



Fotografía
Laura Vanessa Romero Forero

DIVERSIDAD MICROBIANA: ENSEÑANDO UN MUNDO INVISIBLE

Microbial Diversity: Teaching an Invisible World

Diversidade microbiana: ensinando um mundo invisível

Hugo Mauricio Jiménez-Melo¹  

Fecha de recepción: 18 de julio de 2024
Fecha de aprobación: 24 de febrero de 2025
Fecha de publicación: 01 de julio de 2026

Tipología: Reflexión

Cómo citar

Jiménez-Melo, H. M. (2026). Diversidad microbiana: enseñando un mundo invisible, *Bio-grafía*, 19(37), e21897. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.19.num37-21897>

Resumen

En este bioartículo de reflexión muestro cómo ha sido la enseñanza de la microbiología en la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional mediante las asignaturas de Sistemas Microbianos y Microbiología Aplicada que he orientado, y cómo, a partir de la metodología de investigación formativa —aprendiendo investigando—, los estudiantes han desarrollado habilidades investigativas sobre diversidad microbiana y aplicaciones biotecnológicas en los ámbitos ambiental, agronómico y médico, por medio de revisiones bibliográficas con enfoque investigativo, al asignarles géneros de microorganismos para su consulta. Al integrar estas actividades con los laboratorios han surgido trabajos de grado; mencionaré algunos que se han realizado con esta perspectiva para dar a conocer la diversidad de los microorganismos identificados. Asimismo, en los laboratorios los estudiantes adquieren habilidades y destrezas en la observación microscópica de bacterias, microhongos, protozoos y microalgas, y aplican estos conocimientos en sus prácticas pedagógicas en los colegios de Bogotá, D. C. En este artículo también describo de manera sintética los priones, viroides, virus, micoplasmas, fitoplasmas, arqueobacterias, bacterias, protozoos y microalgas, los cuales han motivado a los estudiantes de la Licenciatura en Biología hacia el conocimiento y la investigación de esta diversidad microbiana.

Palabras clave: biología; microbiología; microorganismos; enseñanza y formación; formación profesional

Abstract

In this bioarticle of reflection, I show how has been the teaching of microbiology in the Bachelor's degree in Biology at the National Pedagogical University through the subjects of Microbial Systems and Applied Microbiology that I have guided, and how, from the methodology of formative research —learning by researching— students have developed investigative skills on microbial diversity and biotechnological applications in environmental fields, agronomic and medical, through bibliographic reviews with an investigative approach, by assigning them genera of microorganisms for consultation. By integrating these activities with laboratories, graduate work has emerged; I will mention some that have been carried out in this perspective to make known the diversity of the identified

¹ Magíster en Microbiología. Profesor, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. hmjimenez@pedagogica.edu.co

microorganisms. In the laboratories, students also acquire skills and abilities in microscopic observation of bacteria, microfungi, protozoa, and microalgae, and apply this knowledge in their pedagogical practices at schools in Bogotá, D. C. In this article, I also synthetically describe the prions, viroids, viruses, mycoplasmas, phytoplasmas, archaeobacteria, bacteria, protozoa and microalgae, which have motivated the students of the Bachelor in Biology towards the knowledge and research of this microbial diversity.

Keywords: biology; microbiology; microorganisms; education and training; vocational training

Resumo

Neste bioartigo de reflexão mostro como tem sido o ensino da microbiologia na Licenciatura em Biologia da Universidade Pedagógica Nacional, através das disciplinas de Sistemas Microbianos e Microbiologia Aplicada que orientei. e como, a partir da metodologia de pesquisa formativa —aprendendo a investigar—, os alunos desenvolveram habilidades investigativas sobre diversidade microbiana e aplicações biotecnológicas nos âmbitos ambientais, agrônomo e médico, por meio de revisões bibliográficas com enfoque investigativo, ao ser-lhes atribuído gêneros de microrganismos para sua consulta. Ao integrar essas atividades com os laboratórios surgiram trabalhos de graduação; mencionarei alguns que foram realizados com essa perspectiva para dar a conhecer a diversidade dos microrganismos identificados. Além disso, nos laboratórios os alunos adquirem habilidades e destrezas na observação microscópica de bactérias, microfungos, protozoários e microalgas, e aplicam esses conhecimentos em suas práticas pedagógicas nas escolas de Bogotá, D. C. Neste artigo também descrevo de forma sintética os príons, viroides, vírus, micoplasmas, fitoplasmas, arqueobactérias, bactérias, protozoários e microalgas, os quais motivaram os estudantes do Bacharelado em Biologia para o conhecimento e a pesquisa desta diversidade microbiana.

Palavras-chave: biologia; microbiologia; microrganismos; ensino e formação; formação profissional



Introducción

La diversidad microbiana constituye un mundo maravilloso, pues presenta una gran variedad de microorganismos como viroides, virus, fitoplasmas, micoplasmas, arqueobacterias, bacterias, actinomicetos, microhongos, protozoos y microalgas. Son organismos interesantes que no se pueden ver a simple vista y, sin embargo, están presentes en los ecosistemas, donde cumplen numerosas funciones ecológicas y ofrecen múltiples aplicaciones biotecnológicas en los ámbitos ambiental, agronómico y médico.

¿Cómo realizar enseñanza e investigación con los microorganismos?

Mis enseñanzas e investigaciones en microbiología en la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional comenzaron en 2010, cuando inicié mis actividades académicas y científicas con la orientación de las asignaturas de Sistemas Microbianos, Microbiología Aplicada y Biología de Hongos. Siempre me ha motivado el interés de los estudiantes por aprender sobre este mundo microbiano que no se puede ver a simple vista y su curiosidad por las aplicaciones de los microorganismos, así como saber que, cuando sean licenciados, podrán seguir construyendo conocimientos y experiencias investigativas con nuevas generaciones de estudiantes, ya sea en el colegio o en la universidad. Esto constituye para mí un gran logro profesional y personal.

En dichas asignaturas aplico la metodología de investigación formativa y “aprendiendo investigando”. Desarrollo diversas actividades de aprendizaje al asignar temas de investigación sobre géneros de virus, bacterias y microhongos, en los cuales integran la clasificación taxonómica actual, la morfología, la fisiología y sus aplicaciones. Elaboran un escrito y luego lo exponen a sus compañeros, de modo que todos aprendemos sobre microbiología. En el caso de Biología de Hongos y Microbiología Aplicada, los temas vistos en clase generan ideas que luego se concretan en el diseño y desarrollo de un proyecto corto de investigación durante el semestre, enfocado en el estudio de la diversidad microbiana y sus aplicaciones ambientales o biotecnológicas. En estos proyectos los estudiantes desarrollan habilidades investigativas en la escritura de un artículo científico —que constituye el informe final—, destrezas en el trabajo de laboratorio, observación e identificación de microorganismos y argumentación científica durante la sustentación. Así, muchos de estos proyectos realizados en el aula han dado lugar a trabajos de grado.

Con esta metodología de enseñanza de la microbiología he motivado, orientado y canalizado la energía de los

estudiantes de la Licenciatura en Biología – UPN para que desarrollen investigaciones en diversidad microbiana o biotecnología, especialmente con bacterias, microhongos, microalgas y protozoos de vida libre, ya sea en el aula, en las prácticas pedagógicas o en los trabajos de grado, e incluso en su ejercicio profesional como egresados.

Enseño la microbiología como una ciencia multidisciplinaria que integra los adelantos biotecnológicos en áreas como la medicina, el medioambiente y los sectores agrícola e industrial. El conocimiento de la diversidad de microorganismos ha permitido desarrollar productos de interés biotecnológico de aplicación y producción a gran escala, como vacunas, antibióticos, anticancerígenos, antitumorales, enzimas, controladores biológicos, biofertilizantes y bioinsecticidas, entre otros, lo cual ha impulsado el auge de la microbiología como área de investigación de gran interés en los últimos años (Jiménez, 2024).

En los laboratorios de microbiología que realizo con los estudiantes de Sistemas Microbianos y Microbiología Aplicada observamos la morfología de bacterias, microhongos, microalgas y protozoos mediante microscopía. Los estudiantes aprenden a diferenciarlos e identificarlos, lo que contribuye a la enseñanza de esta diversidad microbiana. Estas metodologías han enriquecido su formación académica y científica y les han permitido observar estos organismos *invisibles*. Asimismo, el diseño y aplicación de estos laboratorios les ha servido para desarrollar actividades didácticas con microorganismos en sus prácticas pedagógicas en colegios de Bogotá, D. C., y en áreas rurales cercanas, cuando cuentan con los espacios y materiales necesarios para realizar trabajos prácticos de laboratorio.

Cuando los egresados se desempeñen como docentes en instituciones educativas y no dispongan de materiales, reactivos o espacios para realizar prácticas de laboratorio con microorganismos, la enseñanza podrá apoyarse en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), como objetos virtuales de aprendizaje (OVA) y ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), así como en diapositivas con imágenes y fotografías que expliquen la morfología y fisiología de microorganismos de interés y sus respectivas aplicaciones, complementadas con videos y talleres interactivos virtuales.

Diversidad microbiana y aplicaciones

La microbiología es una rama de la biología que estudia los priones, viroides, virus, micoplasmas, fitoplasmas,

arqueobacterias, bacterias, microhongos, protozoos y microalgas a partir de su morfología, fisiología, taxonomía, ecología, aplicaciones ambientales y biotecnológicas, así como de su importancia médica.

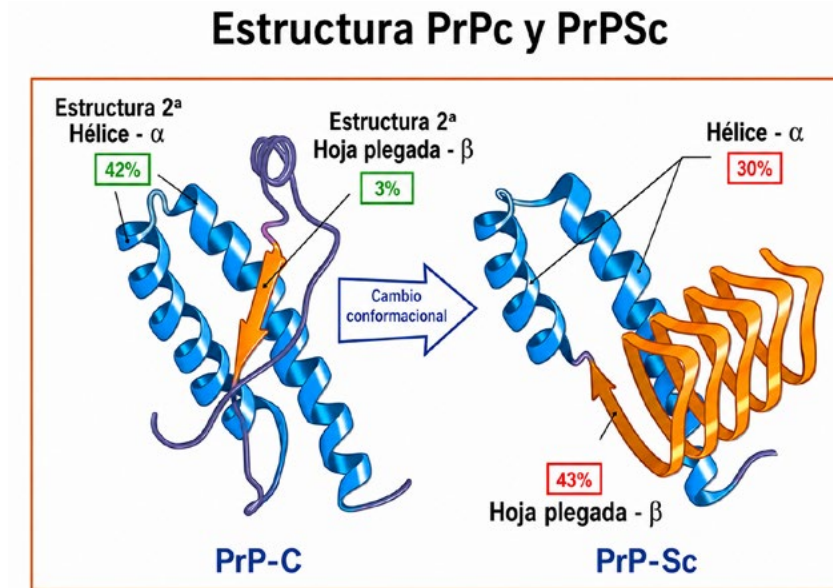
A continuación, describo esta diversidad microbiana y expongo cómo ha sido su enseñanza e investigación.

Priones y viroides, ¿serán microorganismos?

Los priones, aunque no son considerados microorganismos, son agentes infecciosos causantes de diversas enfermedades neurodegenerativas. El término deriva de la expresión inglesa *proteinaceous infectious particle*

(PrP). Están constituidos por partículas proteicas sin ácido desoxirribonucleico (ADN) y pueden replicarse sin genes. Las encefalopatías espongiformes transmisibles son enfermedades neurodegenerativas de evolución mortal producidas por priones, los cuales provienen de un cambio conformacional de la proteína PrPc (Figura 1), componente normal de las células del sistema nervioso central. Entre las enfermedades transmitidas por priones más reportadas se encuentran, en animales, la encefalopatía espongiforme bovina (vacas locas), la scrapie (ovejas), la encefalopatía transmisible (visones) y las enfermedades crónicas de desgaste (mulas, ciervos y alces); en humanos, la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, el síndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker, el kuru, el insomnio fatal familiar y el síndrome de Alpers (Perrone *et al.*, 2003).

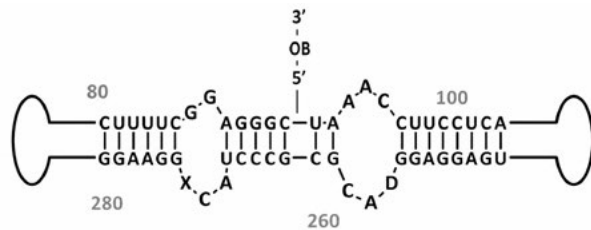
Figura 1.
Estructura molecular de la proteína PrPc – prión



Fuente: Perulactea (2023).

Los viroides tampoco son considerados microorganismos. Son agentes infecciosos de plantas de la familia Solanaceae, como *Solanum tuberosum* (papa) y *Nicotiana benthamiana*, y del género *Citrus* (cítricos). Son parásitos obligados que no poseen proteínas ni lípidos y están constituidos exclusivamente por moléculas de ácido ribonucleico (ARN) no codificante, circular o de cadena simple, con un tamaño de 246 a 401 nucleótidos (nt) (Figura 2). Presentan una gran complejidad genética. Fueron descubiertos a finales de la década de 1960 por Diener, al intentar identificar el agente causal de la enfermedad del tubérculo fusiforme de la patata. Actualmente se conocen más de treinta especies distintas de viroides patógenos de plantas (Nohales *et al.*, 2012).

Figura 2.
Estructura del dominio central del viroide del tomate PSTVd



Fuente: Nohales *et al.* (2012, p. 13806).

A los estudiantes de Sistemas Microbianos estos temas les llaman mucho la atención, pues siempre surge la

discusión acerca de si realmente son microorganismos o si corresponden a biomoléculas —proteína o ARN, respectivamente— que expresan algún tipo de actividad biológica dentro de un organismo.

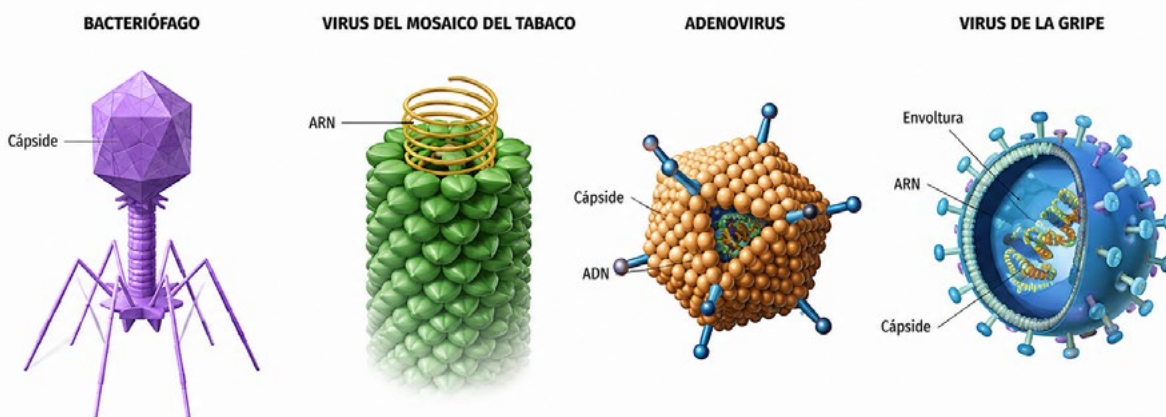
Virus, ¿estarán vivos?

Los virus son elementos genéticos constituidos por cadenas de ácido nucleico —ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN)— de cadena sencilla o doble,

circulares o lineales, con orientación positiva 5´-3´ o negativa 3´-5´, cubiertas por una capa proteica (capsómero) formada por protómeros (proteínas). Existen virus desnudos y virus con envoltura; estos últimos poseen una cubierta adicional compuesta por glicoproteínas y glicolípidos (Madigan *et al.*, 2010). Presentan forma icosaédrica —como los bacteriófagos, adenovirus y virus de la gripe— o forma helicoidal, como el virus del mosaico del tabaco (Figura 3).

Figura 3.
Formas de los virus

Ejemplos de virus



Fuente: National Human Genome Research Institute (s. f.).

Los virus son parásitos obligados que requieren una célula para replicar su material genético, realizar la transcripción y sintetizar proteínas, lo que les permite generar nuevas copias (Madigan *et al.*, 2010). Pueden parasitar bacterias, hongos, plantas, animales y humanos. Fuera de la célula se denominan viriones y carecen de vida; al parasitar una célula adquieren la capacidad de replicarse y multiplicarse.

Algunos géneros y tipos de virus que asigno como tema de investigación a los estudiantes de Sistemas Microbianos son el bacteriófago lambda y el bacteriófago T4, que interactúan con la bacteria *Escherichia coli*; virus de importancia clínica en humanos, como los virus tropicales —fiebre amarilla, zika y chikunguña—; los de trans-

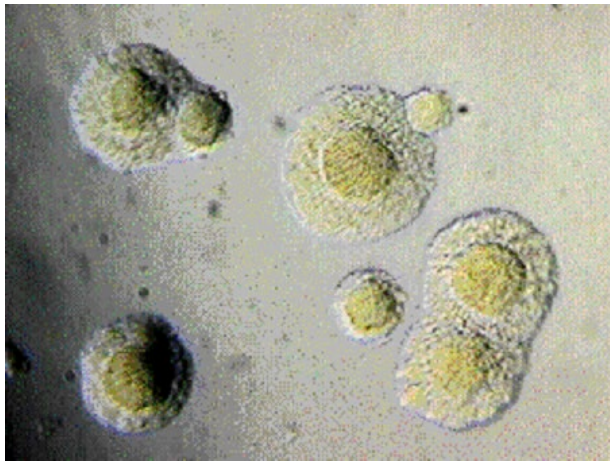
misión aérea, como el coronavirus, adenovirus, virus de la influenza, virus herpes simple 1 y ébola; los entéricos, como el rotavirus; los que afectan el sistema nervioso central, como el poliovirus; los de transmisión sexual, como el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), el virus del papiloma humano (VPH) y el virus herpes simple 2; así como el virus de la hepatitis B y el virus de la rabia (Rhabdovirus), entre otros.

Los estudiantes exponen estos temas y posteriormente se realiza una discusión con sus compañeros, quienes formulan preguntas y comentan casos conocidos relacionados con los virus, lo cual enriquece la actividad académica.

Micoplasmas y fitoplasmas, procariontes sin pared celular

Los micoplasmas son procariontes que carecen de pared celular y presentan un tamaño de 0,2–0,8 μm (Figura 4). Tienen un metabolismo muy limitado, con ausencia de genes para la síntesis de aminoácidos y pocos genes para la biosíntesis de vitaminas, precursores de ácidos nucleicos, ácidos grasos y colesterol, lo que los obliga a un estilo de vida parasitario. Parasitan células epiteliales y del sistema inmunitario. Se han aislado doce especies del género *Mycoplasma* y dos del género *Ureaplasma* en humanos. Presentan morfologías variables —esféricas o filamentosas— y algunas especies patógenas poseen una estructura terminal u orgánulo de adherencia, integrada por una red de proteínas de membrana que conforman un citoesqueleto. Entre las especies de importancia clínica se encuentran *Mycoplasma pneumoniae*, *M. genitalium*, *M. fermentans* y *M. penetrans* (Meseguer *et al.*, 2012).

Figura 4.
Formas de los micoplasmas

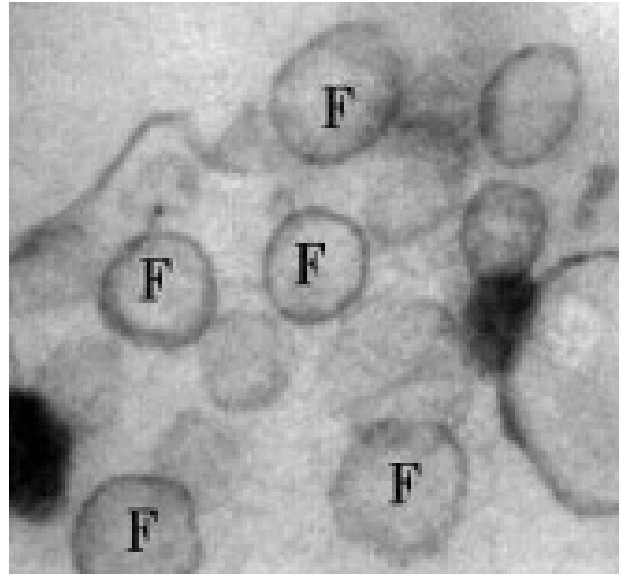


Fuente: Timenetsky (2023, p. 1).

Los fitoplasmas también son procariontes que carecen de pared celular (Figura 5). Son patógenos de plantas, habitan generalmente el floema y se transmiten de planta a planta por insectos que se alimentan de este tejido. Son parásitos estrictos del hábitat intracelular de plantas e insectos vectores. Su genoma es pequeño y presentan un único gen de ARNr isoleucina común a todos los fitoplasmas. Pueden transmitirse por uno o varios vectores, según el grado de especificidad en la interacción fitoplasma-insecto. El rango de plantas hospedadoras depende del comportamiento alimenticio del vector: los vectores monófagos u oligófagos diseminan el fitoplasma entre una o varias especies vegetales, respectivamente.

Cuando el insecto se alimenta de diferentes especies vegetales, el fitoplasma puede afectar un mayor número de plantas, como ocurre con el saltamontes *Macrostelus fascifrons*, que transmite el fitoplasma AAY (16Srl-A, 16Srl-B) a más de 191 especies vegetales. Entre las plantas afectadas se encuentran *Catharanthus roseus*, *Prunus amygdalus* (almendro), *Prunus mariana* (ciruelo) y *Prunus persica* (durazno) (Camarena y Torre, 2008).

Figura 5.
Fitoplasmas dentro de una célula vegetal. Microscopía electrónica



Fuente: Reveles-Torres *et al.* (2014, p. 6).

Los micoplasmas y fitoplasmas son otros microorganismos que llaman la atención de los estudiantes, pues suelen desconocerlos y les genera curiosidad su diversidad y sus aplicaciones médica y agrícola, respectivamente.

Arqueobacterias, se encuentran en ambientes extremos

Las arqueobacterias son organismos microscópicos unicelulares procariontes que constituyen un grupo monofilético independiente, reconocido desde 1977. Se encuentran en hábitats extremos anaerobios, hipertermales y altamente salinos, así como en ambientes marinos y de agua dulce (Covacevich *et al.*, 2012).

Las arqueobacterias comprenden dos *phylum*: Crenarchaeota y Euryarchaeota. El *phylum* Crenarchaeota agrupa especies hipertermófilas y quimiolitotrofas, como *Pyrodictium sp.*, *Thermoproteus sp.* y *Sulfolobus sp.*, así como especies psicrófilas encontradas en aguas oceánicas. El *phylum* Euryarchaeota incluye especies

metanogénicas productoras de metano, anaerobias estrictas, entre las cuales se encuentran *Methanococcus* sp., *Methanosarcina* sp. y *Methanobacterium* sp. También comprende arqueas halófilas aeróbicas que habitan ambientes de elevada salinidad, como *Halobacterium* sp., *Haloferax* sp. y *Natronobacterium* sp.; además de especies hipertermófilas cuyas temperaturas óptimas superan los 80 °C, como *Thermococcus* sp. y *Pyrococcus* sp., y el metanógeno *Methanopyrus* sp. (Madigan et al., 2010).

En agosto de 2012, el estudiante Fernando González, a quien le apasiona la astronomía, me comentó su interés en realizar una investigación relacionada con estos temas, aunque no sabía cómo vincularla con la astrobiología y la exobiología. Le sugerí que, si existiera vida extraterrestre, los primeros organismos podrían ser arqueobacterias, similares a las que habitan ambientes extremos que evocan las condiciones de la Tierra primitiva. A partir de esta idea, Fernando propuso establecer una relación entre la Catedral de Sal de Zipaquirá y la Luna. Así iniciamos el estudio de arqueobacterias en dicho lugar y surgió el trabajo de grado titulado “Bacterias halófilas y endófitas de la Catedral de Sal de Zipaquirá – Cundinamarca y su relación con astrobiología”, en el cual se aislaron e identificaron *Halobacterium* sp., *Halococcus* sp. y *Bacillus* sp. (González, 2013).

Bacterias, procariontes tan diversas e interesantes

Las bacterias son procariontes con pared celular conformada por peptidoglicano. Existen bacterias Gram positivas, con aproximadamente 90 % de este polímero, y bacterias Gram negativas, con cerca de 10 %, las cuales se diferencian mediante la coloración de Gram y se observan al microscopio. Están constituidas por ADN y, en la mayoría de los casos, por plásmidos, que corresponden a ADN extracromosómico circular que se expresa de manera independiente. Presentan formas variadas, como cocos, bacilos, cocobacilos, espiroquetas y vibrios, entre otras.

Las bacterias de los géneros *Bacillus* y *Clostridium* producen endosporas, estructuras de resistencia que les permiten sobrevivir en ambientes adversos, como suelos con alta sequedad. Desde el punto de vista metabólico, son muy diversas, lo que facilita su adaptación a distintos ambientes y les otorga una ventaja evolutiva. Se encuentran en agua dulce y salada, suelo, aire, plantas, animales y seres humanos, y presentan numerosas aplicaciones ambientales y biotecnológicas.

Algunos géneros de bacterias que asigno como tema de investigación a los estudiantes de Sistemas Micro-

bios incluyen, en el ámbito agronómico, *Rhizobium leguminosarum*, *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter* sp., *Burkholderia tropica*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Nitrosococcus* sp. y *Nitrobacter* sp.; en el ámbito clínico, *Bacillus cereus*, *Serratia marcescens*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Helicobacter pylori* y *Pantoea* sp.; y en el ámbito industrial, *Streptomyces*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactococcus lactis* y *Zymomonas mobilis*.

Posteriormente, los estudiantes exponen estos temas y se desarrolla una discusión con sus compañeros, quienes comentan aplicaciones de las bacterias o experiencias médicas relacionadas, lo que complementa la actividad académica. Las exposiciones también generan motivación y han dado origen a ideas para trabajos de grado.

La enseñanza de la diversidad bacteriana se apoya en el laboratorio de bacterias del aire, en el cual los estudiantes realizan un aislamiento. Colocan cajas de Petri con medio de cultivo agar nutritivo debajo de la copa de un árbol en el campus de la universidad durante quince minutos y luego las incuban durante siete días a temperatura ambiente. Posteriormente observan las colonias —rizoides, circulares, puntiformes o irregulares— y, a partir de aquellas que despiertan mayor interés, realizan la coloración de Gram. Mediante el uso del microscopio con aumento de 100× observan su morfología. Este laboratorio permite que los estudiantes distingan las diferentes colonias y las variadas formas bacterianas, como cocos, bacilos con y sin endospora y formas filamentosas, entre otras.

Este laboratorio ha tenido gran acogida. Cuando los estudiantes realizan su práctica pedagógica en colegios de Bogotá, D. C., replican estos aprendizajes con estudiantes de educación media, lo que contribuye al conocimiento de la diversidad microbiana.

Trabajos de grado que se han realizado con bacterias

En agosto de 2010, las estudiantes Cindy Lucía Bernal Martínez y Lina Marcela Cortés Páez me comentaron que querían estudiar las bacterias presentes en la chicha (licor colombiano de fermentación alcohólica a partir de maíz) y en el masato de arroz (licor colombiano de fermentación alcohólica a partir de arroz). Así desarrollamos el trabajo de grado titulado “Aislamiento, caracterización y conservación de bacterias ácido-acéticas a partir de productos fermentados tradicionales”, en el cual se aislaron e identificaron bacterias de los géneros

Acetobacter sp. y *Gluconobacter* sp., y se produjo ácido acético a pequeña escala (Bernal y Cortés, 2010).

También en agosto de 2010, ante los frecuentes derrames de petróleo ocasionados por atentados en Colombia, las estudiantes Jennipher Rodríguez Torres y Jennifer Paola Sanabria Cruz plantearon una alternativa de solución a esta problemática ambiental mediante el trabajo de grado “Aislamiento, caracterización y conservación de bacterias presentes en terrarios mezclados con petróleo crudo”. En este estudio se aislaron e identificaron bacterias de los géneros *Bacillus* sp., *Aeromonas* sp. y *Staphylococcus* sp., y se realizaron bioensayos de biodegradación de petróleo crudo (Rodríguez y Sanabria, 2010).

Otra problemática ambiental corresponde a los residuos y desechos generados por las curtiembres en suelos y cuerpos de agua aledaños. En 2010 y 2011, la estudiante Ángela de la Espriella Moreno desarrolló el trabajo de grado titulado “Aislamiento y caracterización de bacterias y microhongos a partir de suelo procedente de curtiembres de la cuenca del río Tunjuelo – Bogotá”, en el cual se aislaron bacterias de los géneros *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp. y *Staphylococcus* sp., y se propuso su aplicación para el manejo medioambiental de este tipo de contaminación (Espriella, 2011).

En 2011, Liliana Andrea Puentes Medina, interesada en el humedal La Conejera de Bogotá, se propuso determinar la posible contaminación bacteriana del agua y desarrolló el trabajo de grado “Cuantificación de enterobacterias totales y fecales en el humedal La Conejera – Bogotá”, en el cual se detectaron bacterias coliformes totales y fecales y se identificó la bacteria *Escherichia coli* (Puentes, 2011).

En 2013, durante la asignatura de Microbiología Aplicada expliqué la interacción biológica y molecular de la bacteria *Rhizobium leguminosarum* con leguminosas. A partir de esta temática, la estudiante María Camila Quevedo Rubiano formuló su trabajo de grado titulado “Cartilla para docentes del Instituto Pedagógico Nacional sobre simbiosis y procesos biotecnológicos: el biofertilizante *Rhizobium* sp. en *Phaseolus vulgaris* para la reducción de fertilizantes químicos”. En este proyecto integró la dimensión educativa mediante la elaboración de una cartilla y la dimensión biológica a partir del estudio de la morfología, fisiología y biotecnología agrícola de *Rhizobium* sp., al emplearlo como biofertilizante en *Phaseolus vulgaris* (frijol) (Quevedo, 2014).

En 2018, Danna Marcela Piraquive Bermúdez, estudiante de Sistemas Microbianos y Microbiología Aplicada,

interesada en los murciélagos, observó que el estiércol de estos organismos (guano) podría actuar como fertilizante, ya que las plantas cercanas a sus hábitats presentaban mayor crecimiento. Esta observación dio lugar al trabajo de grado titulado “Análisis del guano del murciélago *Carollia perspicillata* como biofertilizante en bosques perturbados”, en el cual se aislaron e identificaron bacterias de los géneros *Nitrobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Nitrosomonas* sp. y *Nitrosococcus* sp., y se realizaron bioensayos con *Phaseolus vulgaris* (frijol) al emplearlas como biofertilizantes, con resultados favorables (Piraquive, 2019).

En 2020, Rodrigo Alfonso Pinzón Torres, estudiante de la asignatura de Sistemas Microbianos, manifestó su interés por el módulo de bacterias y comentó que conocía una problemática relacionada con el acueducto y el manejo del agua de consumo en una región de Colombia. A partir de esta inquietud desarrolló el trabajo de grado “Análisis bacteriológico del agua de consumo humano en el corregimiento de Berlín (Samaná-Caldas)”, en el cual se identificaron *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y coliformes totales en uno de los puntos de muestreo. Con base en estos hallazgos se plantearon propuestas de solución, como la implementación de buenas prácticas en el uso del agua (Pinzón, 2021). Además, el estudiante socializó los resultados mediante un taller dirigido a los habitantes del corregimiento, con buena aceptación.

En febrero de 2022, en la asignatura de Sistemas Microbianos, asigné al estudiante Johann Sebastián Bohórquez Caicedo un tema de investigación sobre *Nitrobacter* sp. Su interés por la aplicación agrícola de esta bacteria condujo al trabajo de grado “Aislamiento de bacterias nitrificantes a partir de excremento de ganado bovino de raza Holstein, para promover el uso de biofertilizantes mediante una propuesta pedagógica”. En este estudio se aislaron poblaciones de bacterias nitrificantes en medios de cultivo selectivos y se evaluó su potencial biofertilizante en cultivos de *Coriandrum sativum* (cilantro) (Bohórquez, 2023).

Microalgas y protozoos, eucariotas tan diversos e interesantes

Las microalgas son microorganismos unicelulares eucariotas, con tamaños que oscilan entre 2 y 200 μm , capaces de realizar fotosíntesis. Generan biomasa orgánica a partir de CO_2 y luz, utilizan el agua como dador de electrones y la oxidan a O_2 . Crecen empleando la luz como fuente de energía y el CO_2 como fuente de carbono. Requieren compuestos nitrogenados, como nitrato, amonio o aminoácidos, para su crecimiento. Como organismos

fotosintéticos, resultan imprescindibles para el mantenimiento de la vida en la Tierra, pues proporcionan compuestos orgánicos reducidos y oxígeno que sostienen al resto de los seres vivos del planeta (Fernández, 2014).

Las microalgas están presentes en todos los ambientes acuáticos, como lagos, mares y ríos. También se encuentran en el suelo y en la mayoría de los ambientes terrestres, incluso en condiciones extremas, lo que explica su amplia distribución en la biosfera y su adaptación a múltiples condiciones ambientales (González, 2015).

En el ámbito médico, en junio de 2010, las estudiantes Clara Inés Arévalo Morales y Lizeth Jhoana Nieto Barrios, de la asignatura Microbiología Aplicada, desarrollaron el trabajo de grado “Bioensayos de antibiosis a partir de extractos de *Chlorella* sp. frente a cepas bacterianas del género *Pseudomonas* sp. y *Bacillus* sp.”. En este estudio se analizó el potencial de las microalgas para producir sustancias antibióticas (Arévalo y Nieto, 2010) y se evidenció el potencial de *Chlorella vulgaris* en la generación de compuestos con actividad antibacteriana.

Otra aplicación de las microalgas es la biorremediación. En 2023, las estudiantes Stephany Lizeth García Acevedo y María Fernanda Ortiz Fajardo, de la asignatura Sistemas Microbianos, desarrollaron el trabajo de grado titulado “Bioabsorción de nitratos y fosfatos mediante *Chlorella vulgaris* a partir de aguas residuales domésticas del Parque Ambiental Cantarrana – Bogotá”. En este estudio se identificó a *Chlorella vulgaris* como una alternativa ambientalmente amigable para mitigar problemáticas de contaminación asociadas a estos compuestos (García y Ortiz, 2023).

Los protozoos de vida libre son organismos unicelulares que habitan diversos ambientes acuáticos y poseen gran importancia ecológica, ya que forman parte de la cadena alimentaria. Cumplen funciones relevantes en diferentes niveles tróficos; algunos actúan como consumidores primarios y otros como descomponedores (Guillén *et al.*, 2015).

Los protozoos de vida libre, como ciliados y flagelados, son incoloros, heterótrofos y eucariotas. Se encuentran en una amplia variedad de hábitats, como ríos, lagunas, estanques, charcas temporales, aguas subterráneas y suelos, así como en ecosistemas artificiales, por ejemplo, plantas depuradoras de aguas residuales. Son activos en cualquier ambiente donde exista agua y donde los factores ecológicos permitan el desarrollo de su ciclo biológico (Castañeda y Malaver, 2010).

Los protozoos de vida libre presentan alta diversidad. En agosto de 2010, las estudiantes Ángela María Castañeda

Muñoz y Carolina Malaver Velandia desarrollaron el trabajo de grado “Identificación de protozoos de vida libre a partir de muestras de agua del corredor ecológico del humedal La Conejera”, en el cual se identificaron trece protozoos: *Euplotes* sp., *Stylonychia* sp., *Coleps* sp., *Spirostomum* sp., *Epistylis* sp., *Stentor* sp., *Holophrya* sp., *Urocentrum* sp., *Acanthocystis* sp., *Euglypha* sp., *Vorticella* sp., *Paramecium* sp. y *Amoebida* sp. (Castañeda y Malaver, 2010).

En agosto de 2022, la estudiante Julieth Catalina Patiño Salguero, de Sistemas Microbianos, manifestó su interés por la diversidad de protozoos y por elaborar un material educativo para su enseñanza. De esta iniciativa surgió el trabajo de grado “Cartilla ilustrativa de protozoos de vida libre como bioindicadores de calidad de agua presentes en la laguna de la Herrera – Mosquera (Cundinamarca)”, que culminó en la elaboración de una cartilla y en la identificación de 59 protozoos (Patiño, 2023).

Para la enseñanza de la diversidad de protozoos y microalgas realizamos un laboratorio con muestras de agua de charcos y cuerpos de agua de humedales de Bogotá, D. C. Se efectuaron montajes directos con lámina y laminilla y se observaron las muestras al microscopio con aumento de 40×, lo que permitió identificar los géneros de acuerdo con sus características morfológicas celulares.

La sencillez de este laboratorio facilita su implementación en las prácticas pedagógicas de los estudiantes en colegios de Bogotá, D. C., lo que ha enriquecido el conocimiento sobre la diversidad de microalgas y protozoos, especialmente en estudiantes de educación media.

Conclusiones

Como se ha expuesto en este bioartículo de reflexión, se describen de manera sintética los priones, viroides, virus, micoplasmas, fitoplasmas, arqueobacterias, bacterias, microalgas y protozoos, se mencionan algunas de sus aplicaciones y se presenta cómo ha sido su enseñanza e investigación con los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional en las asignaturas de Sistemas Microbianos y Microbiología Aplicada.

Asimismo, se alude a diversos trabajos de grado desarrollados en la Licenciatura, en los cuales se evidencian aplicaciones ambientales, médicas, agrícolas e industriales de los microorganismos identificados, lo que demuestra el alcance formativo e investigativo de esta propuesta pedagógica.

Esta integración entre diversidad microbiana y enseñanza ha fortalecido la investigación formativa en la Licenciatura y ha promovido en los estudiantes el interés por el conocimiento, la exploración y la aplicación de esta diversidad microbiana en el contexto colombiano.

Referencias

- Arévalo, M. y Nieto B. (2010). *Bioensayos de antibiosis a partir de extractos de Chlorella sp frente a cepas bacterianas del género Pseudomonas sp y Bacillus sp* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://catalogo.upn.edu.co/bib/181973>
- Bernal, C. y Cortés, L. (2010). *Aislamiento, caracterización y conservación de bacterias ácido-acéticas a partir de productos fermentados tradicionales* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional).
- Bohórquez, J. (2023). *Aislamiento de bacterias nitrificantes a partir de excremento de ganado bovino de raza Holstein, para promover el uso de biofertilizantes mediante una propuesta pedagógica* (trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional). <https://repositorio.upn.edu.co/items/08e547e8-ea2d-49a3-b6b0-2965349c48e2/full>
- Camarena, G. G. y Torre, A. R. de la. (2008). Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 81-87. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62914202>
- Castañeda, Á. M. y Malaver, C. (2010). *Identificación de protozoos de vida libre a partir de muestras de agua del corredor ecológico del humedal La Conejera* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional).
- Covacevich, F., Silva, R. I., Cumino, A. C., Caló, G., Negri, R. M. y Salerno, G. L. (2012). Primeras secuencias de ADN de Archaea en aguas costeras de Argentina: inesperada caracterización por PCR con cebadores para eucariotas. *Ciencias Marinas*, 38(2), 427-439. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802012000300007&lng=es&tln=es
- Espriella, Á. de la. (2011). *Aislamiento y caracterización de bacterias y microhongos a partir de suelo procedente de curtiembres de la cuenca del río Tunjuelo – Bogotá* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional).
- Fernández, J. M. (2014). *Microalgal Biotechnology*. Universidad de Almería. <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-1-microalgas.html>
- García, S. L. y Ortiz, M. F. (2023). *Bioabsorción de nitratos y fosfatos mediante Chlorella vulgaris a partir de aguas residuales domésticas del Parque Ambiental Cantarrana – Bogotá* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://repositorio.upn.edu.co/items/d8dfd9d4-3cbd-4f60-83a2-eddc6416a394>
- González, A. (2015). ¿Qué son las microalgas? Interés y uso. *Fundación Cajamar – Grupo Cooperativo Cajamar*. <https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf>
- González, M. F. (2013). *Bacterias halófilas y endófitas de la Catedral de Sal de Zipaquirá – Cundinamarca y su relación con astrobiología* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://catalogo.upn.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=190887>
- Guillén, G., Aponte, H., Bacigalupo, X. y Rodríguez, R. (2015). Protozoarios de vida libre del área de conservación regional humedales de Ventanilla (Callao, Perú) en el período septiembre 2011-enero 2012. *Científica*, 12(1), 61-69. http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/17.pdf
- Jiménez, H. M. (2024). *Syllabus de sistemas microbianos*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M. y Parker, J. (2010). *Biología de los microorganismos* (10.ª ed.). Prentice Hall.
- Meseguer, P., Acosta, B., Matas-Andreu, A. L. y Codina-Grau, G. (2012). Diagnóstico microbiológico de las infecciones por Mycoplasma. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 30(8), 500-504. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.10.020>
- National Human Genome Research Institute. (s. f.). *Virus_es_0* [Imagen]. Genome.gov. https://www.genome.gov/sites/default/files/media/images/tg_es/Virus_es_0.jpg
- Nohales, M. Á., Flores, R. y Daròs, J. A. (2012). Viroid RNA Redirects Host DNA Ligase 1 to Act as an RNA Ligase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*,

- 109(34), 13805-13810. <https://doi.org/10.1073/pnas.1206187109>
- Patiño, J. C. (2023). *Cartilla ilustrativa de protozoos de vida libre como bioindicadores de calidad de agua presentes en la laguna de la Herrera – Mosquera (Cundinamarca)* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional).
- Perrone, M., Dinatale, E., Pardi, G., Guilarte, C., Stefano, A. de., Pacheco, A. y Céspedes, C. (2003). Prión: un agente infeccioso que causa conmoción en la comunidad científica. *Acta Odontológica Venezolana*, 41(1), 87-94. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652003000100016&lng=es&tlng=es
- Perulactea. (2023). *Los priones y las vacas más locas*. <https://perulactea.com/los-priones-y-las-vacas-mas-locas/>
- Pinzón, R. A. (2021). *Análisis bacteriológico del agua de consumo humano en el corregimiento de Berlín (Samaná-Caldas)* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://repositorio.upn.edu.co/items/5d29168d-f011-4a90-85f2-100534636081>
- Piraquive, D. M. (2019). *Análisis del guano del murciélago *Carollia perspicillata* como biofertilizante en bosques perturbados* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://repositorio.upn.edu.co/items/ee8cfc92-572d-4ba7-92a9-9ef10b5ecfb6>
- Puentes, L. A. (2011). *Cuantificación de enterobacterias totales y fecales en el humedal La Conejera – Bogotá* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://catalogo.upn.edu.co/bib/182724>
- Quevedo, M. C. (2014). *Cartilla para docentes del Instituto Pedagógico Nacional sobre simbiosis y procesos biotecnológicos: el biofertilizante *Rhizobium sp* en *Phaseolus vulgaris* para la reducción de fertilizantes químicos* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional).
- Reveles, L., Velásquez, R. y Mauricio, J. (2014). *Fitoplasmas: otros agentes fitopatógenos. sagarpa – inifap* (folleto técnico). Centro de investigación Regional Centro Norte.
- Rodríguez, J. y Sanabria, J. P. (2010). *Aislamiento, caracterización y conservación de bacterias presentes en terrarios mezclados con petróleo crudo* (trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Universidad Pedagógica Nacional). <https://catalogo.upn.edu.co/bib/181968>
- Timenetsky, J. (2023). *Laboratório de bactérias oportunistas*. Departamento de Microbiologia – ICB/USP. <https://microbiologia.icb.usp.br/cultura-e-extensao/textos-de-divulgacao/bacteriologia/bacteriologia-medica/os-micoplasmas-molicutes>