entre estos encontramos andisoles, ultisoles, oxisoles, vertisoles, aridisoles, entisoles e inceptisoles (Malagón 2016 <sup>40</sup>). Cuando se habla de suelos desérticos en Colombia, se suelen mencionar únicamente los desiertos de La Guajira o el de la Tatacoa. Sin embargo, existen muchas otras zonas a lo largo del territorio que, aunque no son consideradas como desérticas, tienen suelos áridos y semiáridos que merecen

ser estudiados y a los que se les puede implementar técnicas de recuperación. La Figura 1 muestra un mapa que facilita la comprensión de las zonas de Colombia que necesitan ser intervenidas por el deterioro de los suelos. Se observa una gran zona afectada hacia el norte del país en toda la región Caribe, principalmente en la zona que comprende el desierto de la Guajira. Además, se evidencia la degradación de los suelos hacia otras zonas del centro y oriente del país. Teniendo en cuenta la zona afectada y el nivel de degradación que presenta, se podrá determinar qué metodología sería la más adecuada para la aplicación de tratamientos con cianobacterias que contribuyan a la restauración del suelo.

**Figura 1.** Principales áreas degradadas por la erosión en Colombia. Tomado de SIAC-IDEAM, 2015.





## APLICACIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN DIFERENTES REGIONES COLOMBIANAS

Para la región Andina/Central, donde los suelos se caracterizan por su alta pluviosidad (SIAC 2015 <sup>41</sup>), se sugiere la implementación de la metodología utilizada por Baumann et al. <sup>38</sup>(2018); donde se utiliza un consorcio entre especies de los géneros *Nostoc* y *Anabaena* para el tratamiento de fertilidad de diferentes tipos de suelos incluyendo los suelos húmedos.

En cuanto a la región del Caribe, donde existen extensas zonas áridas y que han sido sometidas a intensas actividades agrícolas; los consorcios implementados deben contrarrestar el alto grado de degradación que presentan estos suelos. Es por ello por lo que se sugieren metodologías utilizadas por autores como Do Nascimento et al. <sup>33</sup> (2019); donde utilizan cepas de *Nostoc sp.* para aumentar el rendimiento de cultivos como el maíz (Muñoz et al. 2018 <sup>30</sup>). Implementan consorcios microbianos con especies como *Nostoc commune*, *Tolypothrix distorta* y *Scytonema hyalinum* en suelos con condiciones de aridez y que están expuestos a altas temperaturas. Estas condiciones son similares a las de la región del Caribe, y es pertinente considerar que este consorcio descrito anteriormente podría ser adecuado también para estas zonas. Por último, para la región oriental/sur, las intervenciones deberían dirigirse principalmente a la región de

la Orinoquía. (Corrales et al. 2017 <sup>21</sup>), utilizaron un consorcio entre géneros de *Calothrix*, *Scytonema*, *Tolypothrix* y *Nostoc* en suelos con baja cantidad de nutrientes y considerados infértiles. El consorcio resultó ser eficaz para tratar suelos abandonados o que no estaban siendo tratados adecuadamente. La baja fertilidad de varias zonas de la Orinoquía y la escasa presencia de nutrientes, hacen que las condiciones sean similares a las de la metodología propuesta. Por lo tanto, es posible que este consorcio pueda ser utilizado.

## CONCLUSIONES

La implementación de nuevas técnicas para el manejo de suelos infértiles y deficientes de sus principales nutrientes en la agricultura y en ambientes degradados en general, debe ser vista como la mejor alternativa para combatir esta problemática. Siendo estas técnicas un recurso indispensable en el campo, las cianobacterias proponen una opción eficiente y eficaz para el desarrollo de estas nuevas metodologías de trabajo. Por ello, se debe considerar y poner en marcha el trabajo de estos microorganismos, unificando su uso a nivel nacional para eliminar gradualmente el uso de fertilizantes de base química. Las técnicas convencionales están perdiendo su eficacia en la agricultura y es pertinente recurrir a los nuevos avances de la biotecnología para contrarrestar este problema. Una correcta evaluación de los suelos afectados, identificando

cuáles son las necesidades más urgentes que requiere en cuanto nutrientes es lo primero que se debe hacer para determinar qué metodología de trabajo se debe seguir.

Los géneros como *Nostoc*, *Anabaena*, *Phormidium*, *Scytonema* y *Tolypothrix* pueden ser utilizados en las restauraciones de estos suelos, aumentando la disponibilidad de nutrientes como el Nitrógeno y el Fósforo. La fijación del Nitrógeno y la solubilización del Fósforo son procesos fundamentales que deben llevarse a cabo en el suelo para el correcto desarrollo de los cultivos. Estas especies, representan una herramienta útil para añadir compuestos esenciales en sus formas disponibles cuando se carece de ellos en el entorno. En Colombia, existen numerosos lugares que requieren la implementación de este tipo de técnicas. Sin embargo, su uso no es muy común, por lo que la difusión de este tipo de conocimiento en el país debe ser mayor.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Jazmín-Marín, D. Impacto del uso de biofertilizantes a base de residuos orgánicos en los suelos. Tecnológico Nacional de México, División de Ingeniería Industrial. Conciencia Tecnológica 2019, 58; 47-50.
2. González-Chávez, M. D. C. Á. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos

rizosféricos. Terra Latinoamericana 2005, 23(1), 29-37.

3. Hernández, D. J., Carmona, J., Hidalgo, M. E., Dendooven, L., Marsch, R., Cañizares, R. O. Identificación morfológica y filogenética de un consorcio microbiano fotosintético de posible interés biotecnológico. Scielo. Hidrobiológica 2016, 26(2) 301-309.
4. Navas Romero, A. L., Herrera Moratta, M. A., Martínez Carretero, E., Rodríguez, R. A., Vento, B. Spatial distribution of biological soil crusts along an aridity gradient in the central west of Argentina. Journal of Arid Environments 2020, 176. doi: 10.1016/j.jaridenv.2020.104099.
5. Amorin, C. A., De Moura-Falcão, R. H., Valença, C. R., De Souza, V. R. Allelopathic effects of the aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* L. on phytoplankton species: Contrasting effects between cyanobacteria and chlorophytes. Acta Limnologica Brasiliensia, 2019. doi:10.1590/s2179-975x1419.
6. Kheirfam, H., Sadeghi, S., Darki, B. Soil conservation in an abandoned agricultural rain-fed land through inoculation of cyanobacteria. Catena 2019. doi.org/1016/j.catena.2019.104341

7. Rodríguez, C. Enriquecimiento de microorganismos fijadores de Nitrógeno de vida libre provenientes de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas. ResearchGate 2014. doi:10.13140/RG.2.2.10619.11043.
8. Jangir, H., Bharadwaj, A., Srivastava, G., Das, M. Fertilizer-free cultivation of wheat in nutrient – deficient soil by treating the seeds with nanopyrite. Nanotechnology for Environmental Engineering 2020, 5. doi: 10.1007/s41204-020-00072-2.
9. Chittora, D., Meena, M., Barupal, T., Swapnil, P. Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture. Biochemistry and Biophysics Reports. 2020, 22. doi: 10.1016/j.bbrep.2020.100737.
10. Heimann, K., Cirés, S. Chapter 33: N<sub>2</sub>- Fixing Cyanobacteria: Ecology and Biotechnological Applications. Handbook of Marine Microalgae. 2015, 501-515, doi: 10.1016/B978-0-12-800776-1.00033-9.
11. Pathank. J., Ahmed. H., Singh. P., Singh. S., Hader. D., Sinhs. R. Chapter 7 – Mechanisms of Photoprotection in Cyanobacteria. Cyanobacteria from Basic Science to Applications 2019, 145-171. doi: 10.1016/B978-0-12-814667-5.00007-6.
12. Suresh, A., Soundararajan, S., Elavarasi, S., Lewis, O., Thajuddin, N. Evaluation and characterization of the plant growth promoting potentials of two heterocystous cyanobacteria for improving food grains growth. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 2019. doi: 10.1016/j.bcab.2019.01.002.
13. Carciochi, W.D., Salvagiotti, F., Pagani, A., Reussi Calvo, N.I., Eyherabide, M., Sainz Rozas, H.R., Ciampitti, I.A. Nitrogen and sulfur interaction on nutrient use efficiencies and diagnostic tools in maize. European Journal of Agronomy. 2020, 116. doi: 10.1016/j.eja.2020.126045.
14. Wang, J., Wang, Y., He, N., Ye, Z., Chen, C., Zang, R., Feng, Y., Lu, Q., Li, J. Plant functional traits regulate soil bacterial diversity across temperate deserts. Science of the Total Environment. 2020, 715. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136976.
15. Zhou, Y., Bao, J., Zhang, D., Li, Y., Li, H., He, H. Effect of heterocystous nitrogen-fixing cyanobacteria against rice sheath blight and the underlying mechanism. Applied Soil Ecology 2020. doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103580.
16. Rai A.K., Singh M.B. Syiem. Chapter 23- Plant Growth- Promoting Abilities in Cyanobacteria. Cyanobacteria, From Basic Science

- to Applications 2019, 459-476. doi: 10.1016/B978-0-12-814667-5.00023-4.
17. Li. H., Zhao. Q., Huang. H. Current states and challenges of salt-affected soil remediation by cyanobacteria. *Science of The Total Environment* 2019. 669. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.104.
  18. Sánchez. C., Benintende. M., Benintende. S. Población de cianobacterias en suelos arroceros: efecto de las rotaciones. *Revista Argentina de Microbiología* 2019, 51 (1): 71-76.
  19. Araujo, D., Hernández, R., Vanegas, J. Efecto de la Inoculación de Cianobacterias en Cultivos de Interés Comercial en Zonas Semiáridas de La Guajira – Colombia. *Colombian Journal of Agroindustrial Research*. 2018, 5(1), 20–31, doi:10.23850/24220582.889.
  20. Cárdenas, E., Sánchez, J., Barrera, F., Tenjo, A., Espitia, J. Efecto de la renovación de praderas con Gramíneas y Leguminosas sobre la concentración de microorganismos funcionales en suelos ácidos. *Colombian Society of Soil Science* 2019. ISSN 2665-6558.
  21. Corrales, M., Villalobos, K., Rodríguez, A., Muñoz, N., Umaña, R. Identificación y caracterización molecular de cianobacterias tropicales de los géneros *Nostoc*, *Calothrix*, *Tolypothrix* y *Scytonema* (Nostocales: Nostocaceae), con posible potencial biotecnológico. *UNED* 2017, 9(2): 280-288. ISSN 1659-4266.
  22. Monisha, M., Raj, E., Kings, A., Visvanathan, M. Identification and characterization of a novel biodiesel producing halophilic *Aphanothece halophytica* and its growth and lipid optimization in various media. *Energy Conversion and Management* 2016. doi: 10.1016/j.enconman.2016.05.041.
  23. Sepehr, A., Hassanzadeh, M., Rodríguez, E. The protective role of cyanobacteria on soil stability in two Aridisols in northeastern Iran. *Geoderma Regional* 2018. e00201. doi: 10.1016/j.geodrs. 2018.e00201.
  24. Toribio, A., Suarez, F., Jurado, M., Lopez, M., Lopez, J. Prospection of cyanobacteria producing bioactive substances and their application as potential phytostimulating agents. *Biotechnology Reports* 2020. doi:10.1016/j.btre. 2020.e00449.
  25. Valero, N., Gómez, L., Hernández, R., Araujo, D., Vanegas, J. Actividad promotora de crecimiento vegetal por cianobacterias en ambientes semiáridos, Caso La Guajira. En Vanegas J y Hernández-Benítez RH. *Potencial Biotecnológico de las Microalgas en Zonas Áridas* 2018.

Bogotá, Colombia. ISBN 978-958-15-0444-2

26. Zhao, Y., Wang, J. Mechanical sand fixing is more beneficial than chemical sand fixing for artificial cyanobacteria crust colonization and development in a sand desert. *Applied Soil Ecology*. 2019, 140. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.04.008.
27. Kishore, A., Pratap, P., Tripathi, V., Verma, H., Kumar, S., Kumar, A., Kumar, A. Distribution of cyanobacteria and their interactions with pesticides in paddy field: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management* 2018, 224. doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.039
28. Vinoth, M., Sivasankari, S., Khaleel, A., Fahad, A., Abd, E., Baskar, K. Biological Soil Crust (BSC) in an effective biofertilizer on *Vigna mungo* (L.). *Saudi Journal of Biological Science* 2020. doi: /10.1016/j.sjbs.2020.04.022
29. Pushkavera, E., Kvidevorá, J., Simek, M., Elster, J. Nitrogen fixation and diurnal changes of photosynthetic activity in Arctic soil crusts at different development stage. *Soil Biology* 2017, 79. doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.02.002
30. Muñoz-Rojas. M., Román. J.R., Roncero-Ramos., Erickson. T.E., Merritt. D.J., Águila-Carricondo. P., Cantón. Y. Cyanobacteria inoculation enhances carbon sequestration in soil substrates used in dryland restoration. *Science of The Total Environment* 2018, pp: 1149-1154. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.265.
31. Hamidreza, S., Sadeghi, M., Kheirfam, H., Zarei, B. Runoff and soil loss from small plots of erosion-prone marl soil inoculated with bacteria and cyanobacteria under real conditions. *Soil Biology* 2020, 101. doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103214
32. Malyan, S., Singh, S., Bachheti, A., Chahar, M., Sah, M., Nereder., Kumar, A., Yadav, A., Kumar, S. Cyanobacteria: A perspective paradigm for agriculture and environment. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* 2020. doi.org/10.1016/B978-0-12-820526-6.00014-2
33. Do Nascimento M., Battaglia M., Sanchez Rizza L., Ambrosio R., Arruebarrena Di Palma A., Curatti L. Prospects of using biomass of N<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria as an organic fertilizer and soil conditioner. *Algal research* 2019. doi: 10.1016/j.algal.2019.101652.
34. Sotelo, C., Zalocar, Y., Iglesias, M. Biofertilización con cianobacterias (*Nostoc* sp): efecto sobre el rendimiento del girasol (*Helianthus*

- annuus L.), en suelos del Chaco. *Agrotecnia, Revista del Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo* 2016. doi:10.30972/agr.023593.
35. Roncero, B., Román, J., Gómez, C., Cantón Y., Acién F. Production of a biocrust cyanobacteria strain (*Nostoc commune*) for large – scale restoration of dryland soils. *Journal of Applied Phycology*, Springer Nature B.V 2019. doi:10.1007/s10811-019-1749-6.
36. Gao, X., Zhu, Z., Xu, H., Liu, L., An, J., Ji, B., Ye, S. Cold adaptation in drylands: transcriptomic insights into cold-stressed *Nostoc flageliforme* and characterization of hypothetical gene with cold and nitrogen stress tolerance. *Environmental Microbiology* 2020. doi:10.1111/1462-2920.15153
37. Ahmed, I., Esmat, A., Abdel, R., Awad, M., Ebied, A., Hassan, S. The impact of nitrogen concentrations on production and quality of food and feed supplements from three cyanobacteria and potential applications in Biotechnology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020, 24, doi: 10.1016/j.bcab.2020.101533
38. Baumann K., Jung P., Samolov E., Lehnert L., Büdel B., Karsten U., Bendix J., Achilles S., Schermer M., Matus F., Osses R., Osses P., Morshedizad M., Oehlschläger C., Hu Y., Klysubun W., Leinweber P. Biological soil crusts along a climatic gradient in Chile: Richness and imprints of phototrophic microorganisms in phosphorus biogeochemical cycling. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.09.035.
39. Shankar, J., Kumar. A., Singh. M. Cyanobacteria: A sustainable and commercial bio-resource in production of bio-fertilizer and biofuel from waste waters. *Environmental and Sustainability Indicators* 2019, 3-4. doi: 10.1016/j.indic.2019.100008.
40. Malagón, D. Los suelos de Colombia. *Boletín, Sociedad Geográfica de Colombia*. 2016.
41. SIAC. Suelos en Colombia. *Erosión y Salinización. Sistema de Información Ambiental de Colombia*, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible 2015. En línea <http://siac.gov.co/sueloscolombia>.

# Gluten free, ¿moda comercial o cuestión de salud?

*Abreu Salamanca Andrés<sup>1</sup>*

## **RESUMEN:**

Actualmente encontramos en el mercado muchos productos certificados como “GLUTEN FREE”, sin embargo, ¿conocemos este concepto?, o simplemente los compramos por moda, ¿sabemos qué es el gluten?, ¿sabemos qué problemas de salud se relacionan con él?, esta sencilla revisión pretende informar al lector sobre el contexto dentro del cual se popularizaron los alimentos “GLUTEN FREE”, conceptualizar y discutir algunos aspectos sanitarios acerca del gluten, y finalmente, hacer un breve análisis sobre la necesidad real de excluir el gluten de nuestra dieta.

**PALABRAS CLAVE:** nutrición, gluten, salud.

---

<sup>1</sup> Profesor Universidad Libre Socorro. Programa de Zootecnia.

## Gluten free, commercial trend or health issue

### ABSTRACT

Currently we find many products certified as “GLUTEN FREE” on the market, however, do we know this concept? Or do we simply buy them for fashion? Do we know what gluten is? Do we know what health problems are related to it? This simple review aims to inform the reader about the context in which “GLUTEN FREE” foods became popular, to conceptualize and discuss some health aspects of gluten, and finally, to make a brief analysis of the real need to exclude gluten from our diet.

**KEY WORDS:** Nutrition, gluten, health



## INTRODUCCIÓN

Actualmente encontramos en el mercado muchos productos certificados como “GLUTEN FREE”, sin embargo, ¿conocemos este concepto?, o simplemente los compramos por moda, ¿sabemos qué es el gluten?, ¿sabemos qué problemas de salud se relacionan con él?, esta sencilla revisión pretende informar al lector sobre el contexto dentro del cual se popularizaron los alimentos “GLUTEN FREE”, conceptualizar y discutir algunos aspectos sanitarios acerca del gluten, y finalmente, hacer un breve análisis sobre la necesidad real de excluir el gluten de nuestra dieta.

### ¿QUÉ ES EL GLUTEN?

El término gluten se refiere a una familia de proteínas conocidas como prolaminas (principalmente glutenina y gliadina) que constituyen las proteínas de almacenamiento en el endospermo almidonoso de varios granos de cereales como el trigo, la cebada y el centeno. Cada tipo de cereal contiene cantidades diferentes de gluten, así como otras proteínas. Una característica benéfica de las proteínas del gluten es su visco-elasticidad, que se presta para la producción de gustosas masas y productos de panadería.

Por otra parte, los granos que contienen gluten, como el trigo, constituyen una proporción importante de la dieta en la mayoría de las culturas occidentales modernas, esto se debe en parte a su

gustosidad, y a su facilidad de cultivo y procesamiento en una amplia variedad de productos comerciales a gran escala, y a su contenido nutricional por unidad de peso (Niland y Cash, 2018).

Aunque la genética, y por ende las características fenotípicas de las plantas como el trigo se pueden modificar rápidamente, el cuerpo humano no es tan maleable para adaptarse a estos cambios. Las diferentes prolaminas (v.g. glutenina y gliadina) que componen el gluten deberían poderse digerir en el lumen intestinal una vez ingeridas, sin embargo, son moléculas peptídicas largas ricas en prolina y glutamina que son difíciles de digerir para el ser humano. Tanto las gluteninas como las gliadinas, están compuestas por cadenas similares de aminoácidos que son repetitivas. En una variedad moderna de trigo se pueden presentar hasta 45 tipos diferentes de gliadinas; estas gliadinas, a su vez, se pueden dividir por su motilidad electroforética en subunidades  $\alpha$ ,  $\gamma$ , y  $\omega$ . Cada péptido individual de gliadina puede tener diferentes propiedades biológicas que podrían estar involucradas en la patogénesis de las enfermedades relacionadas con el gluten. Además, a medida que continúen apareciendo nuevos péptidos de gluten a través de la modificación genética, que va de la mano con las prácticas propias de la agricultura moderna, más péptidos activadores del sistema inmune seguirán apareciendo en los alimentos (Niland y Cash, 2018).

## **PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON EL GLUTEN ENFERMEDAD CELIACA**

Es un desorden de origen genético que puede afectar personas de cualquier edad, las personas con enfermedad celiaca no pueden comer alimentos que contienen gluten, debido a que éste genera en ellas una reacción autoinmune que puede producir eventualmente una destrucción completa de las vellosidades que recubren la superficie interna del intestino delgado, un buen proceso de digestión y absorción de los alimentos requiere que estas vellosidades estén saludables, y las personas que padecen enfermedad celiaca producen anticuerpos que, en combinación con sustancias de naturaleza hormonal llamadas citoquinas, y la acción directa de las células del sistema inmunológico, atacan el intestino y destruyen sus vellosidades, lo cual a su vez produce malabsorción y enfermedad (Fasano y Flaherty, 2014).

Las personas con enfermedad celiaca son más propensas a sufrir desórdenes relacionados con malabsorción, como diarrea, hinchazón abdominal, pérdida de peso, náusea, vómito, anemia, osteoporosis, y defectos del esmalte dental. La autoinmunidad por enfermedad celiaca puede producir también inflamación del sistema nervioso periférico y central (gluten ataxia), problemas pancreáticos, hepáticos, biliares, y desórdenes obstétricos y ginecológicos como abortos y dificultad

para concebir. La enfermedad celiaca no tratada se ha relacionado incluso, en casos extremadamente raros, con un incremento en el riesgo de ciertos tipos de cáncer, especialmente, linfoma intestinal. Actualmente no hay medicamentos para tratar la enfermedad celiaca, y no existe cura, pero los pacientes celíacos pueden llevar una vida normal y saludable con una dieta sin gluten, esto significa que deben evitar todos los productos que contienen trigo, centeno y/o cebada. La enfermedad celiaca no es una alergia alimentaria, las alergias a los alimentos, incluyendo al trigo, son condiciones que un individuo podría superar, la enfermedad celiaca es un desorden autoinmune causado por una anomalía del sistema inmune que desencadena un ataque contra los tejidos propios; las personas que presentan la enfermedad la tendrán de por vida (Fasano y Flaherty, 2014).

## **SENSIBILIDAD AL GLUTEN NO CELIACA (SGNC)**

La sensibilidad no celiaca al gluten se refiere a pacientes con síntomas principalmente gastrointestinales, sin enteropatía, que responden sintomáticamente a una dieta sin gluten. Se sabe poco acerca de su fisiopatología, propensión a manifestaciones neurológicas, y si éstas difieren a las que presentan los pacientes con enfermedad celiaca (Hadjivassiliou et al., 2016). La sensibilidad no celiaca al gluten es un síndrome caracterizado por síntomas intestinales y extraintestinales relacionados con la ingestión de alimen-

tos que contienen gluten en individuos que no sufren de enfermedad celiaca ni alergia al gluten. La prevalencia de la SGNC no está aun claramente definida, las evidencias indirectas sugieren que es ligeramente más común que la enfermedad celiaca, que afecta menos del 1% de la población global. La SGNC se ha encontrado principalmente en adultos, particularmente en mujeres entre 30 y 50 años; sin embargo, también se han reportado casos pediátricos. Comoquiera que la SGNC puede ser transitoria, es necesario reevaluar la tolerancia al gluten a través del tiempo en pacientes con SGNC. La SGNC se caracteriza por síntomas que generalmente ocurren poco después de la ingestión de gluten, desaparecen cuando se suspende el gluten, y se presenta recaída frente a una nueva exposición al gluten después de varias horas o días. El cuadro clásico de SGNC es una combinación de síntomas parecidos a los del síndrome de colon irritable, que incluyen dolor abdominal, hinchazón, anormalidades habituales del colon como diarrea o estreñimiento, y manifestaciones sistémicas como nublada, dolor de cabeza, fatiga, dolores articulares o musculares, entumecimiento de brazos o piernas, dermatitis (eczemas o erupciones), depresión, y anemia (Catassi, 2015).

En los últimos años varios estudios han explorado la relación entre la ingestión de alimentos con gluten y la aparición de síntomas y/o desórdenes neurológicos y psiquiátricos como ataxia, neuropatía periférica, esquizofrenia, autismo, de-

presión, ansiedad, y alucinaciones (gluten psicosis). El diagnóstico de SGNC debería considerarse en pacientes con quejas persistentes (intestinales y/o extraintestinales) que presentan resultados normales para los marcadores serológicos de enfermedad celiaca y alergia al gluten cuando consumen una dieta que contiene gluten, y generalmente reportan empeoramiento de los síntomas al aumentar el consumo de alimentos ricos en gluten. La SGNC no debería ser un diagnóstico exclusivo, desafortunadamente, no hay un indicador biológico (biomarcador) suficientemente sensible y específico para propósitos de diagnóstico; por consiguiente, el diagnóstico de SGNC se basa actualmente en establecer una clara relación causa efecto entre la ingestión de gluten y la aparición de los síntomas mediante pruebas estandarizadas de exposición al gluten utilizando controles con placebos (Catassi, 2015).

## **CONSUMO DE ALIMENTOS SIN GLUTEN VS INCIDENCIA DE ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL GLUTEN**

Realmente las enfermedades relacionadas con el gluten, como la celiaca y la ataxia son condiciones raras que afectan menos del 1% de la población en el caso de Estados Unidos, a pesar de la baja frecuencia de estas enfermedades la adopción de dietas sin gluten, y el consumo de alimentos sin gluten en este país ha aumentado

considerablemente en los últimos 30 años. En 2016 se gastaron más de 15.5 billones de dólares en compras de alimentos sin gluten, lo cual representa más del doble de lo que se gastó en 2011. El vertiginoso aumento en la popularidad de las dietas sin gluten y de los alimentos sin gluten se ha visto impulsado por múltiples factores, incluyendo la divulgación a través de los medios de comunicación tradicionales y las redes sociales, marketing agresivo dirigido a los consumidores por los fabricantes y puntos de venta, y los reportes en la literatura médica y en la prensa sobre los beneficios clínicos que podría traer evitar el consumo de gluten. Las personas pueden restringir su consumo de gluten por varias razones, como mejorar sus síntomas gastrointestinales y no gastrointestinales, así como una percepción de que el gluten es potencialmente nocivo, y, por consiguiente, evitarlo representa un estilo de vida saludable; no obstante, se ha estimado que la prevalencia de la SGNC se mueve en un rango de 0.6 a 13%, y solo en un 16 a un 30% de los casos se confirma el diagnóstico, de tal manera que la mayoría de las personas que optan por evitar el gluten, lo hacen sin un diagnóstico clínico confirmado (Niland y Cash, 2018). Esta desproporción entre la incidencia de problemas de salud relacionados con el gluten y las tendencias actuales del mercado de productos sin gluten denota que posiblemente dichas tendencias están fuertemente influenciadas por factores comerciales.

Por otra parte, existen algunos riesgos para las personas que adoptan una dieta gluten free sin un diagnóstico clínico acertado, como: posibles deficiencias de algunos micronutrientes y de fibra, aumento en el contenido total de grasas en la dieta, hiperlipidemia e hiperglicemia, aumento del riesgo de enfermedades coronarias, e incluso problemas de adaptación y restricciones de carácter social.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Catassi, C. (2015). Gluten Sensitivity. *Ann Nutr Metab*; 67(suppl 2):16–26.
- Fasano A., & Flaherty S. (2014). *Gluten Freedom: The Nation's Leading Expert Offers the Essential Guide to a Healthy, Gluten-Free Lifestyle*. New York, USA. Wiley.
- Niland, B., & Cash, B. D. (2018). Health Benefits and Adverse Effects of a Gluten-Free Diet in Non-Celiac Disease Patients. *Gastroenterology & hepatology*, 14(2), 82–91.
- Hadjivassiliou M., Rao D.G., Grinewald R.A., Aeschlimann D.P., Sarrigiannis P.G., Hoggard N., Aeschlimann P., Mooney P.D., Sanders D.S. (2016). Neurological Dysfunction in Coeliac Disease and Non-Coeliac Gluten Sensitivity. *Am J Gastroenterol*. Apr;111(4):561-7

# Protocolo para la administración de hemoderivados: Revisión de literatura

*Escarpeta M Kendy, Ordóñez C Laura, Reyes T Alejandra,  
Vidal M Gisella<sup>1</sup>, Restrepo Vásquez Aleyda<sup>2</sup>*

## RESUMEN:

El manejo y la administración de hemoderivados es una actividad competente que realiza el personal de enfermería por ende es importante tener presente que un inadecuado uso de éstos puede traer consecuencias fatales en los pacientes, es fundamental un buen desempeño del personal enfermero para obtener una práctica segura. Metodología: Revisión documental con enfoque cualitativo. Criterios de inclusión: artículos publicados del año 2014 al 2019 se encontraron 95 artículos y se seleccionaron 30 por incluir los parámetros de búsqueda, la técnica se realizó por una matriz de datos y el análisis por los artículos sustentados en el proyecto. Resultados: El análisis de los resultados se realizó en tres etapas, teniendo en cuenta los cuidados: antes, durante y después de la transfusión, también se tuvo en cuenta los eventos adversos que se derivan durante y después de la transfusión, la falta de cumplimiento del protocolo y la lista de verificación establecida en cada institución.

**PALABRAS CLAVE:** transfusión sanguínea, hemocomponentes, hemovigilancia, seguridad del paciente.

---

<sup>1</sup> Estudiantes programa de Enfermería.

<sup>2</sup> Profesora facultad de ciencias de la salud. Grupo de investigación. Gerencia del cuidado.

## **“Protocol for administration of blood products: Literature review”**

### **ABSTRACT:**

The management and administration of blood products is a competent activity carried out by the nursing staff, therefore it is important to keep in mind that an inappropriate use of these can have fatal consequences in patients, a good performance of the nursing staff is essential to obtain a safe practice . Methodology: Documentary review with a qualitative approach. Inclusion criteria: articles published from 2014 to 2019, 95 articles were found and 30 were selected for including the search parameters, the technique was carried out by a data matrix and the analysis by the articles supported by the project. Results: The analysis of the results was carried out in three stages, taking into account the care: before, during and after the transfusion, the adverse events that arise during and after the transfusion, the lack of compliance of the protocol and the checklist established in each institution

**KEY WORDS:** blood transfusion, blood components, hemovigilance, patient safety

## INTRODUCCIÓN

Siendo la seguridad del paciente una preocupación mundial que tiene por objetivo la prevención de situaciones que afecten la integridad de este durante la atención es necesario, identificar la influencia del profesional de enfermería en el manejo y la administración de hemoderivados, ya que la disciplina que tienen a cargo se basa en el cuidado directo y la responsabilidad de asegurar una atención sin riesgo.

Es importante tener presente que un inadecuado uso de éstos puede traer consecuencias fatales en los pacientes, por ende es fundamental un buen desempeño del personal de enfermería para brindar una atención de calidad en las instituciones prestadoras de los servicios de salud.

Las transfusiones de hemoderivados diariamente contribuye a mejorar la calidad asistencial y la recuperación total o parcial de la salud de los pacientes, por esta razón se realizó una revisión de literatura para implementar un protocolo el cual lleva una lista de chequeo para el seguimiento en la administración de hemoderivados, donde el personal de enfermería pueda guiarse y así disminuir los eventos adversos antes, durante y después de la transfusión del hemocomponente, lo cual permite describir el proceso de administración de hemoderivados, para estandarizar y elevar la calidad en la realización de los procedimientos transfusionales.

La seguridad del paciente durante la transfusión de productos sanguíneos es responsabilidad del equipo de salud que lo está atendiendo desde su ingreso hasta el alta hospitalaria, esta atención está constituida por diferentes personas entre las que se encuentran, profesionales de enfermería y médicos que desempeñan un papel fundamental en relación con la implementación de unos cuidados seguros.

Debido a la complejidad de los sistemas de salud se han desarrollado estrategias en la cual se ha estructurado un protocolo con una lista de chequeo con el fin de asegurar el cuidado de los pacientes. para enfermería la seguridad es intrínseca al cuidado y la calidad de este, implica satisfacer las necesidades y cumplir con las expectativas de los pacientes y sus familiares, para poder brindarles unos cuidados seguros a la hora de realizar procedimientos transfusionales basados en los protocolos institucionales y guiados por la lista de chequeos .

## METODOLOGÍA

Se realizó a través de un estudio de revisión de literatura, el cual contiene las variables asociadas a las prácticas de administración de hemoderivados. Se tomaron bases de datos de acceso libre, considerando que son bases que los profesionales en general tienen acceso a los protocolos de administración de hemoderivados, basados en sus cuidados y eventos adversos.

La revisión de literatura se basó en las diferentes fuentes bibliográficas de las cuales incluyeron artículos científicos, guías, protocolos y tesis de grado, se incluyeron documentos que comprendieran desde el año 2014 hasta la fecha, en idioma español, inglés y país de procedencia.

Se registraron uno a uno los artículos que brindaran respuesta a la pregunta de investigación planteada y se hallaron 95 artículos en total, pertenecientes a PBE (Practica Basada en la Evidencia), ética en la profesión de enfermería, cuidados del profesional de Enfermería a los pacientes y artículos científicos basados en la temática de transfusión sanguínea; los cuales se encontraron en diferentes bases de datos. Del total de los artículos investigados, se cuenta con 10 en inglés.

Anexo a lo anterior se tuvieron en cuenta para la realización del estudio documentos como Guía de prácticas clínicas del Ministerio de protección de salud, protocolos de transfusión sanguínea de diferentes hospitales, tesis sobre la temática y documentos del instituto nacional de salud. El paso siguiente fue filtrar los artículos según su información, y que sirvieran como una posible solución al objetivo de la investigación.

Al concluir, se obtuvo un condensado de 30 artículos que hicieron énfasis en la administración segura de hemoderivados detallando aspectos de la seguridad del paciente y errores más frecuentes cometidos antes, durante y después de la transfusión sanguínea.

**Tabla 1.** Cantidad de artículos consultados

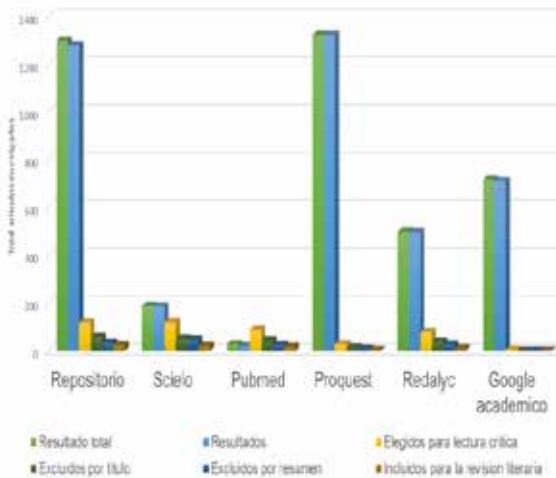
Base de datos	Resultado total	Excluidos por título	Resultados	Excluidos por resumen	Elegidos para lectura crítica	Artículos incluidos para revisión crítica	Artículos seleccionados para el estudio
Repositorio	1.300	1.280	120	99	35	26	3
Proquest	1.325	1.304	30	15	10	5	2
Redalyc	500	469	60	40	28	12	4
Scielo	189	167	122	52	48	22	10
Pubmed	29	20	90	45	27	18	8
Google académico	718	712	6	3	3	3	3
<b>Total</b>	<b>4.081</b>	<b>4.022</b>	<b>448</b>	<b>214</b>	<b>151</b>	<b>95</b>	<b>30</b>

La Tabla N.1 muestra las bases de datos que fueron consultadas para la selección de los artículos e hicieron parte de la redacción y creación del artículo.

Fuente: Elaboración propia



**Grafica 1.** Número de documentos consultados de acuerdo a las bases de datos.

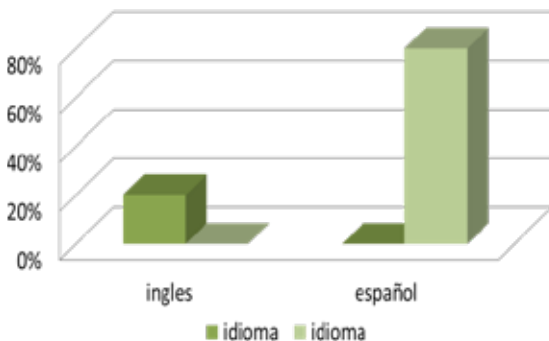


Fuente: Elaboración propia

Grafica N.1 Como podemos observar en la gráfica anterior, la base de datos más prevalente en la revisión de artículos, fue repositorio con un total de 26 artículos seleccionados para incluirse en la revisión crítica de literatura, seguida de Scielo con un total de 22, PubMed.

Se analizaron en total 95 artículos y se agruparon por idioma y país como se evidencia en las gráficas 2 y 3.

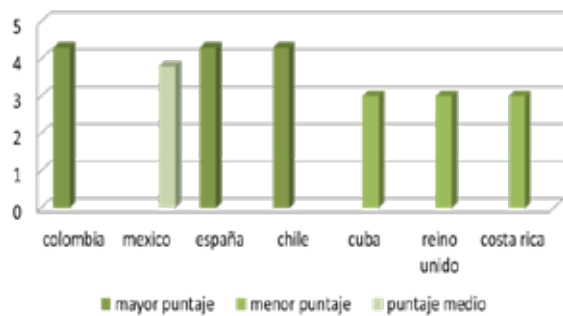
**Grafica 2.** Clasificación de los artículos según su idioma.



Fuente: elaboración propia

Grafica N2. Se encontró una prevalencia de artículos en español con un total del 80% de los artículos en las bases de datos, y un 20% de los artículos en inglés de los cuales se realizó su correcta traducción para ser utilizados en la revisión de literatura.

**Grafica 3.** Clasificación de artículos según país



Fuente: Elaboración propia

Grafica N.3 podemos observar los países en los cuales han publicado un mayor número de artículos con las palabras claves anteriormente mencionados, siendo Colombia, Chile y España con un 4.3% los países con más publicaciones, seguidos de México con un un 3.8%, seguido de Cuba, Costa Rica y Reino Unido con un 3%.

**Consideraciones éticas**

En la revisión documental realizada se tienen en cuenta los aspectos éticos, se respetan los derechos de autor teniendo en cuenta el código deontológico de enfermería. Se clasificó sin riesgo.

## Análisis

Incluye el desarrollo del artículo sustentado en referencias bibliográficas y los aportes del autor (es), con la correspondiente subtitulación.

De acuerdo con la revisión científica de la literatura, con relación a la Administración de Hemoderivados se identifica que existe una gran responsabilidad del Profesional de Enfermería durante el proceso, para evitar complicaciones del paciente durante el procedimiento (5)(8).

**Grafica 4.** Análisis de artículos consultados



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados se realizó en tres etapas, teniendo en cuenta los cuidados: antes, durante y después de la transfusión, también se tuvo en cuenta los eventos adversos que se derivan durante y después de la transfusión, la falta de cumplimiento del protocolo y de la lista de chequeo establecida en cada institución.

## ANALISIS DE LOS CUIDADOS PRE – TRANSFUSIONALES

La bioseguridad al momento de realizar una transfusión sanguínea se entendería como las acciones preventivas ante la exposición del profesional y paciente con fluidos, uso de elementos protección personal y dispositivos y procedimientos para el desecho de los insumos utilizados.

El riesgo que se considera es la posibilidad de que se produzca un evento adverso por la exposición a agentes biológicos por parte del personal que labora durante el proceso de transfusión sanguínea, ocasionado por punciones, cortes con aguja o exposición de la piel - mucosas a sangre, donde estas pueden encontrarse alteradas por alguna injuria.

- Los elementos de protección con los que debe contar el personal son: guantes, gorro, monogafas de seguridad, tapabocas y bata antifluido.
- Dispositivos y procedimientos para el desecho de los insumos utilizados que corresponde al uso de las canecas de desecho por colores según corresponda el elemento a eliminar, para tal caso se usa la caneca de color verde para elementos que no tuvieron contacto directo con el paciente, caneca roja para elementos que se encuentran contaminados con fluidos

del paciente o sangre, y guardián para todo lo referente a corto punzante como son las agujas.

## **Identificación**

Cuando se identifica la necesidad de un paciente de ser transfundido, se deben incluir cuidados como la verificación de las solicitudes de sangre y componentes, verificación del estado físico, sello de calidad, cantidad, fechas de vencimiento, tipo de componente, identificación inequívoca de unidad de componente sanguíneo para asegurar la trazabilidad entre donante, unidad y receptor de la sangre, consentimiento informado del paciente en la historia clínica, verificación del cumplimiento adecuado de la cadena frío, signos vitales, fecha de inicio y hora de la transfusión, vía de acceso (periférica, central), sitio de acceso, orientación al paciente o cuidador responsable sobre el procedimiento y el espacio para observaciones.

También es necesario llevar un registro y control de todas las transfusiones que se realizan al paciente, tanto de sangre como de hemoderivados, por cada transfusión que se realiza, por medio de una ficha que contiene los datos del receptor y todo lo acontecido en el momento de la transfusión.

Durante la entrega del hemocomponente en el banco de sangre, la bacterióloga o el personal encargado de entregarla debe tener en cuenta qué tipo de

hemoderivado y a qué hora se entrega; el profesional encargado de transfundir debe solicitar las bolsas necesarias en el tiempo preciso para evitar devoluciones y desperdicios del hemoderivado.

Posteriormente, confirma telefónicamente si ya se encuentra lista dicha reserva en el banco de sangre y solicita los equipos necesarios según el componente que se va a transfundir ; además, debe diligenciar una orden de transfusión de la persona que va a ser transfundida, donde haya registro de dos identificadores de la persona, hemocomponente a transfundir, cantidad de unidades, grupo sanguíneo de la persona, fecha, hora y nombre del personal de enfermería encargado de diligenciar la orden de transfusión.

Por otra parte, entre el personal que recoge el hemocomponente y quien lo entrega en el servicio transfusional deben realizar una lista de chequeo la cual debe incluir además de lo anterior, corrobora con la orden de transfusión, formulario de registro del hemocomponente y los adhesivos de identificación de las unidades. Luego se debe trasladar el hemoderivado en un contenedor específico, antes de la práctica transfusional están incluidos los asistenciales, son aquellos que realiza el profesional responsable de la hemotransfusión tales como: tomar muestra de sangre para clasificación sanguínea y pruebas cruzadas (pruebas de compatibilidad, rastreo de anticuerpos irregulares y hemoclasificación) las

cuales son enviadas al banco de sangre identificadas con nombre completo de la persona, número de habitación, número de historia clínica y fecha. Además, el profesional debe realizar la toma de signos vitales como tensión arterial, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal y pulso oximetría de la persona para valorar el funcionamiento de los órganos vitales, dado que el cambio de los parámetros puede ser el primer síntoma de una reacción adversa; también debe valorar el estado general de la persona, balance de líquidos, ingesta de fluidos orales y endovenosos y la eliminación urinaria.

## **ANÁLISIS DE LOS CUIDADOS EN LA ETAPA TRANSFUSIONAL**

Se reconoce la importancia de la presencia del profesional de medicina y de Enfermería en caso de presentarse un error o evento adverso en la administración de los hemoderivados, por lo tanto, se recomienda tomar una actitud restrictiva del uso de estos teniendo en cuenta primero la individualización del tratamiento y la valoración del estado clínico del paciente con sus respectivos exámenes. Además de incluir todos los aspectos mencionados en la etapa anterior, hace énfasis en cuidados como goteo lento en los primeros 10 a 15 minutos, vigilancia de reacciones transfusionales inmediatas durante este tiempo, incremento progresivo de la velocidad de infusión, toma de signos vitales y reacciones

transfusionales con registro en hoja de control, y por último, registro del acto transfusional en la historia clínica.

## **Reacciones adversas transfusionales**

Todo proceso de transfusión, bajo cualquier institución donde se realizan dicho procedimiento, ya ha debido pasar por numerosas barreras de protección (humanas, como lo son la identificación y clasificación del componente sanguíneo que se necesita; y tecnológicas, como el adecuado proceso de selección y separación de componentes sanguíneos y la respectiva conservación; además el uso adecuado de cada una de estas barreras) que buscan la efectividad del tratamiento y la seguridad del paciente.

Aunque en ocasiones estas pueden ser vulneradas por diferentes motivos, llegando a causar reacciones inmediatas, tardías o reacciones a largo plazo como son las infecciones, es allí donde debemos estar preparados para identificar un cuadro alérgico y así proceder a actuar de manera ágil para revertir o controlar las necesidades del paciente que a su momento se presenten.

Dichas reacciones solo se logran identificar con una estricta vigilancia del paciente durante el procedimiento y en caso de aparición de alguna de estas, la acción primordial y lo que debemos hacer como profesionales de Enfermería en cualquier caso, es suspender y revisar que el tratamiento si sea el adecuado para no causar más daño y las secuelas

serán tratadas según la gravedad o la afectación que cause en el paciente ya que estas no siempre tienen la misma manifestación o gravedad en todos los casos.

## **ANÁLISIS DE LOS CUIDADOS POST-TRANSFUSIONALES**

La terapia transfusional moderna requiere de iniciativas terapéuticas y educacionales para evitar transfusiones innecesarias que podrían generar un riesgo de reacciones adversas y transmisión de enfermedades.

El tema de la seguridad transfusional sigue siendo muy sensible y causa preocupación dentro de los sistemas sanitarios, los entes gubernamentales y la comunidad en general debido a los riesgos, especialmente infecciosos, que todavía puede ocasionar la terapia transfusional.

Por lo anterior, se desarrolló un programa de hemovigilancia, para ayudar en la seguridad del paciente basándose en la selección del donante adecuado cumpliendo con ciertos requisitos, la identificación correcta del paciente y

del hemocomponente que se necesita, la respectiva separación y preparación para que según el componente pueda ser usado, la adecuada conservación y la respectiva vida útil que debe tener.

## **Conclusiones**

- Se debe mejorar los protocolos en la administración de hemoderivados y considerar el paso a paso para disminuir los eventos adversos que puedan presentarse, mediante una guía como el flujo grama, la cual ayuda a seguir cada paso sin tener que saltarse alguno y de esta manera darle un correcto uso a los protocolos y brindar la seguridad al paciente.
- Los cuidados de enfermería antes, durante y después de la administración de los hemocomponentes, son de gran utilidad para óptima recuperación de cada paciente, por medio de estos cuidados contribuimos a mejorar su salud, llevando a cabo la verificación de sus datos en el antes, el durante comprobando todas sus constantes vitales y el después vigilando las reacciones adversas u otros signos que indiquen infección.