

Microbiología:

**Interiorización del conocimiento de forma significativa y comprensiva.
Un enfoque a la microbiología acuática**

Leonor Margarita Rivera Intriago
Holger Rogelio Rivera Intriago

Microbiología:

Interiorización del conocimiento de forma significativa y comprensiva.

Un enfoque a la microbiología acuática

Leonor Margarita Rivera Intriago
Holger Rogelio Rivera Intriago



© **Leonor Margarita Rivera Intriago**

Univesidad Técnica de Machala

E-mail: lriviera@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9407-1525>.

Holger Rogelio Rivera Intriago

Univesidad Técnica de Machala

E-mail: holgerriver@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4112-9874>

Primera edición, 2025-10-27

ISBN: 978-9942-53-075-2

DOI: <http://doi.org/10.48190/9789942530752>

Distribución online



Acceso abierto

Cita

Rivera, L., Rivera, H. (2025) Microbiología: Interiorización del conocimiento de forma significativa y comprensiva. Un enfoque a la microbiología acuática Editorial Grupo Compás

Este libro es parte de la colección de la Univesidad Técnica de Machala y ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad de la publicación. El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Contenido

Dedicatoria	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Prólogo	8
Justificación del libro	9
Objetivo del libro	10
Introducción	12
Capítulo 1. Fundamentos de la microbiología y su relación con el medio acuático.	14
Objetivos del capítulo	14
Campos de aplicación de los microorganismos.....	15
<i>Microbiología médica</i>	16
<i>Microbiología de los alimentos</i>	16
<i>Microbiología industrial</i>	16
<i>Microbiología veterinaria</i>	16
<i>Microbiología del aire</i>	17
<i>Microbiología del suelo</i>	17
<i>Microbiología clínica</i>	17
<i>Microbiología agrícola</i>	18
<i>Microbiología acuática</i>	18
Estudio de los microorganismos.....	20
Taxonomía, clasificación y nomenclatura de los microorganismos.....	21
<i>Taxonomía y clasificación</i>	21
Gráfico 3. Diagrama de clasificación taxonómica de los microorganismos	22
<i>Nomenclatura</i>	22
Medios de cultivo para la identificación de microorganismos (stainer, adelberg, & ingraham, 1985)	23
<i>Clasificación de medios de cultivo</i>	24
Cultivos puros y mixtos	28
Cultivos puros	28
<i>Características de los cultivos puros</i>	28
Cultivos mixtos.....	28
Técnicas de siembra de cultivo: (martino et al., 2007).	28
<i>Técnica de barry o vertido en placa</i> :	28
La microbiología y su relación con el medio acuático	29
Ensayo sobre las ventajas y desventajas de los microorganismos en el ambiente acuático	31
Resumen del capítulo.....	33
Capítulo 2: estudio de las bacterias y su relación en los ambientes acuáticos.....	35
Objetivos del capítulo	35
Antecedentes de las bacterias.	35
Características de las bacterias (granados & villaverde, 2003).....	36
Tabla 6: clasificación de las bacterias según la pared celular	37
Fases de crecimiento de las bacterias (madigan et al., 2021).....	40

Estructura bacteriana.....	42
Pared celular:.....	42
Membrana plasmática.....	43
Mesosomas.....	43
Citoplasma.....	43
Region nuclear	44
Ribosomas	44
Elementos facultativos.....	44
Flagelos.....	44
Inclusiones citoplasmáticas	44
Pelos o fimbrias	44
Endosporas.....	45
Cápsula.....	45
Incidencia de las bacterias en ambientes acuáticos	45
Bacterias del género vibrios.....	47
<i>V. Parahaemolyticus</i>	47
<i>V. Harveyi</i>	47
<i>V. Alginolyticus</i>	48
Bacterias benéficas en acuicultura	48
<i>Bacillus oceanisediminis</i>	49
<i>Bacillus firmus</i>	49
<i>Candida cretensis</i>	50
Ensayo	51
Aplicaciones microbianas recientes en ambientes acuáticos.....	52
Resumen del capítulo.....	54
Capítulo 3: hongos, levaduras, virus y su relación en ecosistemas acuáticos.....	55
Objetivos del capítulo	55
Características de los hongos y levaduras:.....	55
Crecimiento (alexopoulos et al., 1996)	56
Reproducción asexual.....	57
Reproducción sexual.....	57
Actividad 7. Reflexiona.....	58
Incidencia de los hongos y levaduras en especies acuáticas	58
Importancia ecológica y económica de hongos y levaduras acuáticos.....	59
Importancia sanitaria de hongos y levaduras.....	59
Estudio de los virus.....	60
Características (madigan et al., 2021).....	61
Ciclos vitales de los virus (tortora et al., 2007).....	61
Fases del ciclo lítico:.....	61
Ciclo lisogénico:	62
Clasificación de los virus.....	62
Helicoidal:.....	62
Icosaédrica:	62
T4". (bacteriófagos).....	62
Estructura de los virus	63
La cápside.....	63
El cuerpo.....	63

La cola.....	63
Incidencia de los virus en las especies acuáticas.....	63
Resumen del capítulo.....	65
Capítulo 4. Microbiología del agua y su relación con la salud y el medio ambiente.	66
Objetivos del capítulo.....	66
Generalidades.....	66
Estudio de caso:.....	68
Estrategias microbianas y moleculares para la recuperación ambiental y sanitaria del agua.....	68
<i>Biorremediación de aguas contaminadas:</i>	68
<i>Detección de patógenos en acuicultura:</i>	69
Estudios de caso:.....	70
Innovación y avances tecnológicos en la microbiología acuática.....	71
<i>Avances en microbiología molecular aplicada a ambientes acuáticos.....</i>	<i>71</i>
<i>Uso de inteligencia artificial y big data en la identificación de microorganismos.....</i>	<i>71</i>
<i>Aplicaciones de la ia en la detección de patógenos y resistencia antimicrobiana.....</i>	<i>72</i>
Normativas y estándares para el monitoreo microbiológico del agua.....	72
Estrategias de control y manejo de brotes en acuicultura.....	73
Resumen del capítulo.....	75
Conclusiones	76
Glosario:	77
Referencias bibliográficas	79
Anexos	88
Equipos.....	91
Objetivos específicos:.....	98
Metodología.....	98
Medios de cultivo:	101
<i>Metodología.....</i>	<i>101</i>
Materiales y reactivos:.....	101
Biografía de autores:	104

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mis padres, **Rogelio Rivera** y **Ana Intriago**, pilares de mi vida, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la honestidad y la humildad. A mi sobrino **Fernando**, a mis hermanos **Gina**, **Holger** y a la memoria de mi hermano **René**, cuyo recuerdo permanece vivo en cada logro alcanzado.

Pero, sobre todo, dedico este libro a mi amado hijo **Stalin Eduardo**, fuente inagotable de inspiración, motivo de mis más grandes sueños y razón por la que persisto cada día. Que este legado académico sea también parte de su herencia: la fuerza del conocimiento, el amor por la verdad y la pasión por transformar el mundo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento al equipo de la **Dirección** y del **Vicerrectorado de Investigación** de la **Universidad Técnica de Machala**, por su constante respaldo y compromiso con el desarrollo académico y científico. De manera especial, al **señor Rector Jhony Pérez Rodríguez**, por brindarme la oportunidad y la confianza para plasmar en esta obra conocimientos fundamentales que contribuirán al proceso de aprendizaje de nuestros estudiantes. Espero con profundo anhelo que este libro sea una herramienta útil, enriquecedora y de gran provecho para la comunidad universitaria y académica en general.

Leonor Margarita Rivera Intriago

DEDICATORIA

A mi padre, **Rogelio Isaías Rivera Narváez**, forjador de mi carácter, cuya palabra justa fue siempre mi brújula y cuya mirada firme me enseñó que el conocimiento florece solo cuando se cultiva con honestidad y esfuerzo.

A mi madre, **Ana Holanda Intriago Cedeño**, presencia inquebrantable y sabia, como **Hestia** en el fuego del hogar, cuya ternura fue siempre la raíz serena de mi vocación.

A mis hermanas, **Gina Elizabeth y Leonor Margarita Rivera Intriago**, tejedoras de afecto, como **Ariadna** con su hilo, conduciéndome sin saberlo por los laberintos de la vida con su amor silencioso y constante.

A la memoria imperecedera de mi hermano, **René Higinio Rivera Intriago**, quien ahora habita los cielos como **Ícaro**, no por haber caído, sino por haberse elevado más allá del tiempo. Que este libro sea un canto que lo nombre en cada página, sin pronunciarlo.

Y a mis sobrinos, **Stalin Eduardo Correa Rivera y Fernando Isaías Rivera Intriago**, en quienes renace la esperanza. Que este legado los inspire, como **Prometeo** con su fuego, a desafiar la oscuridad y encender su propio destino con la llama del pensamiento.

AGRADECIMIENTOS

Extiendo mi más profundo agradecimiento a mi hermana Leonor Margarita Rivera Intriago, por su valiosa mentoría y permanente orientación. Su acompañamiento ha sido clave en mi proceso formativo, permitiéndome avanzar con claridad, propósito y convicción. Su compromiso con la formación científica y su confianza en el poder educativo de la palabra escrita han dejado una huella indeleble en este camino.

De igual manera, expreso mi agradecimiento a las autoridades de la Universidad Técnica de Machala, en especial al señor Rector, Dr. Jhony Pérez Rodríguez, por su liderazgo estratégico y vocación de servicio a la Comunidad Orense. Gracias a su gestión, la ciencia ha sido promovida como un eje transformador, generando oportunidades reales para que la juventud construya un futuro con esperanza y desarrollo.

Holger Rogelio Rivera Intriago

Prólogo

El estudio de la microbiología ha evolucionado significativamente con el paso del tiempo, permitiendo un mayor entendimiento de los microorganismos y su impacto en diferentes ecosistemas. En esta segunda edición, hemos enfocado nuestros esfuerzos en ampliar la perspectiva del conocimiento microbiológico hacia el mundo acuático, dada su importancia en la salud, la ecología y la economía global.

Microbiología Acuática: Teoría y Práctica Avanzada

El agua, es un recurso vital en el que proliferan una diversidad de microorganismos, algunos beneficiosos y otros potencialmente patógenos. La microbiología acuática nos permite comprender los procesos biogeoquímicos, los ciclos de nutrientes y los factores que determinan la calidad del agua, así como el impacto de los microorganismos en la acuicultura y la salud humana.

Este libro ha sido estructurado en cuatro capítulos, cada uno de los cuales aborda un aspecto fundamental de la microbiología acuática. Desde los principios básicos de la microbiología hasta la aplicación de conocimientos en la salud ambiental y la acuicultura, este texto pretende ser una herramienta valiosa tanto para estudiantes como para profesionales interesados en esta disciplina.

Invitamos al lector a adentrarse en el fascinante mundo de la microbiología acuática, con un enfoque en el aprendizaje significativo y comprensivo, promoviendo el análisis crítico y el desarrollo de habilidades científicas aplicadas.

Justificación del Libro

El desarrollo científico y tecnológico en el campo de la microbiología ha generado la necesidad de contar con materiales actualizados y especializados en sus diversas ramas. La microbiología acuática es una disciplina esencial para comprender los microorganismos que habitan en ecosistemas acuáticos y su influencia en la salud, la ecología y la producción acuícola.

Esta segunda edición se justifica en la necesidad de proporcionar una guía completa, estructurada y didáctica que facilite la comprensión y aplicación de los principios microbiológicos en entornos acuáticos. Se han incorporado contenidos actualizados, nuevas metodologías de estudio y un enfoque práctico para mejorar la experiencia de aprendizaje de los lectores.

El libro está diseñado para ser un recurso valioso en la formación académica y profesional, contribuyendo al desarrollo de competencias científicas y técnicas necesarias para la investigación, el monitoreo y la gestión de los sistemas acuáticos en diversos contextos.

Objetivo del Libro

El objetivo principal de esta segunda edición es proporcionar una comprensión profunda y actualizada de la microbiología acuática, orientada hacia la aplicación significativa y comprensiva del conocimiento en este subcampo específico. Se busca facilitar a los estudiantes y profesionales un entendimiento integral de los microorganismos en ambientes acuáticos y su impacto en los ecosistemas y la salud humana. Esta edición se centra en la práctica de técnicas experimentales modernas, el uso de nuevas tecnologías para el estudio de microorganismos acuáticos y la aplicación de conocimientos microbiológicos en la resolución de problemas ambientales, de salud pública y de bioseguridad en la acuicultura. Además, se pretende que el lector desarrolle habilidades críticas para la investigación y análisis de datos microbiológicos, fortaleciendo la conexión entre la teoría microbiológica y su aplicación práctica en contextos reales y variados del ámbito acuático.

Audiencia Objetivo

Este libro está dirigido a:

- **Estudiantes de pregrado y posgrado** en microbiología, biología, biotecnología, ciencias ambientales y acuicultura.
- **Docentes e investigadores** que buscan un material de referencia actualizado sobre microbiología acuática.

Metodología de Enseñanza

Este libro ha sido diseñado con un enfoque didáctico y estructurado para facilitar el aprendizaje significativo y la aplicación de los conceptos en la práctica. Se han incorporado los siguientes elementos metodológicos:

- **Explicaciones teóricas claras y concisas**, organizadas de manera secuencial para una comprensión progresiva de los temas.
- **Ilustraciones, esquemas y tablas** que ayudan a visualizar estructuras microbianas, procesos bioquímicos y relaciones ecológicas en ambientes acuáticos.
- **Ejemplos prácticos y estudios de caso** que permiten contextualizar los conceptos en situaciones reales del campo de la microbiología acuática.
- **Actividades y preguntas de reflexión** al final de cada capítulo para reforzar el aprendizaje y estimular el pensamiento crítico.
- **Referencias bibliográficas actualizadas**, facilitando la consulta de fuentes adicionales para ampliar el conocimiento en áreas específicas.
- **Sección de anexos y glosario de términos**, que proporciona definiciones clave y materiales complementarios para el aprendizaje autónomo.

Mediante este enfoque integral se busca proporcionar a los lectores las herramientas necesarias para entender, aplicar y analizar los principios de la microbiología acuática en diferentes contextos académicos y profesionales

INTRODUCCIÓN

La microbiología es una ciencia fundamental que estudia los microorganismos y su relación con el medio ambiente. En particular, la microbiología acuática se enfoca en los microorganismos que habitan en ecosistemas acuáticos, donde desempeñan un papel esencial en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y en la salud de los seres vivos que dependen de estos entornos.

En esta segunda edición, *Microbiología: Interiorización del Conocimiento de Forma Significativa y Comprensiva. Un Enfoque a la Microbiología Acuática*, los contenidos se han organizado en cuatro capítulos que abarcan desde los fundamentos teóricos hasta la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, con el propósito de facilitar una comprensión integral de la microbiología acuática.

El primer capítulo, **“Fundamentos de la Microbiología y su Relación con el Medio Acuático”**, presenta una introducción a la microbiología, su historia, clasificación y taxonomía, así como su aplicación en el estudio de los ecosistemas acuáticos. Se analizan las principales técnicas de observación y estudio de los microorganismos acuáticos, proporcionando las bases necesarias para entender su diversidad y función ecológica.

El segundo capítulo, **“Bacterias y su Papel en los Ecosistemas Acuáticos”**, aborda la clasificación, morfología, fisiología y metabolismo de las bacterias acuáticas. Además, se estudian los métodos de cultivo, esterilización y control microbiano en ambientes acuáticos, así como su impacto en la calidad del agua y en los ciclos biogeoquímicos.

El tercer capítulo, **“Hongos, Levaduras y Virus en Ecosistemas Acuáticos”**, analiza la biología y la función de estos microorganismos en los ambientes acuáticos. Se estudian las interacciones microbianas, el impacto de las enfermedades causadas por microorganismos en los organismos acuáticos y su relevancia en la acuicultura.

Finalmente, el cuarto capítulo, **“Microbiología del Agua y su Relación con la Salud y el Medio Ambiente”**, se centra en los ciclos biogeoquímicos en ambientes acuáticos, los factores ambientales que influyen en la microbiología del agua y la contaminación microbiana. Además, se presentan métodos de análisis y tratamiento microbiológico del agua, con un enfoque en la salud pública y la preservación de los recursos hídricos.

El objetivo principal de esta edición es ofrecer una guía actualizada y de fácil acceso para estudiantes, docentes e investigadores interesados en la microbiología acuática. A través de un enfoque didáctico, se busca fomentar el aprendizaje autónomo y la capacidad investigativa, promoviendo una comprensión integral de la microbiología en los sistemas acuáticos.

A medida que avancen en la lectura de este libro, los lectores podrán explorar la complejidad de los microorganismos acuáticos, su papel en la contaminación y purificación del agua, y su impacto en la salud humana y ambiental. Confiamos en que este texto se convierta en una herramienta valiosa para quienes desean profundizar en el estudio de la microbiología acuática y su aplicación en la solución de problemas reales.

Capítulo 1. Fundamentos de la microbiología y su relación con el medio acuático.

Objetivos del capítulo

- Comprender los conceptos fundamentales de la microbiología aplicados al estudio de los ecosistemas acuáticos.
- Describir la clasificación, taxonomía y nomenclatura de los microorganismos.
- Identificar las principales técnicas de estudio y observación de microorganismos en el medio acuático.
- Reconocer la importancia de los microorganismos en procesos ecológicos y ambientales dentro de los sistemas hídricos.

La microbiología es la ciencia que estudia los microorganismos en sus aspectos morfológicos, estructurales, fisiológicos, genéticos, taxonómicos y ecológicos. Además, analiza su interacción con el ser humano, tanto en su capacidad para producir enfermedades como en sus aplicaciones biotecnológicas (Toola, 2014).

La evolución histórica de la microbiología puede clasificarse en tres fases distintas: (Tortora, Funke, & C., 2007).

a) La primera fase, conocida como el descubrimiento del mundo microbiano, abarca desde tiempos antiguos hasta el desarrollo de los primeros microscopios. Este período se destaca por una era de especulación predominante. Antonie van Leeuwenhoek es considerado uno de los pioneros en la observación de microorganismos, utilizando microscopios de una sola lente de su propio diseño en 1676.

b) La segunda fase, también llamada era observacional o de la generación espontánea (abiogénesis), postula que los organismos vivos pueden originarse a partir de materia no viva. Louis Pasteur refutó esta teoría en el siglo XIX mediante experimentos que demostraron que los microorganismos en caldos nutritivos provenían del aire y no surgían espontáneamente.

c) La tercera fase, o período de las fermentaciones, inicia con el cultivo sistemático de microorganismos y se extiende hasta finales del siglo XIX. Durante este tiempo, las teorías presentadas por Pasteur, Lister y Koch fueron cruciales para avanzar en la investigación sobre el rol y el comportamiento de las bacterias en diversas enfermedades. Pasteur desarrolló vacunas contra varias enfermedades y promovió la pasteurización para la conservación de alimentos (Brock, 2006).

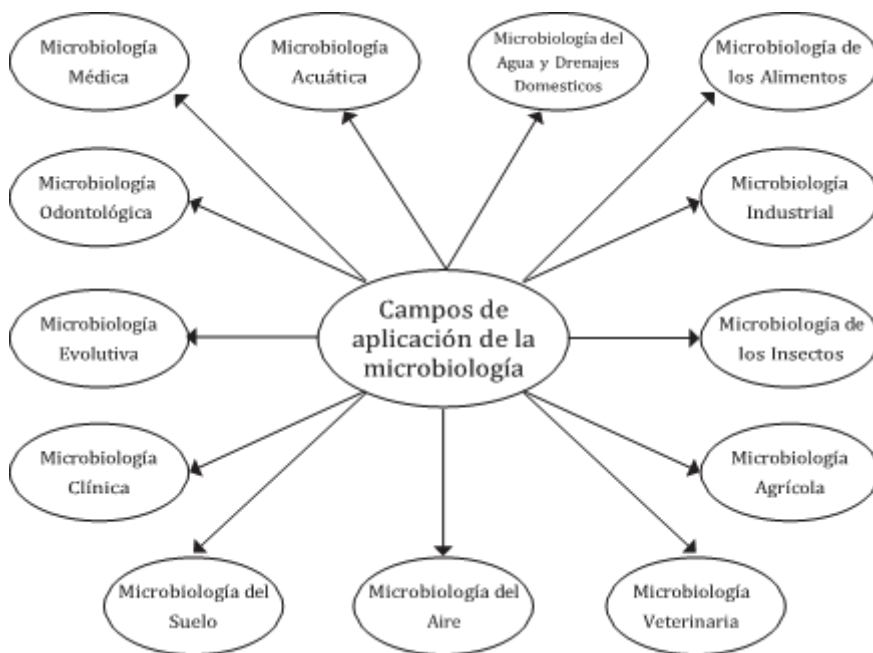
Joseph Lister introdujo técnicas de esterilización en cirugía, reduciendo las infecciones postoperatorias. Robert Koch identificó los agentes causales de enfermedades como la tuberculosis y el cólera, y estableció los postulados que relacionan microorganismos con enfermedades específicas.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS



Hay muchos campos de aplicación de la Microbiología, algunos de los cuales se enuncian aquí, describiendo las características generales de cada campo.

Gráfico 1. Campos de Aplicación de la Microbiología



Fuente: Elaboración propia

Microbiología médica

La microbiología médica es una disciplina científica que se enfoca en el estudio de la diversidad de microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, virus, hongos y parásitos, que tienen la capacidad de provocar enfermedades en los seres humanos. Esta rama de la microbiología es fundamental en el campo de la medicina, ya que se ocupa del diagnóstico etiológico de las enfermedades infecciosas mediante el aislamiento e identificación de agentes infecciosos. Además, la microbiología médica también incluye el estudio de la respuesta inmunológica del paciente frente a estas infecciones. Su aplicación es crucial para desarrollar tratamientos efectivos, establecer medidas de prevención y controlar la propagación de enfermedades infecciosas en la población (Koneman, et al. 2008).

Microbiología de los alimentos

La microbiología de alimentos es una disciplina que examina cómo los microorganismos afectan las características de los productos destinados al consumo humano o animal. Esta área de estudio abarca procesos que influyen tanto positiva como negativamente en la calidad, seguridad, y propiedades organolépticas de los alimentos. Además, la microbiología de alimentos incorpora principios de ecología microbiana, que estudia las interacciones de los microorganismos en su ambiente, y de biotecnología, aplicada en la mejora y producción de alimentos. Esta ciencia juega un papel crucial en el desarrollo de métodos para la conservación de alimentos, en la mejora de procesos fermentativos y en la garantía de la seguridad alimentaria a través del control de patógenos y la optimización de los beneficios de microorganismos útiles (Jay, Loessner, & Golden, 2021).

Microbiología industrial.

Es una rama de la microbiología que se centra en la explotación comercial de microorganismos para la producción de bienes y servicios. Esta disciplina abarca una amplia gama de procesos que son cruciales desde puntos de vista económico, ambiental y social. La microbiología industrial juega un papel fundamental en la fabricación de productos farmacéuticos, alimentos fermentados, biocombustibles, enzimas y otros productos químicos biotecnológicos. Además, esta ciencia contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental mediante el desarrollo de procesos biotecnológicos para el tratamiento de desechos y la biorremediación. Su impacto en la sociedad y la economía es profundo, facilitando soluciones innovadoras que mejoran la calidad de vida y promueven un entorno más sostenible (Priyom, s.a.).

Microbiología veterinaria

La microbiología veterinaria es una especialización dentro de la microbiología que se dedica al estudio de las bacterias y otros microorganismos como agentes

causantes de enfermedades infecciosas en animales. Esta rama de la biología explora cómo diversos microorganismos patógenos afectan la salud animal, siendo crucial para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades infecciosas en una variedad de especies animales. La microbiología veterinaria emplea técnicas avanzadas, incluyendo el uso de microscopios ópticos y electrónicos, para observar organismos que no son visibles a simple vista, facilitando así una comprensión más profunda de las interacciones patógeno-hospedero y contribuyendo al desarrollo de estrategias efectivas de control sanitario en la medicina veterinaria (Vadillo, Mateos, & Durán, 2002).

Microbiología del aire

La microbiología del aire es la rama de la ciencia que estudia los microorganismos presentes en la atmósfera. Aunque la atmósfera no alberga una microbiota autóctona, funciona como un medio importante para la dispersión de diversos microorganismos procedentes de otros ambientes, tales como esporas, bacterias, virus y hongos. Estos organismos pueden tener adaptaciones especializadas que facilitan su supervivencia y permanencia en condiciones aéreas, lo que subraya su importancia tanto desde una perspectiva biológica como económica. La microbiología del aire tiene implicaciones significativas en áreas como la salud pública, la biotecnología y la agricultura, dado que la calidad del aire y la dispersión de patógenos afectan directamente estos sectores (Woolverton, Willey, & Sherwood, 2016).

Microbiología del suelo

La microbiología del suelo es una especialización dentro de la microbiología que ha emergido debido al reconocimiento creciente de los numerosos y vitales procesos realizados por bacterias, hongos y otros microorganismos presentes en el suelo. Esta disciplina se enfoca en el estudio de la comunidad microbiana del suelo y su rol en las transformaciones bioquímicas y físicas que se producen en este entorno. Además, examina la influencia significativa de estos microorganismos en la nutrición vegetal y el rendimiento de las cosechas, lo cual es esencial para la agricultura sostenible y la gestión de ecosistemas terrestres. La microbiología del suelo juega un papel crucial en el entendimiento y la mejora de la fertilidad del suelo y la salud del ecosistema (Eldor, 2014).

Microbiología clínica

La microbiología clínica es una disciplina de la medicina aplicada que se centra en el estudio de los microorganismos patógenos responsables de enfermedades infecciosas. Esta especialidad es fundamental para el diagnóstico preciso de infecciones, permitiendo la identificación de los agentes causantes mediante diversas técnicas de laboratorio. Además, la microbiología clínica abarca la epidemiología, que investiga cómo se propagan las enfermedades dentro de las poblaciones; la patogénesis, que estudia los mecanismos moleculares y celulares que permiten a los microorganismos causar enfermedad; y la prevención de

infecciones mediante la vacunación y el uso de tratamientos antibióticos. Su rol es crucial en el desarrollo de estrategias de control y prevención para enfrentar las enfermedades infecciosas, mejorando así la salud pública global (Tortora, Funke, & Case., 2007).

Microbiología agrícola

La microbiología agrícola es una rama de la microbiología que se dedica al estudio de las actividades microbianas y su impacto en la producción agrícola. Esta disciplina científica explora cómo los microorganismos, tanto beneficiosos como perjudiciales, afectan a los cultivos y a la productividad del suelo. Dentro de sus principales subdivisiones se encuentran la fitopatología, que estudia las enfermedades de las plantas causadas por patógenos, y la microbiología del suelo, que investiga los microorganismos que residen en el suelo y su papel en la nutrición de las plantas, la salud del suelo y los ciclos biogeoquímicos. La microbiología agrícola es esencial para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes que mejoren la producción de alimentos sin comprometer la salud ambiental (Black & Black, 2022).

Microbiología Acuática

La microbiología acuática es un subcampo emergente y vital de la microbiología que ha adquirido mayor relevancia en las últimas décadas. Esta disciplina se centra en el estudio de los microorganismos y su papel en los ecosistemas acuáticos, explorando cómo estos organismos afectan la salud de dichos ecosistemas, contribuyen a los ciclos biogeoquímicos y alteran la calidad del agua. La importancia de la microbiología acuática se ha intensificado ante la creciente preocupación ambiental y la necesidad de gestionar los recursos hídricos de manera sostenible. Los investigadores en este campo buscan comprender las interacciones complejas entre microorganismos y su entorno acuático para desarrollar estrategias que aseguren la conservación y la recuperación de los hábitats acuáticos afectados por la actividad humana y los cambios ambientales (González & Rocío, 2012).

Tabla 1: Actividad 1 Escribir las características generales de cada campo de aplicación de la microbiología.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE MICROBIOLOGÍA	
CAMPOS	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Microbiología acuática	
Microbiología agrícola	
Microbiología de los alimentos	
Microbiología industrial	
Microbiología de los insectos	

Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO DE LOS MICROORGANISMOS

Gráfico 2: Historia del estudio de los microorganismos



Fuente: <https://www.uv.es/mabegaga/leeuwenhoek/leeuwenhoek.html>

Antonie van Leeuwenhoek, es uno de los investigadores que se destaca dentro de la historia de la microbiología, ya que logró observar por primera vez en un microscopio muy rústico a unos “pequeños animáculos” lo que actualmente se conoce como microorganismos. Por ende, se menciona que los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra, se los encuentra distribuidos en todos los ambientes: suelo, agua y aire. Los roles que cumplen en estos ambientes son vitales y están en interacción continua con las plantas, los animales y el hombre.

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en el equilibrio de los ecosistemas y en la preservación de la vida en la Tierra. Se les compara con pequeños soldados microscópicos debido a su participación esencial en diversos procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos, de los cuales dependemos para nuestra supervivencia. Su intervención es crucial para afrontar los grandes desafíos del futuro, especialmente en lo que respecta a la producción de alimentos, el desarrollo de medicamentos y la mitigación de problemas ambientales y de contaminación.

Los microorganismos también pueden ser patógenos, ya que hay grupos de ellos que dañan la salud humana, y son principalmente bacterias, virus y protozoarios. Algunos de ellos fueron y siguen siendo causa de una elevada mortalidad. Dentro de la historia de la humanidad consta la viruela causada por el poxvirus *Variola spp.*, la lepra por *Mycobacterium leprae*, la peste por *Yersinia pestis*, el tifo por *Rickettsia typhi* y el cólera por la bacteria *Vibrio cholerae*; o incluso muy recientemente las muertes causadas por los virus del sars, del sida y de la influenza (Tortora et al., 2007).

TAXONOMÍA, CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LOS MICROORGANISMOS

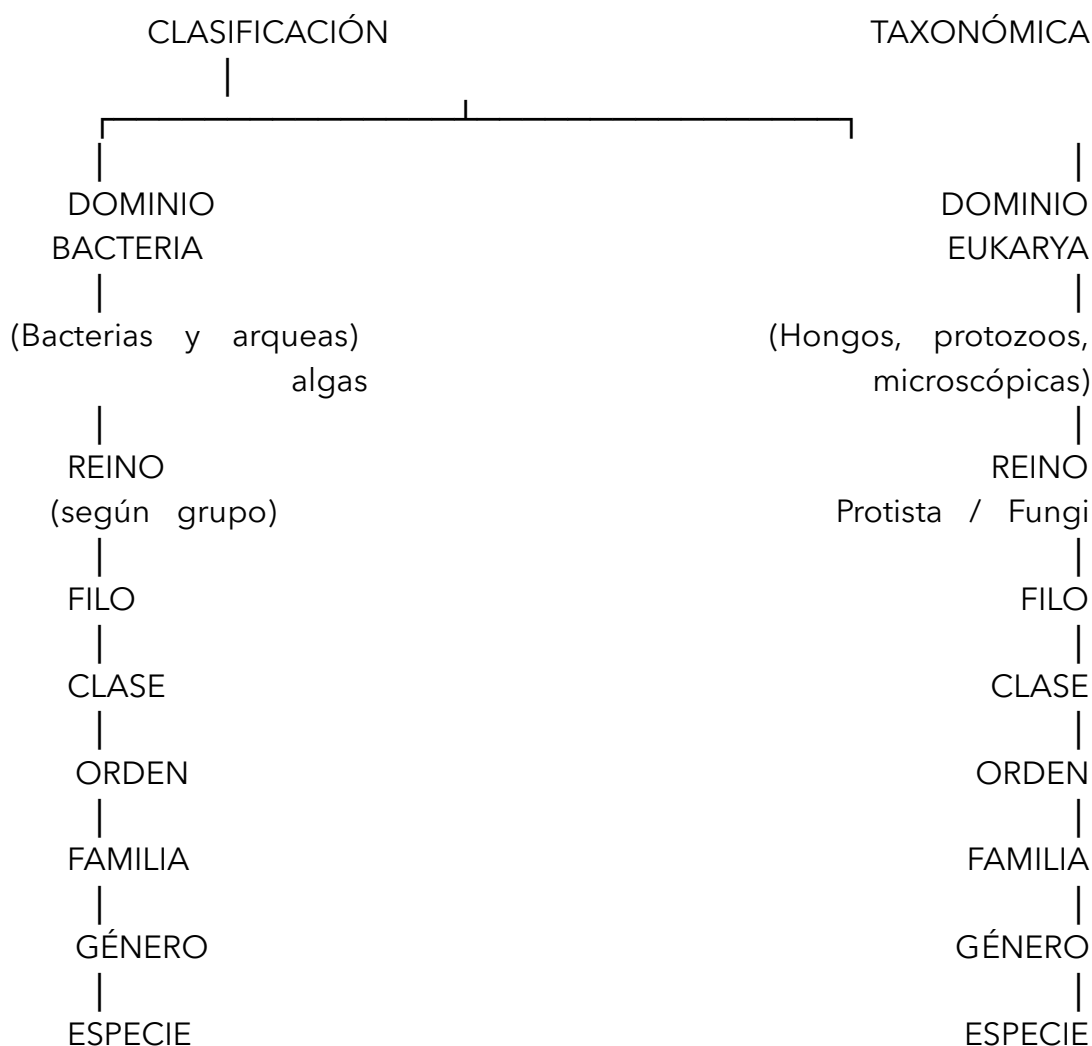
Los microorganismos han habitado la Tierra durante miles de millones de años antes de la aparición de plantas y animales, y su diversidad genética y fisiológica supera ampliamente la de los seres multicelulares. Desde el punto de vista de su clasificación, estos organismos se agrupan en diversas categorías, como bacterias, arqueas, hongos, protozoarios y virus, cada uno con características específicas que les permiten desempeñar funciones.

Taxonomía y Clasificación

La taxonomía, es la rama de la biología que se ocupa de la clasificación, identificación y nomenclatura de los organismos. La clasificación se relaciona con la agrupación de los organismos en grupos o taxones en función de semejanzas mutuas o del parentesco evolutivo –filogenia. La clasificación de los microorganismos (Gráfico 3) se basa en su estructura celular y organización biológica. Se pueden dividir en aquellos sin organización celular, como los virus, que carecen de una estructura celular definida y requieren de un hospedador para su reproducción. Por otro lado, los microorganismos con organización celular se subdividen en procariotas y eucariotas. Los procariotas, representados principalmente por las bacterias, son organismos unicelulares sin núcleo definido. En contraste, los eucariotas poseen un núcleo verdadero y pueden clasificarse en unicelulares, como las algas unicelulares, los protozoos y las levaduras, que presentan estructuras celulares más complejas. Esta clasificación permite comprender mejor la diversidad microbiana y su relevancia en distintos procesos biológicos y aplicaciones científicas.

Para facilitar la comprensión de los niveles jerárquicos de clasificación microbiana, se incorpora el siguiente diagrama que resume la estructura taxonómica desde los dominios hasta las especies. Este recurso visual complementa la explicación textual y permite al lector identificar de manera clara la relación entre los distintos grupos de microorganismos.

Gráfico 3. Diagrama de clasificación Taxonómica de los Microorganismos



Fuente: Elaborado con IA.

Nomenclatura

Es importante diferenciar entre taxonomía y nomenclatura, ya que nomenclatura es únicamente darle el nombre al organismo luego que se ha completado el trabajo taxonómico. Para nombrar las bacterias se usa la nomenclatura binomial, establecida por Carlos Linneo, Padre de la Taxonomía en el siglo XVII, en el cual el nombre de la bacteria está constituido por 2 palabras; la primera es una palabra en latín o latinizada, que se escribe con la primera letra en mayúscula e indica el GÉNERO, usualmente esta palabra proviene del nombre del descubridor u otro científico relacionado o describe la morfología del microorganismo. La segunda palabra indica la ESPECIE, se escribe con minúscula, y es usualmente descriptivo refiriéndose al color, origen, patogenicidad, etc.

(Tortora et al., 2007).

Tabla 2: Actividad 2. En la siguiente tabla desarrollar su propio concepto en base a lo descrito anteriormente.

TAXONOMÍA-NOMENCLATURA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Consulte el concepto de taxonomía.	
Consulte el concepto de clasificación.	
En base a los dos conceptos, elabore su propio concepto tanto de taxonomía como de clasificación.	

Fuente: Elaboración propia.

MEDIOS DE CULTIVO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS (Stainer, Adelberg, & Ingraham, 1985)

Una de las formas más importantes para la identificación de microorganismos es observar su crecimiento en sustancias alimenticias artificiales preparadas en el laboratorio. El sustrato alimenticio en el que crecen los microorganismos se denomina Medio de Cultivo y el crecimiento de los microorganismos es el Cultivo. Por tanto, los medios de cultivo se definen como sustancias que proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de microorganismos, como bacterias, hongos o virus, en condiciones controladas de laboratorio.

Se han preparado más de 10.000 medios de cultivo diferentes con los nutrientes que requieren las bacterias, hongos y otros microorganismos para crecer.

Para que los microorganismos crezcan adecuadamente en un medio de cultivo artificial, debe reunir una serie de condiciones como son: temperatura, grado de humedad y presión de oxígeno adecuado, así como un grado correcto de acidez o alcalinidad. Un medio de cultivo debe contener los nutrientes y factores de crecimiento necesarios y debe estar exento de todo microorganismo contaminante.

Clasificación de medios de cultivo.

Según su estado físico o consistencia.

- **Medios líquidos:** Son los que se presentan en este estado líquido, denominándose por esta razón caldos. El medio líquido más utilizado es el llamado caldo nutritivo, compuesto principalmente de extracto de carne, peptona y agua. Se utiliza fundamentalmente cuando se pretende la obtención de una suspensión bacteriana de una determinada concentración.
- **Medios sólidos:** Se obtienen a partir de medios líquidos mediante la adición de un agente gelificante, siendo los más frecuentes la gelatina y el agar. La gelatina es una proteína de origen animal que se obtiene principalmente a partir de huesos. Estos medios se utilizan para aislar bacterias mediante la formación de colonias individuales sobre su superficie, permitiendo estudiar la morfología de dichas colonias, algo que no es posible en medios líquidos. La característica que diferencia claramente a los medios sólidos de los líquidos es justamente la presencia del agar-agar, una sustancia que proporciona solidez y consistencia al medio de cultivo.
- **Medios semisólidos:** Se elaboran tomando como base los medios líquidos, a los cuales se les añade un agente gelificante en menor cantidad que la utilizada en la preparación de medios sólidos. Su aplicación principal es para evaluar la movilidad bacteriana.

Según su Uso.

- **Medios comunes:** Son aquellos que contienen los elementos esenciales mínimos para permitir el desarrollo de bacterias que no requieren condiciones especiales de crecimiento. El medio más representativo de esta categoría es el agar nutritivo o agar común, que se obtiene al añadir agar al caldo nutritivo.
- **Medios de enriquecimiento:** Son aquellos medios que, aparte de incluir nutrientes comunes, contienen factores adicionales esenciales para favorecer el crecimiento de microorganismos más exigentes. Este enriquecimiento generalmente se logra añadiendo sustancias biológicas como sangre, suero, leche o bilis.

- **Medios selectivos:** Son aquellos diseñados específicamente para promover el crecimiento de ciertas bacterias dentro de una población mixta. El principio fundamental de estos medios es proporcionar nutrientes que favorecen selectivamente el desarrollo de un grupo microbiano específico.
- **Medios inhibidores:** Son aquellos en los que las sustancias agregadas a un medio selectivo bloquean completamente el desarrollo de ciertas poblaciones microbianas. En este sentido, los medios inhibidores representan una forma más estricta o restrictiva de los medios selectivos.
- **Medios diferenciales:** Estos medios permiten evidenciar características bioquímicas específicas que facilitan la diferenciación entre distintos géneros o especies microbianas. Generalmente incluyen algún azúcar fermentable o un sustrato metabolizable para este propósito.
- **Medios de identificación:** Son medios utilizados para verificar características específicas que permiten reconocer e identificar microorganismos. Estos medios deben contener los nutrientes esenciales para garantizar el crecimiento microbiano, además del sustrato específico que será metabolizado y un indicador que facilite la visualización del resultado.
- **Medios de multiplicación:** Su función es promover un crecimiento abundante de células a partir de un microorganismo previamente aislado. Son frecuentemente utilizados en la elaboración de vacunas, investigaciones científicas y procesos industriales.
- **Medios de conservación:** Se emplean para mantener viables cepas bacterianas específicas que interesan preservar por diferentes razones, principalmente como controles de calidad en el Laboratorio de Microbiología. Existen tres métodos comunes para conservar estas cepas:
Realizando transferencias periódicas entre placas,
Liofilizando suspensiones bacterianas,
Congelando las cepas en leche descremada estéril al 0,1%.
- **Medios de transporte**
Estos medios son utilizados para trasladar muestras clínicas cuando no pueden sembrarse inmediatamente. Generalmente, la torunda que contiene la muestra se coloca

en el interior de un tubo con medio de transporte.

Según su Composición

- **Medios complejos**

Fueron los primeros medios utilizados y actualmente siguen siendo los más comunes. Se preparan principalmente a partir de tejidos animales y, con menor frecuencia, de vegetales. No poseen una composición exacta y, por lo tanto, ésta puede variar ligeramente entre preparaciones.

- **Medios sintéticos**

Son medios cuya composición incluye únicamente sustancias químicas conocidas, disueltas en agua destilada en concentraciones precisas, lo que permite obtener un medio de cultivo con una composición perfectamente definida.

- **Medios semisintéticos**

Debido a la complejidad y variedad de factores de crecimiento necesarios para algunos microorganismos, es inviable o muy costoso crear un medio sintético puro. En estos casos, los factores de crecimiento se incorporan mediante extractos orgánicos complejos como extracto de levadura o de tejidos. Algunos microorganismos como virus, Chlamydias o Rickettsias no crecen en medios artificiales, necesitando células vivas específicas para su cultivo.

Según su Origen

- **Naturales**

Son aquellos medios elaborados a partir de sustancias naturales, de origen animal o vegetal, tales como extractos de tejidos o infusiones, cuya composición química exacta no es conocida con precisión.

- **Sintéticos**

Son medios con una composición química definida tanto cualitativa como cuantitativamente, lo que garantiza la obtención de resultados reproducibles.

- **Semisintéticos**

Son medios sintéticos a los cuales se les añaden factores de crecimiento en forma de extractos orgánicos complejos, como, por ejemplo, extracto de levadura.

Tabla 3: Actividad 3. Describir las características de cada uno de los medios de cultivo.

CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO		
Según su:	Clasificación	Descripción
Estado físico o consistencia	Medios líquidos	
	Medios sólidos	
	Medios semisólidos	
Utilización	Medios comunes	
	Medios de enriquecimiento	
	Medios selectivos	
	Medios inhibidores	
	Medios diferenciales	

Fuente: Elaboración propia.

Cultivos puros y mixtos



Cultivos puros

Son aquellos que contienen un solo tipo de microorganismo. El modo de obtener estos cultivos consiste en colonias aisladas, que provienen de una sola célula.

Características de los cultivos puros

- Las colonias deben ser iguales en forma, tamaño y color.
- Al observar al microscopio deben presentar un aspecto común.
- Bioquímica y fisiológicamente deben tener respuestas similares



Cultivos mixtos

Es el que contiene el crecimiento de más de una especie de microorganismos

TÉCNICAS DE SIEMBRA DE CULTIVO: (Martino et al., 2007).

Técnica de Barry o vertido en placa:

Consiste en colocar un volumen de 1 ml del inóculo en la caja Petri y sobre ella se vierte el medio de cultivo preparado en un volumen de 15 a 20 ml a una temperatura de 45 a 50 °C a la caja Petri y se deja solidificar.

Conteo de las colonias: Número de colonias/volumen de la muestra = UFC/ml.

UFC: Unidades formadoras de colonias.

Siembra en placa por extensión o dispersión:

Consiste en colocar sobre el medio de cultivo una vez que tenga la consistencia sólida 0.1 ml de la muestra o inóculo y se dispersa sobre la superficie con la ayuda del asa de drigalsky o un hisopo.

Conteo de las colonias: Número de colonias/volumen de la muestra = UFC/ml

UFC: Unidades formadoras de colonias

Siembra por dilución:

Consiste en preparar un set de tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada y de la muestra madre se toma un volumen de 1 ml colocándolo en el primer tubo de ensayo, denominándose 10^1 ,

luego se toma de éste primer tubo de ensayo 1 ml de la muestra bien homogenizada y se coloca en el segundo tubo de ensayo denominándose 10^2 y así sucesivamente colocando en cada tubo de ensayo el número de dilución respectivo a lo que se denomina Factor de Dilución (FD).

Conteo de las colonias: Número de colonias x FD / Volumen de la muestra

Siembra por estrías en tubos de ensayo:

Consiste en colocar el inóculo en la superficie del agar inclinado en un tubo de ensayo, se extiende por toda la superficie con el asa bacteriológica, previamente esterilizada y cargada con el inóculo a sembrar, haciendo estrías. Se inicia por la parte más inclinada de la superficie y se termina la estría en la parte más cerca de la boca del tubo.

Siembra por estría por agotamiento:

Consiste en colocar sobre el medio de cultivo solidificado con el asa previamente esterilizada el inóculo realizando rayados en zigzag hasta agotar la muestra por toda la superficie de la placa.

Siembra por picadura o punción en tubo de ensayo:

Con una aguja de siembra estéril se toma el inóculo que se quiere sembrar y se lo introduce en el tubo, con medio semisólido. Se introduce la aguja de siembra estéril hasta el fondo. Este método se utiliza para estudiar la movilidad de las bacterias.

LA MICROBIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO ACUÁTICO

La relación de la microbiología con el medio acuático marca su importancia no solo para el entendimiento y conservación de la biodiversidad acuática, sino también para la solución de problemas ambientales mediante prácticas sostenibles (Austin & Austin, 2022). Una de las aplicaciones más críticas de la microbiología en el contexto acuático es el diagnóstico de enfermedades en especies acuáticas. la microbiología puede contribuir significativamente a la salud y estabilidad de los ecosistemas acuáticos de la siguiente manera:

- **La detección temprana de Patógenos:** Los microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, virus y parásitos, pueden causar enfermedades devastadoras en poblaciones de especies acuáticas, tanto en ambientes naturales como en cultivos acuícolas. La microbiología proporciona herramientas esenciales para la identificación y caracterización rápida de estos patógenos, lo cual es crucial

para implementar medidas de control y prevención efectivas (FAO. 2023) (Woo & Cipriano, 2017).

- **Uso de Técnicas de laboratorio avanzadas:** La utilización de técnicas microbiológicas, como el cultivo de microorganismos, PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), secuenciación de ADN, y microscopía electrónica, permite a los científicos diagnosticar con precisión las enfermedades y entender las rutas de transmisión de los patógenos. Esto facilita intervenciones más dirigidas y efectivas para manejar brotes de enfermedades en entornos acuáticos (Shao et al., 2020).
- **Desarrollo de Tratamientos y Vacunas:** La comprensión profunda de la biología y genética de los patógenos acuáticos que proporciona la microbiología es fundamental para el desarrollo de tratamientos y vacunas que protejan a las especies acuáticas de futuras infecciones, minimizando así las pérdidas en la acuicultura y conservando la biodiversidad en hábitats naturales (Defoirdt, 2020).
- **Monitoreo de la Salud del Ecosistema:** Al analizar los patrones de enfermedad y la presencia de microorganismos patógenos en el agua, la microbiología ayuda a monitorear la salud general de los ecosistemas acuáticos. Este monitoreo es esencial para detectar cambios o deterioros en la calidad ambiental que podrían indicar problemas más amplios, incluyendo la contaminación o el efecto del cambio climático. (USEPA, 2022).
- **Educación y Capacitación en Bioseguridad:** La microbiología acuática también juega un papel crucial en la educación y capacitación de los acuicultores y conservacionistas en prácticas de bioseguridad. Al entender los mecanismos de transmisión y control de enfermedades microbianas, se pueden implementar estrategias más efectivas para prevenir la propagación de enfermedades entre poblaciones acuáticas. (WOAH, 2023).

En la siguiente tabla colocar las contribuciones de la microbiología acuática, detallando las características respectivas.

Tabla 4: Actividad 4. En la siguiente tabla colocar las diferentes aplicaciones de la microbiología acuática y sus características según el ejemplo.

APLICACIONES DE LA MICROBIOLOGÍA ACUÁTICA	
Contribución	CARACTERÍSTICAS
Detección Temprana de patógenos	

Fuente: Elaboración propia.

ENSAYO SOBRE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MICROORGANISMOS EN EL AMBIENTE ACUÁTICO

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos debido a su diversidad funcional y capacidad adaptativa. Estos pequeños organismos incluyen bacterias, virus, hongos, protozoos y microalgas, y son esenciales para mantener la estabilidad ecológica del ambiente acuático (Madigan et al., 2021).

Una de las principales ventajas de los microorganismos es su participación en los ciclos biogeoquímicos esenciales, como los del nitrógeno, carbono y fósforo, facilitando el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos (Kirchman, 2021). Las bacterias nitrificantes, por ejemplo, transforman amonio en nitrito y nitrato, compuestos fundamentales para la asimilación por plantas acuáticas y fitoplancton.

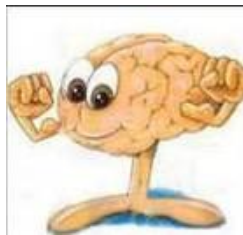
Además, algunos microorganismos actúan como agentes de biorremediación, limpiando los ambientes acuáticos contaminados por hidrocarburos, metales pesados y sustancias orgánicas tóxicas. Especies como *Pseudomonas aeruginosa* o *Bacillus subtilis* son reconocidas por su capacidad de

biodegradar sustancias contaminantes, mejorando así la calidad del agua (Singh et al., 2020).

Por otro lado, los microorganismos pueden presentar algunas desventajas importantes. Patógenos como *Vibrio cholerae* o *Escherichia coli* en cuerpos de agua representan un riesgo significativo para la salud pública, causando enfermedades gastrointestinales graves y brotes epidémicos (Subham et al., 2014). Asimismo, la proliferación excesiva de ciertos microorganismos, como cianobacterias, genera fenómenos de eutrofización, que resultan en disminución del oxígeno disuelto y muerte masiva de peces y otros organismos acuáticos (Paerl y Otten., 2021).

Además, los virus en ambientes acuáticos pueden alterar poblaciones microbianas benéficas mediante infecciones selectivas, provocando desequilibrios ecológicos importantes que afectan la biodiversidad y funcionalidad del ecosistema (Suttle, 2021).

Los microorganismos acuáticos poseen características duales que son cruciales tanto para el monitoreo y gestión adecuadamente, potenciando sus beneficios y mitigando los riesgos



**REFLEXIÓN SOBRE LO APRENDIDO EN EL
CAPÍTULO 1**

Al estudiar este primer capítulo sobre los fundamentos de la microbiología y su relación con el medio acuático, se ha destacado la importancia de los microorganismos y cómo estos seres, aunque diminutos, tienen un impacto considerable sobre el equilibrio ecológico, la salud humana y animal, así como en la sostenibilidad ambiental. Los microorganismos, que incluyen bacterias, virus, hongos y protozoarios, desempeñan roles vitales en los ciclos biogeoquímicos, manteniendo así la vida y la estabilidad en diversos ecosistemas, especialmente los acuáticos.

Además, se da a conocer sobre la evolución histórica de la microbiología. Desde los primeros avances realizados por Antonie van Leeuwenhoek, quien observó los primeros microorganismos, hasta las teorías revolucionarias de Pasteur, Lister y Koch que transformaron nuestra comprensión sobre la transmisión de enfermedades y el control de infecciones, queda claro que la microbiología es una ciencia dinámica que evoluciona junto con las necesidades humanas y ambientales.

Otra área que se ha destacado en el aprendizaje del capítulo es la

variedad de aplicaciones prácticas de la microbiología. Campos como la microbiología médica, veterinaria, de alimentos, industrial, del aire, del suelo, agrícola, clínica y especialmente la acuática, demuestran que los microorganismos son clave para resolver problemas actuales como enfermedades infecciosas, seguridad alimentaria, contaminación ambiental y conservación de recursos naturales. En particular, la microbiología acuática emergió como un campo esencial debido a su papel en la conservación de los ecosistemas acuáticos, la mitigación de contaminantes y el control de patógenos que afectan tanto la vida silvestre como las actividades humanas.

Finalmente, este capítulo permite apreciar la importancia de técnicas y metodologías específicas para el estudio microbiológico, como la elaboración de medios de cultivo y diferentes técnicas de siembra. El uso adecuado de estas técnicas permite no solo identificar y estudiar microorganismos con precisión, sino también desarrollar soluciones concretas para desafíos ecológicos y sanitarios.

Resumen del capítulo

El capítulo introduce los principios esenciales de la microbiología, destacando su papel en el estudio y comprensión de los ecosistemas acuáticos. La microbiología, se define como la ciencia que analiza la morfología, fisiología, genética, ecología y taxonomía de los microorganismos, así como su interacción con el ser humano y el ambiente.

Se examina los principales campos de aplicación de la microbiología, como la microbiología médica, de alimentos, industrial, veterinaria, del aire, del suelo, agrícola, clínica y acuática. Cada una aborda el papel de los microorganismos en salud, producción, ambiente y biotecnología, resaltando su importancia en la prevención de enfermedades, la elaboración de alimentos, la sostenibilidad agrícola y la conservación ambiental.

Se detallan conceptos fundamentales de taxonomía, clasificación y nomenclatura, explicando que los microorganismos se agrupan según su organización biológica en virus, procariotas (bacterias) y eucariotas (hongos, protozoos y algas). Se enfatiza el uso de la nomenclatura binomial para nombrar bacterias siguiendo las reglas del género y la especie.

Otro apartado importante es el estudio de los medios de cultivo, esenciales para el aislamiento, crecimiento e identificación de microorganismos. Se presenta su clasificación según consistencia (líquidos, sólidos, semisólidos), uso (comunes, selectivos, de enriquecimiento, diferenciales, inhibidores, conservación, transporte) y composición (complejos, sintéticos, semisintéticos). Se explican además las características de los cultivos puros y las técnicas de siembra utilizadas en microbiología.

Finalmente, el capítulo destaca la relación directa entre microbiología y medio acuático, subrayando que los microorganismos son fundamentales en los ciclos biogeoquímicos, la calidad del agua, la salud de los organismos acuáticos y el equilibrio ecológico

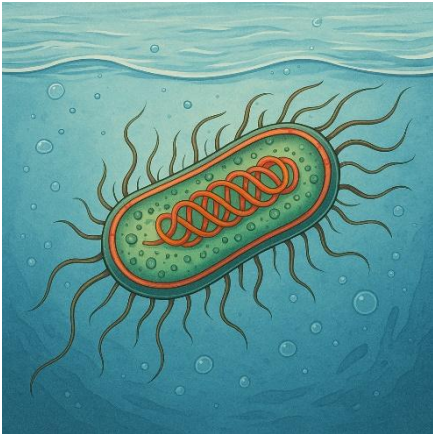
Capítulo 2: Estudio de las bacterias y su relación en los ambientes acuáticos.

Objetivos del capítulo

- Analizar las características morfológicas, fisiológicas y ecológicas de las bacterias acuáticas.
- Explicar el crecimiento bacteriano y los factores que lo regulan en ecosistemas acuáticos.
- Describir los métodos de cultivo, control microbiano y esterilización aplicados en acuicultura.
- Evaluar el papel de las bacterias beneficiosas y patógenas en la calidad del agua y la salud de organismos acuáticos.

➤

Gráfico 4: Bacterias



Fuente: Elaborado con IA.

ANTECEDENTES DE LAS BACTERIAS.

Las bacterias o procariotas constituyen la forma de vida más antigua y exitosa. Surgieron hace alrededor de 3.5 mil millones de años, durante el período de la Era Arcaica. La Tierra era un lugar muy diferente al actual, con una atmósfera rica en gases como dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero carente de oxígeno. Las bacterias primitivas eran anaerobias, es decir que no requerían oxígeno para sobrevivir.

Estas bacterias antiguas desempeñaron un papel crucial en la transformación del ambiente primitivo, liberando oxígeno a través de la fotosíntesis. A medida que el oxígeno se acumulaba en la atmósfera, surgieron nuevas formas de vida que pudieron aprovecharlo para la respiración aeróbica. Con el tiempo, las bacterias evolucionaron en diversas formas y ocuparon una variedad de nichos ecológicos.

Estas bacterias antiguas, desarrollaron diferentes mecanismos de supervivencia, como la formación de endosporas para resistir condiciones adversas como temperatura, oxígeno, pH entre otros y la adquisición de genes a través de transferencia genética horizontal, lo que les permitió adaptarse rápidamente a cambios en el entorno (Stainer et al., 1985).

Características de las Bacterias (Granados & Villaverde, 2003)

Tamaño:

Las bacterias son microorganismos unicelulares, con un tamaño que varía entre 0.5 a 5 micrómetros (μm) de longitud, aunque algunos pueden llegar a medir hasta medio milímetro de largo.

Algunas bacterias son mucho más pequeñas, con tamaños en el rango de 0.2 a 0.5 micrómetros como es el caso de las micoplasmas que miden 0.3 micrómetros, mientras que otras pueden ser más grandes, llegando hasta 10 micrómetros o más.

Estructura Celular:

Carecen de núcleo definido y de orgánulos membranosos. Su material genético se encuentra disperso en la región central denominado nucleoide.

Morfología y Estructura:

Presentan una variedad de formas como las de esferas a las que se denominan cocos, las de forma de bastón denominándose bacilos, de forma helicoidal denominándose espirilos. Pueden formar estructuras resistentes denominadas endosporas que la protegen de condiciones adversas.

La forma de las bacterias es una de sus principales características morfológicas y se clasifica en tres tipos principales: (Murray et al., 2017).

Tabla 5. Clasificación de las bacterias según su forma.

Forma	Tipo	Descripción
Cocos (esféricas o redondeadas)	Diplococos	En pares (ej. <i>Neisseria gonorrhoeae</i>)
	Streptococos	En cadenas (ej. <i>Streptococcus pyogenes</i>)
	Estafilococos	En racimos (ej. <i>Staphylococcus aureus</i>)
	Tétradas	Grupos de cuatro

	Sarcinas	Grupos de ocho o más en forma cúbica.
Bacilos (en forma de bastón o cilindro)	Bacilos simples	Forma recta y alargada (ej. <i>Escherichia coli</i>).
	Diplobacilos	En pares
	Estreptobacilos	En cadenas (ej. <i>Streptobacillus moniliformis</i>)
	Cocobacilos	Intermedio entre coco y bacilo (ej. <i>Bordetella pertussis</i>)
Espirales	Vibrios	En forma de coma (ej. <i>Vibrio cholerae</i>)
	Espirilos	Forma helicoidal rígida con flagelos (ej. <i>Spirillum volutans</i>)
	Espiroquetas	Forma helicoidal flexible y sin flagelos externos (ej. <i>Treponema pallidum</i>)

Fuente: Murray et al., (2017).

Estructura de la Célula Bacteriana:

Pared Celular:

La pared celular es una estructura compuesta principalmente de peptidoglucano, un material diferente al que se encuentra en las células vegetales y animales, donde predominan la celulosa y la quitina, respectivamente.

Tabla 6: Clasificación de las Bacterias según la Pared Celular

Tipo de Bacteria	Características
Bacterias Gram Positivas	Pared celular gruesa con peptidoglucano. Sin membrana externa. Se tiñen de morado/azul en la tinción de Gram. Ejemplo: <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i> .
Bacterias Gram Negativas	Pared celular delgada con poco peptidoglucano. Poseen membrana externa con

	lipopolisacáridos (LPS). Se tiñen de rosado/rojo en la tinción de Gram. Ejemplo: <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .
Bacterias sin Pared Celular (Mollicutes)	No poseen pared celular. Son resistentes a antibióticos que atacan el peptidoglucano. Tienen membrana plasmática con esteroides. Ejemplo: <i>Mycoplasma pneumoniae</i> .
Bacterias con Pared Especial (Ácido-Alcohol Resistentes)	Pared con alto contenido de ácidos micólicos. Resistentes a la tinción de Gram, requieren tinción de Ziehl-Neelsen. Ejemplo: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> .

Fuente: (Willey et al., 2017)

Movimiento:

Algunas bacterias son móviles gracias a apéndices llamados **flagelos** que les permiten desplazarse en líquidos en respuesta a estímulos químicos o físicos del entorno. Otras bacterias pueden moverse mediante deslizamiento o por cambios en la forma celular.

Tabla 7: Clasificación de los Flagelos

Tipo de Flagelo	Concepto
Monótrico	Un solo flagelo en uno de los extremos de la bacteria.
Lofótrico	Varios flagelos agrupados en uno de los extremos.
Anfítrico	Un flagelo en cada extremo de la bacteria.
Perítrico	Flagelos distribuidos en toda la superficie de la bacteria.
Átricas	Bacterias que carecen de flagelos y son inmóviles.

Fuente: Murray et al (2017)

Metabolismo:

Las bacterias presentan una gran diversidad metabólica. Pueden ser aerobias (requieren oxígeno), anaerobias (no lo requieren) o facultativas (pueden

desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno). provocan que los animales presenten una disminución en su respuesta inmunológica. Esto los hace más vulnerables a diversas infecciones bacterianas causadas por microorganismos patógenos oportunistas y facultativos.

Tabla 8: Clasificación de Bacterias según el Requerimiento de Oxígeno

Clasificación	Descripción	Ejemplo de Bacterias
Aerobias obligadas	Requieren oxígeno para su crecimiento y metabolismo.	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Anaerobias obligadas	No pueden sobrevivir en presencia de oxígeno; utilizan fermentación o respiración anaerobia.	<i>Clostridium botulinum</i>
Anaerobias facultativas	Pueden crecer con o sin oxígeno, pero lo prefieren cuando está disponible.	<i>Escherichia coli</i>
Microaerófilas	Requieren bajas concentraciones de oxígeno para su crecimiento, pero en niveles altos les resulta tóxico	<i>Helicobacter pylori</i>
Anaerobias aerotolerantes	No utilizan oxígeno, pero pueden tolerarlo sin ser afectadas	<i>Lactobacillus spp.</i>

Fuente: Granados & Villaverde (2003)

Reproducción:

Las bacterias se reproducen principalmente de forma asexual, lo que les permite multiplicarse rápidamente en condiciones favorables. Los principales mecanismos de reproducción bacteriana son:

1.-Fisión Binaria: Reproducción Asexual

Es el método más común de reproducción en bacterias. Consiste en la división de una célula en dos células hijas idénticas. El proceso sigue los siguientes pasos:

- a. La bacteria duplica su ADN.
- b. El ADN se reparte en polos opuestos de la célula.
- c. Se forma un tabique de separación en el centro.

d. La célula se divide en dos bacterias hijas genéticamente iguales. El proceso de reproducción en bacterias es rápido y puede ocurrir cada 20-30 minutos en condiciones óptimas.

2.- Reproducción por Esporulación: Formación de Endosporas.

Algunas bacterias, como las del género *Bacillus* y *Clostridium*, pueden formar endosporas cuando las condiciones son desfavorables como: falta de nutrientes, calor extremo, radiación, etc. Las endosporas son estructuras resistentes que permiten la supervivencia hasta que las condiciones mejoran. No es un método de multiplicación, sino de supervivencia.

3. Mecanismos de Variabilidad Genética: Reproducción Parasexual.

Aunque no son formas de reproducción en sentido estricto, las bacterias pueden intercambiar material genético mediante tres procesos, lo que aumenta su diversidad:

- Transformación: La bacteria capta fragmentos de ADN del medio y los incorpora a su genoma.

- Transducción: Un virus bacteriófago transfiere ADN de una bacteria a otra.

- Conjugación: Una bacteria transfiere ADN a otra a través de un pili sexual, lo que permite la propagación de genes, como los de resistencia a antibióticos. Estos mecanismos permiten a las bacterias adaptarse y evolucionar rápidamente, incluso sin reproducción sexual.

FASES DE CRECIMIENTO DE LAS BACTERIAS (Madigan et al., 2021)

Las fases del crecimiento bacteriano están condicionadas por varios factores fundamentales:

Disponibilidad de nutrientes: La presencia y concentración de sustancias esenciales para el metabolismo bacteriano determinan su crecimiento y multiplicación.

Temperatura y pH: Cada especie bacteriana presenta una temperatura y un pH óptimos para su desarrollo; desviaciones significativas pueden inhibir o ralentizar su crecimiento.

Disponibilidad de oxígeno: Las bacterias pueden ser aerobias, anaerobias, microaerófilas o anaerobias facultativas, por lo cual el oxígeno disponible influye directamente en su crecimiento.

Espacio disponible: Cuando el espacio es limitado, se restringe la multiplicación bacteriana, llevando a una fase estacionaria o de regresión.

Las fases de crecimiento y características de las bacterias son:

Fase de latencia:

- ✓ Periodo inicial en que las bacterias se adaptan al medio.
- ✓ No hay aumento significativo en el número de bacterias.

- ✓ Las células sintetizan componentes necesarios para su reproducción futura.

Fase logarítmica o exponencial:

- ✓ Las bacterias se multiplican a una velocidad máxima y constante.
- ✓ El número de bacterias aumenta rápidamente y de forma exponencial.
- ✓ Condiciones ideales de nutrientes, temperatura y pH favorecen esta fase.

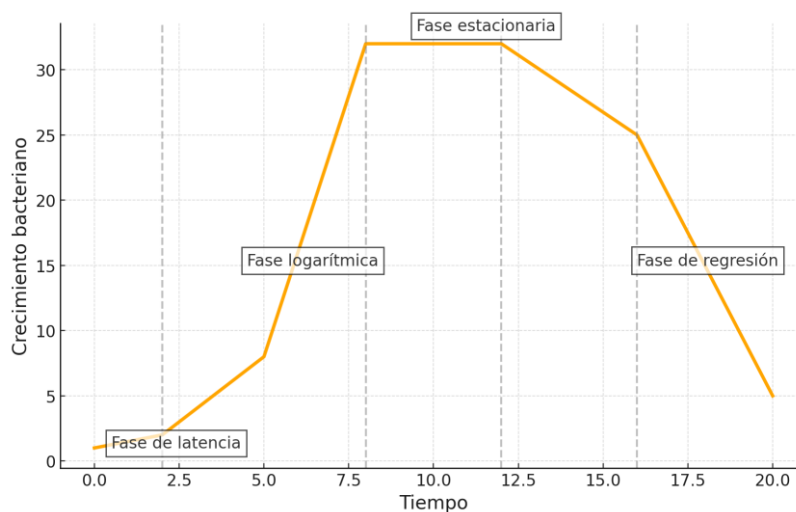
Fase estacionaria:

- ✓ El crecimiento se detiene y el número de bacterias permanece estable.
- ✓ El agotamiento de nutrientes, acumulación de metabolitos tóxicos o falta de espacio limitan el crecimiento.
- ✓ El número de células nuevas es igual al número de células que mueren.

Fase de regresión o muerte celular:

- ✓ Disminuye considerablemente el número de bacterias viables.
- ✓ Las bacterias mueren por condiciones desfavorables, acumulación excesiva de productos tóxicos o falta total de nutrientes.

Gráfico 5. Curva de Crecimiento de las Bacterias



Fuente: Elaborado por la IA.

Diversidad:

Las bacterias son extremadamente diversas en términos de hábitats y funciones. Algunas son patógenas y pueden causar enfermedades, mientras que otras son beneficiosas y desempeñan roles en la descomposición de materia orgánica, la producción de alimentos como el yogurt, y la fijación de nitrógeno en el suelo.

Genética:

Las bacterias pueden transferir material genético entre ellas a través de procesos como la conjugación, la transformación y la transducción. Esto les permite adquirir nuevas características genéticas y evolucionar rápidamente.

-Conjugación Bacteriana:

Es uno de los mecanismos de transferencia horizontal de genes desde las bacterias emisoras o denominadas donantes hacia las bacterias receptoras.

-Transformación Bacteriana:

La transformación genética de bacterias es un procedimiento de laboratorio por el cual se introduce material genético a una bacteria.

-La transducción

La transducción, es un proceso mediante el cual el ADN es transferido desde una bacteria a otra mediante la acción de un virus.

Adaptabilidad:

Las bacterias son conocidas por su capacidad para adaptarse rápidamente a cambios en su entorno. Esto les permite sobrevivir en una variedad de condiciones extremas, como temperaturas extremadamente altas o bajas, pH ácido o alcalino, y alta salinidad.

ESTRUCTURA BACTERIANA

Las bacterias están formadas por: (Granados & Villaverde, 2003) (Pelczar et al., 2020)

Elementos obligados: Es decir que estarán presentes en todas las bacterias y son indispensables para la vida de la propia bacteria. Estos son: pared celular, membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, región nuclear.

PARED CELULAR:

Es el límite externo de la célula, es de estructura rígida.

Funciones:

- Protege a la bacteria de cambios externos adversos
- Ayuda a mantener la morfología de la célula
- Proporciona a la bacteria resistencia a los antibióticos
- Permite el paso selectivo de algunas sustancias

- Proporciona la especificidad de grupo y de tipo en la sistemática bacteriana

Estructura y composición

Las bacterias se han clasificado durante mucho tiempo como bacterias Gram + y Gram -, en función de su comportamiento frente a la tinción de Gram.

Gram + : se tiñen color violeta oscuro

Gram - : se tiñen color rosado.

MEMBRANA PLASMÁTICA

Es una delgada estructura que se extiende por dentro de la pared celular encerrando al citoplasma de la célula.

Funciones:

- Actúa como barrera selectiva
- Interviene en la degradación de nutrientes y en la producción de energía
- En algunas bacterias se encuentran pigmentos y enzimas implicadas en la fotosíntesis

Estructura y composición

Está compuesta por fosfolípidos y proteínas, aunque también presenta glicolípidos.

MESOSOMAS

Son plegamientos de la membrana plasmática. Son grandes e irregulares. No existen en las células eucarióticas.

Función:

- Se encargan de realizar la respiración en la célula.

CITOPLASMA

Es todo lo que hay en el interior de la membrana plasmática. Formado por un 80 % de agua, enzimas, iones.

Función:

- Engloba los orgánulos celulares, incluyendo el núcleo, ribosomas, depósitos de reserva, llamados inclusiones, vacuolas, etc.

REGION NUCLEAR

Se trata de una zona en el interior del citoplasma bacteriano donde se acumula el ácido nucleico. Es un núcleo difuso, ya que no está rodeado de ninguna membrana, contiene ADN.

Función:

- El ácido nucleico transmite la información genética de la célula sobre estructuras y funciones celulares.

RIBOSOMAS

Son orgánulos celulares presentes en eucariotas y procariotas. En las bacterias son muy abundantes, dando aspecto granuloso a su citoplasma.

Función:

- Síntesis de proteínas

ELEMENTOS FACULTATIVOS

Se refiere a que pueden estar como no pueden estar presentes en la bacteria y son cápsula, flagelo, pelos, endosporas, inclusiones citoplasmáticas.

FLAGELOS

Son largos apéndices filamentosos. Mucho más frecuentes en los bacilos que en los cocos, donde su presencia es bastante rara.

Función:

- Responsables de la movilidad bacteriana.

INCLUSIONES CITOPLASMATICAS

Son elementos que aparecen en el citoplasma de las bacterias y que no tienen una estructura uniforme.

Funciones:

- Se utilizan como depósitos de reserva
- Intervienen en funciones de regulación

PELOS O FIMBRIAS

Son elementos rígidos constituidos por una proteína.

Son cortos, muy numerosos y están distribuidos sobre toda la superficie. Son más frecuentes en Gram- que en Gram +.

Funciones:

- Capacidad de fijación a superficies.

- Sirven también como un sistema de intercambio de información genético.

ENDOSPORAS

Son una forma de resistencia que adoptan algunas bacterias ante situaciones adversas, tales como deficiencia nutricional, desecación, frío, temperaturas elevadas y agentes químicos. Aparecen solo en los bacilos. Se forman por un proceso de esporulación o esporogénesis. Pueden permanecer latentes durante cientos de años y volver a una forma vegetativa por un proceso denominado germinación.

CÁPSULA

Es la estructura que rodea la pared bacteriana. Se visualiza con la aplicación de la tinción negativa o tinta china.

Funciones:

- Regula el intercambio de agua, iones y nutrientes
- Sirve como almacén externo de nutrientes.
- Actúa como defensa frente a anticuerpos, fagos y células fagocíticas.
- Por su contenido en agua, protege de la desecación
- Permite la formación de colonias, ya que habitualmente una cápsula engloba más de una bacteria.

Tabla 9: Actividad 5. Escribir las diferentes partes que forman la estructura de las bacterias con sus características: 3 elementos obligados y 3 elementos facultativos.

Estructura de la célula	Características

Fuente: Elaboración propia.

INCIDENCIA DE LAS BACTERIAS EN AMBIENTES ACUÁTICOS

Las bacterias representan un componente esencial y omnipresente en los ecosistemas acuáticos, desempeñando roles tanto benéficos como patogénicos. Su incidencia sobre especies acuáticas depende significativamente de factores ambientales como la calidad del agua, temperatura, disponibilidad de nutrientes y prácticas de manejo acuícola.

El aumento en la producción acuícola ha venido acompañado por la aparición de problemas ecológicos y patológicos, siendo estos últimos los de mayor preocupación en el ámbito del cultivo acuícola. Las altas densidades de siembra, sumadas a un manejo inadecuado de los organismos, fluctuaciones en las condiciones ambientales, mala calidad del agua y una alimentación insuficiente, provocan una disminución en la respuesta inmunológica de los organismos, haciéndolos más vulnerables a infecciones bacterianas causadas por patógenos oportunistas y facultativos.

En la acuicultura, uno de los principales desafíos en los procesos productivos ha sido la aparición de enfermedades causadas por agentes biológicos, especialmente microorganismos bacterianos que generan un impacto negativo en los diferentes sistemas de cultivo (Austin B. &, 2016). En particular, dentro del cultivo del camarón *P. vannamei*, los patógenos bacterianos más relevantes pertenecen al género *Vibrio*, que son bacilos Gram-negativos flagelados y componentes naturales de la microbiota estuarina (Thompson et al., 2004). Diversos estudios científicos han identificado que las especies más peligrosas de este género incluyen *V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi* y *V. splendidus* (Kumar, 2021).

Las bacterias del género *Vibrio* son particularmente relevantes en acuicultura marina, causando infecciones que resultan en septicemia y otros trastornos graves en peces y crustáceos (Sanches-Fernandes et al., 2022). *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus*, por ejemplo, han sido identificados como responsables de brotes epidémicos en cultivos de camarón, provocando grandes pérdidas económicas en países productores de Asia y América Latina (Tang et al., 2019).

En ambientes dulceacuícolas, *Aeromonas hydrophila* y *Streptococcus iniae* destacan como patógenos bacterianos prevalentes en peces cultivados, causando enfermedades sistémicas como septicemia hemorrágica y estreptococosis (Alcántara-Jauregui et al., 2022). La presencia de estas bacterias está frecuentemente relacionada con condiciones ambientales deterioradas, estrés por hacinamiento y malas prácticas de manejo sanitario (Yanong, 2021).

Por otro lado, bacterias benéficas también cumplen funciones esenciales en acuicultura. Los probióticos bacterianos, como *Bacillus spp.* y *Lactobacillus spp.*, son utilizados ampliamente para mejorar la salud intestinal, optimizar el crecimiento y fortalecer el sistema inmune de especies acuáticas cultivadas, reduciendo así la susceptibilidad a enfermedades bacterianas y virales (Mosquera et al., s.a.).

Además, la presencia bacteriana en ecosistemas acuáticos puede servir como bioindicador de la calidad ambiental. Bacterias coliformes y otras bacterias indicadoras como *Escherichia coli* se emplean comúnmente para evaluar la

contaminación fecal en cuerpos de agua, ayudando a monitorear la calidad sanitaria del agua destinada al consumo humano y la acuicultura (Del Pilar et al., 2013).

La implementación de técnicas moleculares avanzadas, como la PCR y la secuenciación genómica, ha facilitado la identificación precisa y rápida de bacterias patógenas, contribuyendo a mejorar los sistemas de diagnóstico, monitoreo y prevención en acuicultura (López, 2024).

Bacterias del género *Vibrios*

Pertenecientes a la familia Vibrionaceae, estos microorganismos son Gram-negativos y anaeróbicos facultativos, sin capacidad para formar esporas. Son patógenos importantes tanto en humanos como en acuicultura, con especies destacadas como *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* y *V. harveyi*. Se encuentran comúnmente en ambientes marinos y costeros y su reproducción es rápida, lo que les permite explotar eficazmente los nutrientes disponibles (Serrano, 2013).

V. parahaemolyticus

Son bacterias halófilas Gramnegativas con movilidad, dotadas de uno o dos flagelos polarmente ubicados. Su metabolismo es de tipo fermentativo facultativo y son clasificadas como bacterias mesófitas, con un tamaño que oscila entre 1 y 3 μm . Estas bacterias crecen mejor en aguas con un pH de 7.5 a 8.5 y en temperaturas que van desde los 15 °C hasta los 45 °C, siendo 37 °C la temperatura óptima. La salinidad adecuada para su desarrollo varía de 5 a 35 ppt, con un promedio óptimo de 22 ppt. Naturalmente se encuentran en áreas costeras alrededor del mundo o en los tractos digestivos de crustáceos, peces y moluscos. Tienen la capacidad de atravesar el epitelio de los hospedadores y colonizarlos a través de diversas rutas como lesiones externas y branquias y la oral (Ramírez, 2022).

V. harveyi

Estas bacterias son Gram negativas fermentadoras y se mueven utilizando flagelos polares; tienen forma de bastón. Son capaces de interactuar con el sistema inmunológico del hospedador para sobrevivir y proliferar, mediante la formación de biopelículas, comunicación intercelular, secreción de factores de virulencia y bioluminiscencia.

En la industria de la camaronicultura, *V. harveyi* está asociado con enfermedades como las Bacterias Luminiscentes, el Síndrome de Zoea II (Marfileño et al., 2023).

V. alginolyticus

Estas bacterias son Gram-negativas y se encuentran ampliamente distribuidas en estuarios marinos, costas y ambientes acuáticos en todo el mundo. Pueden existir como parásitos de vida libre o asociados a organismos como vertebrados e invertebrados marinos y plantas, y en algunos casos pueden afectar a los humanos. Son halófilas, capaces de crecer en concentraciones de NaCl que varían entre el 3, 6, 8 y 10%, y generalmente se encuentran en temperaturas superiores a 17°C. La patogenicidad de estos microorganismos resulta de una interacción compleja entre factores abióticos y bióticos, que incluyen bajas salinidades, altas temperaturas, genotipos bacterianos y el hospedador. En la acuicultura del camarón, pueden causar altas tasas de mortalidad (hasta el 80%), retrasos en el crecimiento, disminución de la actividad y blanqueamiento muscular, entre otros problemas. (Li, et al., 2021).

Tabla 10: Actividad 6. Escribir las especies de vibrios estudiados y sus características

Especies	Características

Fuente: Elaboración propia

BACTERIAS BENÉFICAS EN ACUACULTURA

Aunque existe una amplia variedad de especies microbianas capaces de llevar a cabo procesos de nitrificación y desnitrificación, no todas son adecuadas para aplicarse en procesos de biorremediación. Especies como *Thiobacillus* sp. y *Paracoccus* han generado especial atención debido a su alta capacidad degradativa; no obstante, *Bacillus* spp. se destaca por su habilidad para desempeñar múltiples funciones, incluyendo el mejoramiento en la calidad de las fuentes de agua. Las bacterias nitrificantes utilizan principalmente la materia orgánica como nutriente, lo que permite una significativa reducción de sedimentos acumulados en los estanques, limitando así la formación de compuestos tóxicos en el ecosistema acuático. Además, ciertas bacterias pueden disminuir la presencia de ácido sulfhídrico, mejorando la calidad del agua y reduciendo los malos olores en el suelo. El mejoramiento de estos factores ambientales genera condiciones óptimas en el entorno acuático, favoreciendo mayores tasas de crecimiento y supervivencia (Alonso et al., 2023). A continuación, se describen especies de *Bacillus* con sus propiedades que han permitido aplicarlas en el medio acuático.

Bacillus oceanisediminis

Diversos análisis enfocados en aislar microorganismos provenientes del mangle con potencial biorremediador para mejorar la producción del camarón blanco del Pacífico han identificado a *Bacillus oceanisediminis* como uno de los microorganismos con mayor potencial beneficioso. Esta bacteria contribuye significativamente a mejorar la calidad del agua en los cultivos debido a sus características como bacteria aerobia facultativa Gram positiva, que posee sistemas de fosfotransferasas, permitiéndole utilizar diversas fuentes de carbono, incluyendo maltosa, manitol, fructosa y glucosa. Esto la convierte en una eficiente reductora de nitratos, fijadora de nitrógeno y con una destacada capacidad para reducir arsénico. Además, esta especie bacteriana ha sido aislada en distintos ambientes afectados por alteraciones bióticas o contaminación, lo cual refuerza su valor como microorganismo con gran potencial biótico (Zhang et al., 2010).

Bacillus firmus

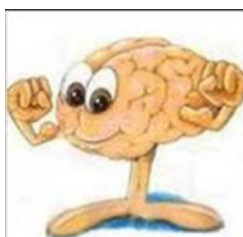
Una de las principales ventajas del uso del género *Bacillus* radica en su metabolismo acelerado. Gracias a su gran versatilidad, pueden llevar a cabo procesos como la fijación de nitrógeno, que consiste en la reducción del nitrógeno atmosférico a amonio, el cual posteriormente es incorporado en la biomasa. Este mecanismo microbiano se convierte así en una fuente esencial de nitrógeno aprovechable para las plantas. Considerando que mantener la productividad del suelo puede resultar difícil, este proceso es particularmente útil, representando una de las estrategias científicas clave para desarrollar productos que promuevan una acuicultura más sostenible y amigable con el ambiente.

Estas bacterias, debido a sus destacadas características y potenciales aplicaciones, han sido utilizadas también exitosamente como probióticos en el cultivo de camarón. El uso apropiado de estos microorganismos puede aportar múltiples beneficios en la producción acuícola, mejorando significativamente el control de enfermedades y optimizando la calidad del agua, que comúnmente se ve afectada por la acumulación de compuestos tóxicos y residuos orgánicos en el suelo. Por tanto, las bacterias del género *Bacillus* constituyen un probiótico acuícola con gran potencial y proyección futura.

Sin embargo, aunque numerosos estudios destacan su capacidad para mejorar la calidad del agua e interferir en mecanismos como el Quorum sensing, aún son escasos o inexistentes los estudios que describan con precisión los mecanismos específicos mediante los cuales estas bacterias benefician directamente a los camarones. La escasez de información detallada representa una limitación importante, considerando el interés científico por entender a cabalidad la acción probiótica y los beneficios concretos que estas bacterias pueden aportar a la camaronicultura (Cruz & González, 2022).

Candida cretensis

Estudios realizados en La Paz, Baja California Sur, demostraron que la levadura *Candida cretensis*, aislada del manglar, contribuye eficazmente a mejorar la respuesta inmunológica del camarón *L. vannamei*, además de lograr una reducción significativa en las concentraciones de amonio en el agua. Esto confirma su destacada eficiencia tanto como agente biorremediador como probiótico (Vega de la Vega et al., 2019).



REFLEXIÓN SOBRE LO APRENDIDO EN EL CAPÍTULO 2

El estudio de las bacterias en los ambientes acuáticos ha revelado su crucial papel ecológico y su impresionante capacidad adaptativa, resultado de miles de millones de años de evolución. Estos microorganismos, caracterizados por una gran diversidad morfológica, estructural, metabólica y genética, cumplen funciones esenciales que sostienen los ecosistemas acuáticos, desde la degradación de materia orgánica hasta la fijación de nutrientes esenciales como el nitrógeno.

La estructura bacteriana desempeña un papel fundamental en su supervivencia y función ecológica. Elementos obligados como la pared celular, membrana plasmática, citoplasma, ribosomas y región nuclear son esenciales para la vida bacteriana, proporcionando protección, selectividad en el intercambio de sustancias, producción energética y síntesis de proteínas. Asimismo, los elementos facultativos como flagelos, pelos, cápsulas, inclusiones citoplasmáticas y endosporas permiten a las bacterias adaptarse y responder eficazmente a condiciones ambientales adversas, facilitando su movilidad, resistencia, intercambio genético y almacenamiento de reservas.

Las bacterias, particularmente del género *Vibrio*, representan desafíos significativos en la acuicultura, causando enfermedades que generan importantes pérdidas económicas y alteraciones ecológicas. No obstante, también se destaca el potencial benéfico de bacterias como *Bacillus spp.* y levaduras como *Candida cretensis*, las cuales han demostrado efectividad como agentes biorremediadores y probióticos, contribuyendo al fortalecimiento de la salud de las especies acuáticas y al mantenimiento de la calidad ambiental.

La implementación de técnicas moleculares avanzadas ha permitido identificar, caracterizar y controlar con mayor precisión los microorganismos presentes en los sistemas acuáticos. Esta capacidad técnica refuerza la necesidad de seguir investigando, especialmente en los mecanismos específicos por los cuales las bacterias benéficas ejercen sus efectos positivos. La profundización en este conocimiento representa una estrategia fundamental para mejorar las prácticas acuícolas, promover la sostenibilidad ambiental y garantizar una producción acuícola saludable y eficiente.

ENSAYO

TEMA: Ventajas del Uso de Probióticos en Ambientes Acuáticos

El uso de probióticos en acuicultura ha adquirido relevancia creciente debido a su potencial para mejorar la salud y el desempeño productivo de organismos acuáticos. Los probióticos, definidos como microorganismos beneficiosos que proporcionan ventajas al hospedero cuando se administran en cantidades adecuadas, son una herramienta eficaz para combatir enfermedades bacterianas y mejorar la calidad del agua (Padilla, 2012).

Una de las ventajas más destacadas del uso de probióticos es su capacidad para fortalecer el sistema inmunológico de los organismos acuáticos, reduciendo la incidencia de enfermedades. Estudios realizados con especies como *Litopenaeus vannamei* han mostrado que la inclusión de probióticos como *Bacillus subtilis* incrementa significativamente la resistencia ante patógenos comunes en acuicultura (Chien et al., 2020).

Además, los probióticos contribuyen a mantener una microbiota equilibrada en el agua y los sedimentos, previniendo la proliferación de bacterias patógenas mediante mecanismos competitivos y la producción de sustancias antimicrobianas. *Bacillus spp.*, por ejemplo, produce compuestos antimicrobianos que inhiben el crecimiento de bacterias como *Vibrio spp.*, frecuentes causantes de enfermedades en sistemas acuícolas (Ríos, 2020).

Otra ventaja relevante es la mejora en la calidad del agua. Los probióticos pueden degradar eficientemente la materia orgánica, disminuyendo los niveles de nitrógeno y fósforo, elementos críticos que al acumularse provocan eutrofización y degradan el ambiente acuático. Esto resulta en una mejor calidad del hábitat para los organismos acuáticos cultivados, beneficiando así su crecimiento y supervivencia (Zhang et al., 2023).

Asimismo, el uso de probióticos es una estrategia sostenible y ecológica que reduce la dependencia de antibióticos y productos químicos, lo que minimiza

el impacto ambiental y disminuye la resistencia bacteriana. El empleo de estas bacterias beneficiosas promueve prácticas acuícolas más amigables con el ambiente y garantiza la seguridad alimentaria de los productos obtenidos (Lubis et al.,2024).

En términos económicos, los probióticos ofrecen ventajas considerables al mejorar la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia de los organismos cultivados. La inclusión de probióticos en la dieta permite reducir costos operativos, disminuye mortalidades y aumenta la producción, lo cual resulta económicamente ventajoso para los productores acuícolas.

Además, el empleo de probióticos como bioindicadores contribuye al monitoreo ambiental y al manejo proactivo de los sistemas acuáticos. Estos microorganismos permiten detectar cambios tempranos en las condiciones ambientales del cultivo, facilitando intervenciones oportunas para mantener la salud del sistema acuático (Mantilla, 2018).

Definidamente, el uso de probióticos en acuicultura proporciona múltiples ventajas ambientales, económicas y productivas. Su aplicación fomenta sistemas de producción sostenibles, saludables y eficientes, reduciendo el impacto ambiental negativo y asegurando una producción acuícola responsable y de alta calidad.

APLICACIONES MICROBIANAS RECIENTES EN AMBIENTES ACUÁTICOS

En los últimos cinco años, las aplicaciones microbianas en acuicultura han evolucionado de forma significativa gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, enfoques ecológicos y herramientas moleculares. A continuación, se incluyen ejemplos contemporáneos que reflejan estos avances:

1. Uso de consorcios bacterianos específicos para controlar patógenos acuáticos

Estudios recientes han demostrado que consorcios formados por especies como ***Bacillus velezensis***, ***Paracoccus pantotrophus*** y ***Lactobacillus plantarum*** reducen eficazmente poblaciones de *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio harveyi* en sistemas de cultivo de camarón. Estos consorcios actúan a través de:

- producción de sustancias antimicrobianas,
- competencia por nutrientes,
- modificación del pH,
- formación de biopelículas benéficas.

Este enfoque ha sido adoptado por varias granjas intensivas de Latinoamérica desde 2021.

2. Aplicación de microbiota modulada para mejorar el crecimiento en camarón y peces

Desde 2020, líneas de investigación en Ecuador, México y Brasil han demostrado que **modificar el microbiota intestinal** mediante probióticos de nueva generación:

- acelera la conversión alimenticia,
- mejora la respuesta inmune,
- reduce el estrés oxidativo,
- disminuye la incidencia de necrosis bacteriana temprana (EMS).

Ejemplo:

El uso de ***Bacillus amyloliquefaciens*** en *Litopenaeus vannamei* ha mostrado mejoras del 12-18% en la ganancia de peso

3. Biorremediación microbiana con bacterias degradadoras de nitrógeno y sólidos

Los sistemas de biofloc y RAS han incorporado desde 2020 la aplicación de bacterias como:

- ***Nitrosomonas spp.*** (oxidación de amonio)
- ***Nitrospira spp.*** (nitrito → nitrato)
- ***Rhodobacter spp.*** (reducción de sólidos disueltos)

Estas bacterias permiten reducir de forma sostenible:

- amonio
- nitritos
- materia orgánica
- acumulación de biofloc no deseado.

Su uso se considera pilar de la **Acuicultura 4.**

4. Uso de bacterias productoras de sideróforos para inhibir patógenos

Entre 2021 y 2023 se han publicado estudios donde bacterias benéficas, como ***Pseudomonas fluorescens*** y ***Bacillus subtilis***, producen sideróforos que secuestran el hierro del ambiente acuático, limitando el crecimiento de patógenos como:

- *Aeromonas hydrophila*
- *Edwardsiella tarda*
- *Vibrio vulnificus*

Este mecanismo se usa actualmente para prevenir septicemias y ulceraciones en peces.

5. Microorganismos como indicadores ambientales de calidad de agua

El análisis microbiano se usa como herramienta temprana de alerta:

- Aumento de *Vibrio spp.* → riesgo sanitario
- Incremento de *Cyanobacteria* → toxinas y disminución de oxígeno

- Presencia de *Arcobacter* spp. → contaminación orgánica
- Cambios en microbiota → deterioro del suelo de las piscinas

Esto permite una gestión más precisa de sistemas acuícolas en Ecuador y otros países.

6. Probióticos combinados con nanomateriales

Investigaciones recientes integran probióticos con nanopartículas de origen vegetal o mineral que:

- aumentan la estabilidad del probiótico,
- potencian su efecto antimicrobiano,
- reducen dosis necesarias,
- y prolongan su acción en el agua.

Resumen del capítulo

En este capítulo se profundiza en la estructura, fisiología y ecología de las bacterias presentes en ecosistemas acuáticos. Se abordan conceptos como crecimiento bacteriano, factores ambientales que influyen en su proliferación y mecanismos de control microbiano. Además, se exploran los roles benéficos y perjudiciales de las bacterias en acuicultura, la importancia de los probióticos, la esterilización, los métodos de cultivo y la detección de patógenos como *Vibrio* spp. Adicionalmente el capítulo integra teoría y práctica para comprender la dinámica bacteriana y su impacto en la salud de organismos acuáticos.

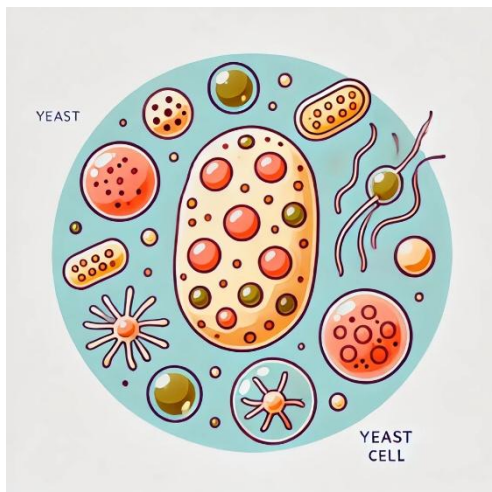
Capítulo 3: Hongos, Levaduras, Virus y su relación en Ecosistemas Acuáticos.

Objetivos del capítulo

- Describir las características generales y ciclos de vida de hongos, levaduras y virus que habitan en ambientes acuáticos.
- Analizar su incidencia en enfermedades que afectan a organismos acuáticos.
- Reconocer su papel ecológico en procesos de degradación, simbiosis y regulación microbiana.
- Comprender las bases de la interacción entre microorganismos y ecosistemas acuáticos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS HONGOS Y LEVADURAS:

Gráfico 6. Levaduras



Elaborado por la IA.

Los hongos constituyen un reino de organismos que incluye levaduras, mohos y setas. Estos organismos son eucariotas, lo que significa que tienen células con núcleo definido, y son muy diversos, encontrándose en casi todos los hábitats en la Tierra, incluyendo ambientes extremos.

Los hongos han sido reconocidos y utilizados por las civilizaciones humanas desde tiempos antiguos, principalmente por sus propiedades alimenticias y medicinales. En el siglo XVII, los hongos fueron inicialmente clasificados como plantas debido a su naturaleza estática y a su crecimiento en suelos ricos y húmedos. En 1969, Robert Whittaker propuso el sistema de los cinco reinos, en el cual los hongos fueron ubicados en su propio reino, *Fungi*, debido a sus diferencias fundamentales con las plantas y los animales, como la presencia de una pared celular compuesta por quitina y su modo heterótrofo de nutrición.

Los hongos desempeñan un papel crucial en el procesamiento y reciclaje de materia orgánica, contribuyendo al mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas. En el ámbito médico, algunos hongos son fuente de antibióticos valiosos como la penicilina, aunque también pueden ser responsables de infecciones, como la candidiasis. Industrial y alimentariamente, los hongos son esenciales en la producción de alimentos tales como el pan, la cerveza y el queso, y en biotecnología se emplean para la producción de enzimas y otros metabolitos importantes (Whittaker, 1969).

CRECIMIENTO (Alexopoulos et al., 1996)

Los hongos pueden crecer en la naturaleza pluricelularmente (micelio) y/o unicelularmente (levadura). Cuando crece pluricelularmente se pueden llamar mohos u hongos pluricelulares. Aquí se forman estructuras tubulares, las HIFAS, que crecen formando un conjunto de ramificaciones entrelazadas llamadas MICELIOS.

Dichas hifas crecerán por elongación de sus extremos y con producción de ramas laterales (crecimiento apical) forman los MICELIOS. Este micelio puede ser a su vez aéreo si el crecimiento del hongo es hacia la superficie (MICELIO AÉREO). Si el crecimiento del hongo es hacia la superficie y si contienen esporas o células reproductoras se denominará micelio reproductor.

Los micelios, suelen crecer en lugares líquidos o sólidos húmedos. Las colonias que forman en su crecimiento son irregulares, algodonosas, filamentosas y seca y, en ciertas ocasiones, pueden necrosarse por falta de nutrientes y/o oxígeno.

Las hifas, son largos filamentos que forman los Micelios, que pueden estar divididas por paredes transversales llamadas SEPTOS (septum: tabique); de ahí el concepto de pluricelular, aunque en algunas ocasiones tal fabricación no existe.

Los hongos obtienen su energía de procesos fermentativos o crecen en medios mínimos donde utilizan el nitrógeno en forma de nitratos, nitritos, etc. Otras especies pueden utilizar cualquier fuente de carbono, que es siempre un factor limitante para su desarrollo.

La fuente de carbono más utilizada en su metabolismo suele ser la glucosa u otros componentes más complejos como el almidón o la celulosa. También pueden necesitar en pequeñas cantidades hierro, zinc, cobre, magnesio, fósforo, potasio, etc.

Su metabolismo suele desarrollarse a temperaturas que pueden oscilar entre los 0 y los 60 °C aunque la temperatura óptima de crecimiento se sitúa en torno a los 22-30 °C.

El pH óptimo para la mayoría de las especies es de 5, algunos hongos toleran y crecen en un pH que va de 2 a 9.

Necesitan humedad para su desarrollo y pueden obtener agua de la atmósfera y del medio, aunque muchos mohos pueden sobrevivir en ambientes muy deshidratados debido a la presencia de esporas.

Los hongos pueden reproducirse por medio de ciclos sexuales o asexuales. La estructura responsable de cada uno de estos ciclos es la espora y según las características de su formación SEXUAL O ASEXUAL (Alexopoulos et al., 1996).

REPRODUCCION ASEXUAL

Consiste en el crecimiento vegetativo de un micelio, acompañado de división nuclear sin una verdadera división celular. No hay formación de gametos ni fusión nuclear. Se conocen 3 tipos:

- Esporulación por germinación de esporas
- Gemación
- Fragmentación de hifas

REPRODUCCIÓN SEXUAL

Consiste en la reproducción de esporas previa fusión de dos núcleos haploides sexualmente compatibles.

Las esporas sexuales se reproducen con menor frecuencia y en menor cantidad que las asexuales y existen distintos tipos que corresponden a CIGOSPORAS, ASCOSPORAS, OOSPORAS, BASIDIOSPORAS.

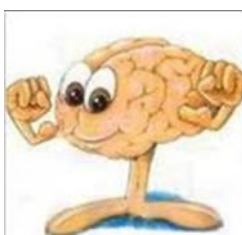
Las levaduras, un subgrupo dentro de los hongos, son organismos unicelulares que se distinguen por su capacidad de fermentar azúcares, siendo cruciales en la producción de alimentos y bebidas como el pan, la cerveza y el vino. A diferencia de otros hongos que forman estructuras complejas, las levaduras son predominantemente microscópicas y no forman redes visibles de hifas.

Las levaduras corresponden a células eucariotas esféricas u ovales con un diámetro de 3 a 5 micras aproximadamente. Su reproducción es generalmente por gemación y crecen de forma más lenta que la mayor parte de las bacterias, aunque existen excepciones. Poseen una pared celular rígida que recubre la parte externa de la membrana citoplasmática y la estructura fundamental de ésta es igual en todos los hongos.

Clasificadas en el grupo Ascomycota y algunas en Basidiomycota, las levaduras juegan un papel importante en la biotecnología y la medicina, no solo en la producción de etanol y biocombustibles, sino también como modelos en investigación genética. Sin embargo, algunas especies, como *Candida albicans*, pueden causar infecciones en humanos, lo que subraya su doble papel como agentes beneficiosos y patógenos en diversas condiciones ambientales y médicas.

Saccharomyces cerevisiae, también conocida como levadura de panadero o de cerveza, es una especie de levadura unicelular que se utiliza ampliamente en la panificación, la elaboración de bebidas alcohólicas y en biotecnología. Es quizás la levadura eucariota más intensamente investigada por la ciencia, debido a su importancia en la industria y la investigación. *Saccharomyces cerevisiae* ha sido un organismo modelo crucial en la biología molecular y genética. Fue uno de los primeros organismos eucariotas en tener su genoma completamente secuenciado, lo que ha permitido avances significativos en la comprensión de la biología celular y los procesos genéticos (Kurtzman et al., 2011).

Actividad 7. Reflexiona



¿Qué características diferencian a los hongos y a las levaduras?

¿Los hongos por qué son importantes?

Tabla 11: Actividad 8. Describir dos características de los hongos, levaduras y virus. Adicionalmente realizar un dibujo con las partes de cada uno de los tres microorganismos.

AGENTE	DESCRIPCIÓN
HONGOS	
LEVADURAS	

Fuente: Elaboración propia.

INCIDENCIA DE LOS HONGOS Y LEVADURAS EN ESPECIES ACUÁTICAS

Los hongos constituyen un grupo diverso de organismos eucariontes heterótrofos, que incluyen tanto especies unicelulares como pluricelulares, siendo las levaduras una forma unicelular particular dentro de este reino. Se caracterizan por su capacidad para descomponer materia orgánica compleja mediante enzimas específicas, desempeñando un papel fundamental en los procesos de reciclaje de nutrientes en ecosistemas acuáticos (Hernández-Saavedra, 2004).

Las levaduras, como *Saccharomyces*, *Candida* y *Rhodotorula*, son particularmente importantes en ambientes acuáticos debido a su capacidad

de adaptación a diversos tipos de estrés ambiental, como variaciones en salinidad, temperatura y presencia de contaminantes. Estas características las convierten en excelentes indicadores de calidad ambiental acuática (Hernández-Saavedra. 2021).

Importancia ecológica y económica de hongos y levaduras acuáticos

Los hongos y levaduras son esenciales en ambientes acuáticos por su rol en la descomposición de residuos orgánicos, participando activamente en la mineralización y reciclaje de elementos vitales como carbono, nitrógeno y fósforo. Esta función los convierte en componentes clave en la regulación de la calidad del agua y en el mantenimiento del equilibrio ecológico (Tant et al., 2015).

Desde una perspectiva económica, las levaduras son ampliamente utilizadas en acuicultura como probióticos, mejorando la salud intestinal y la resistencia inmunológica de especies acuáticas cultivadas. Estudios recientes han demostrado que la inclusión de levaduras en dietas acuícolas reduce significativamente la incidencia de enfermedades bacterianas y virales, incrementando la supervivencia y productividad de los cultivos acuáticos (Choi et al., 2022).

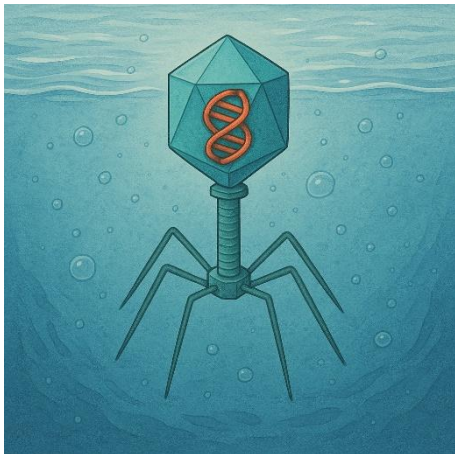
Importancia sanitaria de hongos y levaduras

Aunque muchos hongos y levaduras tienen efectos benéficos, ciertas especies pueden representar riesgos sanitarios para organismos acuáticos y humanos. Algunos hongos patógenos, como *Saprolegnia* y *Aphanomyces*, causan graves infecciones fúngicas que pueden generar pérdidas importantes en la acuicultura comercial (Yanong et al., 2021).

Las levaduras del género *Candida* también pueden comportarse como patógenos oportunistas en peces inmunocomprometidos o en ambientes acuáticos contaminados, generando problemas de salud animal y potenciales riesgos zoonóticos asociados al consumo humano (Alam et al., 2023).

ESTUDIO DE LOS VIRUS

Gráfico 7. Virus



Fuente: Elaborado por la IA.

Los virus fueron descubiertos a fines del siglo XIX cuando los científicos intentaban comprender las causas de ciertas enfermedades infecciosas.

El científico ruso Dmitry Ivanovsky fue uno de los primeros en investigar lo que hoy llamamos virus.

En 1892, demostró que el agente causante del mosaico del tabaco no era una bacteria, como se creía en ese momento, sino algo mucho más pequeño.

El término "virus" proviene del latín y significa "veneno" o "toxina". Fue utilizado por primera vez en el contexto de enfermedades infecciosas en la década de 1890.

El primer virus humano descubierto fue el virus de la fiebre amarilla, aislado en 1901 por Walter Reed y sus colegas. A partir de entonces, se identificaron muchos otros virus que causan enfermedades en humanos y animales.

Durante el siglo XX, la investigación en microbiología molecular permitió comprender mejor la estructura y la función de los virus. La invención del microscopio electrónico en la década de 1930 fue un avance crucial para visualizar virus y estudiar su morfología.

A medida que avanzaba la investigación, se descubrió que los virus podían contener tanto ácido desoxirribonucleico (ADN) como ácido ribonucleico (ARN) como su material genético. Esto llevó a una comprensión más profunda de cómo los virus replican y se replican dentro de las células huésped.

Los virus se clasifican en diferentes familias, géneros y especies según sus características genéticas, morfológicas y biológicas. Esta clasificación ha evolucionado con el tiempo a medida que se descubren nuevos virus.

Los virus tienen un impacto significativo en la medicina, tanto como causantes de enfermedades como herramientas en la investigación y la terapia génica. Además, se han desarrollado vacunas basadas en virus para prevenir enfermedades infecciosas (Zaitlin, 1998).

CARACTERÍSTICAS (Madigan et al., 2021)

Los virus son agentes infecciosos compuestos de ácidos nucleicos y proteínas, incapaces de crecer independientemente y de reproducirse.

Están rodeados por una cubierta proteica denominada cápside y, en algunos casos, por una envoltura lipoproteica.

Los virus son microorganismos más pequeños que las bacterias. La mayor parte de los virus solo tienen un tamaño de 20 a 30 nanómetros (nm), o incluso menor. Por tal razón resulta imprescindible contar con un microscopio electrónico para poder observar los virus correctamente.

Los virus difieren entre sí por el tamaño, la forma y la composición química de su genoma.

Los virus son seres inertes, sin vida, al parecer y no cumplen funciones biosintéticas, como el crecimiento y la reproducción, lejos de sus huéspedes. Se los considera como parásitos intracelulares.

Hay dos tipos principales de parásitos intracelulares: facultativos y obligados.

Los parásitos intracelulares facultativos son capaces de vivir y reproducirse dentro o fuera de las células huésped.

Los parásitos intracelulares obligados son los que necesitan una célula huésped para vivir y reproducirse.

Muchos de estos tipos de células requieren tipos de hospedadores especializados y la invasión de las células hospedadoras se produce de diferentes formas.

Los virus no son seres vivos porque no cumplen las funciones de los seres vivos y por tanto:

- No tienen función de nutrición, ya que no necesitan desarrollar ninguna actividad ni materia para crecer.
- No tienen función de relación, pues el contacto con las células es fortuito.
- Sólo realizan la función de reproducción, aunque necesitan los mecanismos metabólicos de las células a las que parasitan para poder multiplicarse.
- El ciclo vital de los virus se llama ciclo lítico, pero también se puede producir un ciclo lisogénico o de infección persistente, cuando el virus permanece en el interior de la célula huésped sin producir nuevos virus.

CICLOS VITALES DE LOS VIRUS (Tortora et al., 2007)

Los virus tienen ciclos vitales, virulento o lítico y el templado o lisogénico.

Fases del ciclo lítico:

1. Fijación: el virus se fija a la superficie celular de manera específica.

2. Inyección: el virus hace penetrar su material genético en la célula en cuestión.
3. Eclipse: a pesar de no verse indicios, se da la síntesis de RNA que permitirá formar la cápside de los nuevos fagos además de sintetizar otras sustancias como enzimas que ayudarán a destruir el DNA bacteriano.
4. Ensamblaje: se empaquetan los ácidos nucleicos dentro de las cápsides de los bacteriófagos acabados de formar.
5. Lisis: se produce la lisis y muerte celular y se liberan los nuevos viriones.

Ciclo lisogénico:

No todos los fagos presentan este ciclo, solo pueden usar el ciclo lítico. Pero existen fagos atemperados que pueden alternar entre ciclo lítico y ciclo lisogénico.

Este ciclo permite a un fago reproducirse, pero sin matar las células de su huésped. Las fases de fijación e inyección del ADN son iguales que en el ciclo lítico. Pero se diferencian en que no se va a copiar ni expresar el ADN, su ADN se va a incorporar al genoma de la bacteria (pasa a denominarse profago) y se va a replicar junto con el genoma de la bacteria sin que se produzca la síntesis de los componentes virales ni la liberación de la progenie viral.

CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS

1. En las primeras épocas se tenían en cuenta los siguientes factores:
 - La patogenicidad
 - El órgano o tejido afectado
 - El tipo de transmisión.
2. En la actualidad, gracias a la microscopía electrónica, se tienen en cuenta:
 - La forma o estructura
 - El tamaño.

Según la estructura los virus se clasifican en:

Helicoidal:

En este tipo de estructura, las cápsides se agrupan y se ensamblan formando una hélice cerrada, en cuyo espacio medio se encuentra el genoma.

Icosaédrica:

Cada uno de los veinte lados de esta estructura es un triángulo equilátero, compuesto por subunidades proteicas idénticas. Muchos virus están constituidos sobre este principio. Hay 252 subunidades en total. Dentro del icosaedro se encuentra el genoma viral de DNA

T4". (bacteriófagos)

Son virus que tienen la capacidad de atacar a las bacterias de doble cadena. Desde el punto de vista molecular, los virus presentan las siguientes características:

- 1- El genoma de los virus puede estar constituido por DNA o RNA de cadena simple o doble.
- 2- Las proteínas de la cápside pueden tomar distintas formas, que son:
 - a. Capas adicionales; y
 - b. Estructuras proteicas compleja
- 3- La envoltura lipídica, proveniente de la célula infectada, en la que están insertadas proteínas virales.

ESTRUCTURA DE LOS VIRUS

La cápside

Esta contiene una capa de proteína que la envuelve alrededor de un núcleo central de un producto químico altamente complejo llamado ácido nucleico, utilizado por el virus para su reproducción. Típicamente, la cápside se divide en subunidades llamadas los capsómeros. Las radiografías han mostrado que los virus tienen una cápside en forma de un sólido de 30 caras.

El cuerpo

Posee una simetría compleja, asociada a la cápside hay un vástago con una que consiste en una vaina retráctil que rodea a un núcleo y es usada a modo de inyección.

La cola

Localizada al final del núcleo, es una placa espigada que lleva 6 fibras delgadas, que ayuden a asegurar al virus a sujetarse a la célula anfitrión, durante la invasión de la misma (Madigan et al., 2021).

Tabla 12: Actividad 9.

En base a lo aprendido, responder:



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

INCIDENCIA DE LOS VIRUS EN LAS ESPECIES ACUÁTICAS

La incidencia de virus en especies acuáticas es un tema de creciente importancia debido a las implicaciones sanitarias, económicas y ambientales que conlleva. Diversos estudios han reportado el aumento significativo de

infecciones virales en especies como camarones, peces y moluscos, causando graves pérdidas en la producción acuícola global (Walker & Winton, 2010).

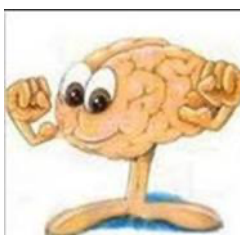
En la industria camaronera, uno de los virus más preocupantes es el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV), que ha devastado cultivos en diversas regiones del mundo. El impacto de este virus ha llevado a pérdidas económicas considerables en países del Sudeste Asiático, afectando severamente la sostenibilidad y estabilidad del sector acuícola (Bir et al., 2017). En peces, los virus también representan amenazas significativas. Las infecciones virales como el virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV) y el virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAV) son especialmente peligrosas en la acuicultura intensiva, destacando la importancia del monitoreo continuo mediante tecnologías avanzadas y sensores impulsados por inteligencia artificial (Dhinakaran et al., 2023).

Los virus afectan no solo a especies cultivadas, sino también a especies silvestres, creando reservorios naturales que dificultan el control efectivo de las enfermedades. La interacción entre especies silvestres y cultivadas puede incrementar la propagación viral y la aparición de nuevas variantes patógenas (Murray & Peeler, 2005).

Para enfrentar estos desafíos, la aplicación de técnicas moleculares modernas ha mejorado significativamente la detección y diagnóstico temprano de virus acuáticos. Investigadores describen cómo la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación genética han permitido identificar rápidamente cepas virales específicas, facilitando intervenciones más efectivas para reducir la propagación (Gomez et al., 2014).

Asimismo, la investigación en vacunas recombinantes ofrece alternativas prometedoras para controlar la incidencia viral en acuicultura. De acuerdo a investigaciones se indican que las vacunas recombinantes tienen ventajas significativas sobre métodos tradicionales, ya que permiten inmunizar a las especies acuáticas sin recurrir a agentes patógenos vivos o debilitados, mejorando así la bioseguridad (Mondal & Thomas, 2022).

Las estrategias preventivas y la gestión integrada continúan siendo fundamentales en la reducción del impacto de virus en la acuicultura. Un enfoque que combine vigilancia epidemiológica, buenas prácticas acuícolas y tecnologías emergentes es esencial para proteger la salud animal y garantizar la sostenibilidad del sector (Subasinghe et al., 2001).



**REFLEXIÓN SOBRE LO APRENDIDO EN
EL CAPÍTULO 3**

En el capítulo 3 se abordó el estudio de los hongos, levaduras y virus como componentes esenciales de los ecosistemas acuáticos. Se describieron las características morfológicas y fisiológicas de los hongos, destacando su naturaleza eucariota y su rol crucial en la descomposición de materia orgánica y en procesos simbióticos. Las levaduras, por su parte, fueron abordadas por su importancia ecológica y sus aplicaciones en la industria acuícola, principalmente en la mejora de la salud de organismos cultivados y en la degradación de compuestos contaminantes.

También se analizaron los mecanismos de reproducción de estos organismos, incluyendo la reproducción sexual y asexual en hongos, y los ciclos vitales en levaduras, así como su metabolismo heterótrofo. Además, se abordó la importancia ecológica de los hongos y levaduras en la acuicultura y el mantenimiento de la calidad del agua. Particular atención se dio al uso de cepas como *Candida cretensis* como probióticos en la alimentación del camarón, y su efecto positivo en la inmunidad y reducción del amonio en el agua.

En cuanto a los virus, se revisaron sus antecedentes, estructura, ciclos replicativos (lisogénico y lítico), clasificación y la incidencia de enfermedades virales en organismos acuáticos. Se destacaron virus como el de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV) y el de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAV), que representan serias amenazas en la acuicultura intensiva. Finalmente, se subrayó el papel de la biotecnología y la inteligencia artificial en la detección temprana y control de brotes virales, fortaleciendo la bioseguridad en sistemas de cultivo acuático.

Resumen del capítulo

Este capítulo examina la diversidad y características de hongos, levaduras y virus presentes en ambientes acuáticos. Se describe su biología, ciclos de vida, métodos de reproducción y funciones ecológicas. También se analiza su papel en enfermedades infecciosas que afectan a peces, camarones y otros organismos acuáticos, destacando agentes relevantes como virus del síndrome de la mancha blanca o hongos oportunistas. El contenido enfatiza la importancia de la vigilancia, diagnóstico temprano y manejo sanitario responsable en sistemas de producción acuícola.

Capítulo 4. Microbiología del Agua y su Relación con la Salud y el Medio Ambiente.

Objetivos del capítulo

- Comprender los principales factores ambientales que influyen en la microbiología del agua.
- Describir los ciclos biogeoquímicos microbianos en ambientes acuáticos.
- Analizar el papel de los microorganismos en la salud pública y la calidad del agua.
- Evaluar tecnologías y métodos de monitoreo microbiológico, normativas y estrategias de control.
-

Gráfico 8. El agua y su relación con el medio ambiente



Fuente: Fuente: Elaborado por la IA.

Generalidades

El agua constituye un recurso vital cuyo equilibrio biológico está directamente relacionado con la salud humana y ambiental. La microbiología del agua estudia los microorganismos presentes en los ambientes acuáticos, abordando tanto su diversidad como su impacto potencial en la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), las enfermedades transmitidas por agua contaminada continúan siendo una problemática global, generando preocupación por patógenos como *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* y *Giardia lamblia*, entre otros.

Los microorganismos acuáticos desempeñan roles ecológicos esenciales en los procesos biogeoquímicos, el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento del

equilibrio ecosistémico. Por ejemplo, las cianobacterias son fundamentales en la producción primaria, aportando aproximadamente el 50 % del oxígeno global (Villalobos et al., 2025). Sin embargo, proliferaciones descontroladas conocidas como floraciones algales nocivas (FAN) pueden generar toxinas perjudiciales para la vida acuática y la salud humana.

La calidad microbiológica del agua está estrechamente relacionada con factores antropogénicos, como la descarga de aguas residuales, la agricultura intensiva y las actividades industriales. El ingreso de contaminantes microbiológicos y químicos modifica drásticamente la composición y dinámica del microbioma acuático, incrementando los riesgos sanitarios por la proliferación de bacterias patógenas resistentes a los antibióticos (Dávila et al., 2019).

Los organismos indicadores microbiológicos, tales como *Escherichia coli* y los coliformes totales, se utilizan comúnmente para evaluar la calidad del agua, facilitando el monitoreo efectivo y la prevención de enfermedades. Estos indicadores permiten detectar rápidamente la contaminación fecal y evaluar los riesgos sanitarios para la población expuesta (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023).

La relación entre el microbioma acuático y el cambio climático es otro aspecto crucial en microbiología ambiental. Alteraciones en temperatura, precipitaciones y fenómenos extremos afectan significativamente la distribución y patogenicidad de los microorganismos. Eventos climáticos extremos pueden promover la propagación de patógenos emergentes, incrementando riesgos epidemiológicos en comunidades vulnerables (Semenza et al., 2023).

Las técnicas modernas de análisis microbiológico, como la metagenómica y secuenciación masiva (NGS), ofrecen perspectivas sin precedentes para estudiar microorganismos acuáticos. Estos métodos permiten una detección precisa y rápida de microorganismos patógenos y resistentes, contribuyendo eficazmente a la gestión integrada de recursos hídricos y salud pública (Beja et al., 2000).

La gestión sostenible del recurso hídrico requiere un enfoque interdisciplinario que integre microbiología, ecología, ingeniería ambiental y políticas públicas efectivas. Iniciativas que combinan la investigación científica y estrategias de gestión integrada han demostrado reducir significativamente la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y mejorar la calidad ecológica de los cuerpos de agua (Pahl-Wostl et al., 2021).

Es indispensable fomentar la educación ambiental y sanitaria en comunidades locales, fortaleciendo la conciencia pública sobre la importancia de preservar la calidad microbiológica del agua. Programas educativos y participativos han demostrado ser herramientas clave para impulsar comportamientos

responsables hacia la protección de ecosistemas acuáticos y prevención de riesgos a la salud humana.

Estudio de caso:

En 2019, una floración de *Microcystis aeruginosa* en el Lago Erie (EE. UU.) provocó la suspensión del suministro de agua potable a más de 400.000 personas debido a la liberación de microcistinas. Este evento ilustró cómo los desequilibrios microbiológicos, exacerbados por el cambio climático y la contaminación agrícola, pueden tener consecuencias directas sobre la salud pública.

La calidad microbiológica del agua está estrechamente vinculada con factores humanos como la descarga de aguas residuales, la agricultura intensiva y la actividad industrial. Estos factores alteran la composición del microbioma acuático y aumentan el riesgo de presencia de bacterias patógenas resistentes a antibióticos (Dávila et al., 2019).

Ejemplo:

En el río Bogotá de Colombia, se detectaron altos niveles de *Escherichia coli* multirresistente asociados a descargas urbanas sin tratamiento. Los investigadores observaron una correlación directa entre los picos de contaminación y la incidencia de infecciones gastrointestinales en comunidades ribereñas.

Estrategias Microbianas y Moleculares para la Recuperación Ambiental y Sanitaria del Agua.

Biorremediación de Aguas Contaminadas:

Biorremediación de hidrocarburos en suelos y aguas

Según Díaz-Ramírez et al. (2023), el uso de bacterias nativas como *Pseudomonas sp.* ha demostrado ser altamente efectivo en la degradación de residuos orgánicos de petróleo en Iquitos, alcanzando una biodegradación del 50 % en agua y del 30 % en suelos. Este proceso se debe a la capacidad de ciertas bacterias para metabolizar hidrocarburos mediante la producción de enzimas específicas, como oxidasas y peroxidasas, que catalizan la descomposición de compuestos tóxicos en subproductos menos dañinos para el ecosistema. El estudio destaca que el éxito de la biorremediación depende de factores ambientales como la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes.

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes*

Rezania et al. (2015) evaluaron la eficacia de la planta acuática *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes de aguas residuales, destacando su alta efectividad en periodos cortos. La planta, conocida comúnmente como

lirio de agua, tiene la capacidad de absorber metales pesados como plomo y cadmio a través de sus raíces. Su extensa estructura radicular permite la adsorción de compuestos orgánicos y nutrientes en exceso, reduciendo la eutrofización en cuerpos de agua contaminados. Además, el estudio sugiere que la combinación de esta técnica con procesos bacterianos puede mejorar significativamente la eficiencia de la remediación.

Biorremediación de metales pesados

La biorremediación de metales pesados como plomo, arsénico y mercurio se basa en mecanismos de bioadsorción, bioacumulación y biotransformación, en los cuales microorganismos como *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Saccharomyces* capturan y transforman estos metales en formas menos tóxicas. Este proceso contribuye a la restauración de ambientes acuáticos contaminados, mitigando el impacto de los residuos industriales. La investigación resalta que la manipulación genética de cepas bacterianas puede incrementar la tolerancia y eficiencia de estos procesos en condiciones ambientales extremas, potenciando así su aplicación en la recuperación de cuerpos de agua degradados (Garbisu et al., 2017).

Estudio de caso:

La biorremediación utiliza microorganismos para eliminar contaminantes. En Iquitos, Perú, **Díaz-Ramírez et al. (2023)** demostraron que bacterias nativas del género *Pseudomonas* lograron degradar hasta el 50 % de residuos de petróleo en agua y el 30 % en suelos, gracias a enzimas oxidasas y peroxidasas.

Ejemplo:

En Ecuador, proyectos piloto en la Amazonía han empleado cepas de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* para limpiar derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua cercanos a zonas petroleras, reduciendo los niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos en un 45 % en solo 20 días.

Detección de Patógenos en Acuicultura:

Diversidad de patógenos bacterianos en tilapia

Chinchilla-Cárdenas et al. (2021) identificaron la presencia de bacterias patógenas en cultivos de tilapia en Guatemala, encontrando géneros como *Aeromonas*, *Plesiomonas* y *Streptococcus*, además de evaluar su resistencia a antibióticos comúnmente utilizados en la industria acuícola. Estos microorganismos son responsables de enfermedades como la septicemia hemorrágica y la estreptococosis, que pueden generar altas tasas de mortalidad en piscifactorías. El estudio recomienda la implementación de estrategias preventivas, como el monitoreo microbiológico periódico y el uso de probióticos para fortalecer el sistema inmunológico de los peces.

Identificación de bacterias patógenas en peces silvestres

Investigaciones realizadas en el Lago de Pátzcuaro, México, identificaron bacterias como *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* y *Salmonella* en peces silvestres, resaltando la importancia del monitoreo de poblaciones naturales para prevenir riesgos en la acuicultura (López-Galicia, 2024). La presencia de estos patógenos en peces de vida libre sugiere un origen antropogénico, asociado a la contaminación del agua con residuos fecales y materia orgánica en descomposición. El estudio destaca la necesidad de programas de saneamiento ambiental y control de descargas residuales para mitigar la propagación de enfermedades zoonóticas (López-Galicia et al., 2024).

Uso de técnicas moleculares en la detección de patógenos

López-Galicia (2024) también resalta la aplicación de métodos de diagnóstico molecular, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), para la identificación precisa y rápida de agentes patógenos en sistemas acuícolas. Esta técnica permite la detección de ADN bacteriano en muestras de agua y tejidos de peces con alta sensibilidad y especificidad, facilitando la implementación de medidas de control oportunas. Además, el estudio menciona el desarrollo de biosensores basados en nanotecnología, los cuales podrían revolucionar el diagnóstico de enfermedades acuáticas mediante pruebas rápidas y portátiles.

Estudios de caso:

En Chile, investigadores implementaron un sistema de IA y Big Data para monitorear la microbiota en centros de cultivo de salmón. El modelo predictivo permitió detectar brotes de *Piscirickettsia salmonis* con 10 días de anticipación, reduciendo las pérdidas en un 40 % (Havelaar et al., 2021).

También, la **fagoterapia** resurge como alternativa ante la resistencia antimicrobiana. Países como Bélgica y Estados Unidos ya han creado **bancos nacionales de fagos**, aplicados en piscifactorías para controlar infecciones bacterianas resistentes (Pirnay et al., 2022).

Actividad 10. Elaborar un mapa conceptual que incluya los siguientes elementos:

- Importancia del agua como recurso vital.
- Microorganismos acuáticos y su rol ecológico.
- Factores que afectan la calidad microbiológica del agua.
- Técnicas modernas de análisis microbiológico.
- Estrategias de recuperación ambiental (biorremediación, fitorremediación, detección molecular de patógenos).

INNOVACIÓN Y AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA MICROBIOLOGÍA ACUÁTICA

La microbiología acuática ha experimentado avances significativos en los últimos años, impulsados por el desarrollo de nuevas tecnologías y metodologías. A continuación, se detallan algunos de los progresos más destacados desde 2021 hasta 2025, respaldados por artículos científicos recientes.

Avances en Microbiología Molecular Aplicada a Ambientes Acuáticos

Las técnicas de biología molecular, como la secuenciación de ADN de alto rendimiento, han revolucionado el estudio de los ecosistemas acuáticos. Estas metodologías permiten una identificación más rápida y precisa de las bacterias presentes en muestras de agua, incluyendo especies difíciles de cultivar en laboratorio. Esta información es esencial para evaluar la calidad del agua y desarrollar estrategias de tratamiento eficaces (Reddington, et al. 2020). Además, se ha empleado la metatranscriptómica para identificar y cuantificar virus, bacterias, protozoos y hongos en moluscos de distintas regiones del mundo. Este enfoque proporciona una visión detallada de los genes activos en los microorganismos presentes en el medio ambiente, lo que es crucial para comprender su papel en los ecosistemas acuáticos (Rosani & Gerdol, 2017).

Uso de Inteligencia Artificial y Big Data en la Identificación de Microorganismos

La inteligencia artificial (IA) y el análisis de big Data están transformando la identificación y monitoreo de microorganismos en ambientes acuáticos. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, facilitando la identificación de patrones de contaminación y la predicción de eventos críticos en la cadena de suministro. Esto ayuda a la industria alimentaria a actuar de manera proactiva y a implementar medidas de control antes de que los contaminantes lleguen al consumidor final (Havelaar et al., 2021).

En el ámbito del tratamiento de agua, se han implementado modelos de redes neuronales para controlar variables como la turbidez mediante el uso de coagulantes. Por ejemplo, en la efluencia del alcantarillado en industrias de curtido, se dosificó de manera óptima el policloruro de aluminio para reducir contaminantes como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST), logrando una reducción del 70% en los contaminantes (Martínez-Ruiz et al. 2020).

Aplicaciones de la IA en la Detección de Patógenos y Resistencia Antimicrobiana

La IA también se ha utilizado para buscar nuevos antibióticos mediante el análisis de moléculas de especies extintas, como los neandertales y mamuts. Este enfoque innovador busca combatir la creciente resistencia bacteriana a los antibióticos actuales (Carrasco-Ramiro et al. 2021).

Además, la fagoterapia, que utiliza virus bacteriófagos para eliminar bacterias resistentes, ha resurgido como una alternativa prometedora en la lucha contra las infecciones resistentes a múltiples fármacos. Diversos estudios recientes han mostrado resultados prometedores en el uso de fagos en Estados Unidos, Europa y Oriente Medio, con establecimientos de bancos nacionales de fagos y centros dedicados a su investigación y aplicación (Pirnay et al., 2022).

NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA EL MONITOREO MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

El monitoreo microbiológico del agua en acuicultura es un aspecto fundamental para garantizar la inocuidad de los productos pesqueros y minimizar la incidencia de enfermedades en cultivos acuáticos. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) han desarrollado directrices estrictas sobre los límites microbiológicos aceptables en el agua utilizada para la producción acuícola (FAO, 2023).

Las regulaciones incluyen la detección de patógenos emergentes como *Vibrio spp.*, *Aeromonas spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Streptococcus spp.*, los cuales pueden afectar la salud de peces y crustáceos, además de representar un riesgo para el consumo humano. Estudios recientes han demostrado que el uso de técnicas moleculares como la PCR en tiempo real (qPCR) y la secuenciación de nueva generación (NGS) ha mejorado significativamente la precisión y velocidad en la detección de microorganismos en ambientes acuáticos (Colquhoun et al., 2021).

Por ejemplo, en un estudio realizado en sistemas de acuicultura intensiva en el sudeste asiático, se encontró que más del 40% de las muestras de agua analizadas contenían altos niveles de *Vibrio spp.*, indicando la necesidad de controles más rigurosos en la calidad del agua y la implementación de protocolos de bioseguridad más estrictos (Thongkao et al., 2020).

ESTRATEGIAS DE CONTROL Y MANEJO DE BROTES EN ACUICULTURA

Las estrategias de control de enfermedades en la acuicultura han avanzado enormemente en los últimos años, impulsadas por la biotecnología y la inteligencia artificial (IA). Uno de los progresos más notables ha sido el uso de probióticos y prebióticos, que contribuyen a reducir la incidencia de infecciones bacterianas y fortalecen la salud intestinal de los organismos cultivados. Estas prácticas promueven un ambiente más equilibrado dentro de los sistemas acuícolas y disminuyen la necesidad de antibióticos (Martínez et al., 2022).

Otro avance importante es el desarrollo de vacunas basadas en ADN, diseñadas para proporcionar inmunización específica contra patógenos de gran impacto como *Streptococcus agalactiae* en tilapia y *Vibrio parahaemolyticus* en camarón. En estudios recientes realizados en América Latina, se reportó que la vacunación con **antígenos recombinantes** logró reducir la mortalidad de los peces en más del **70 %** en comparación con métodos convencionales (Torres-Cortés, 2021).

Además, la implementación de sistemas de recirculación de agua (RAS) se ha convertido en una alternativa sostenible y efectiva para minimizar el intercambio de agua con el entorno natural. Estos sistemas reducen la entrada de patógenos externos y han demostrado ser altamente eficientes en especies como el **camarón *Litopenaeus vannamei***, disminuyendo hasta en un **30 %** la incidencia de enfermedades en granjas piloto de Asia y América (FAO, 2024). Por otra parte, la combinación de monitoreo microbiológico continuo con modelos predictivos basados en IA está revolucionando la prevención de brotes. En Noruega, por ejemplo, la instalación de sensores inteligentes en sistemas de cultivo de salmón permitió detectar pequeñas variaciones en los parámetros del agua, anticipándose a brotes virales antes de que aparecieran los primeros síntomas clínicos. Este tipo de sistemas predictivos permite una respuesta temprana, eficiente y de bajo costo, mejorando la bioseguridad y la sostenibilidad de la producción acuícola (Martinsen et al., 2020).

Actividad 11. Realizar la siguiente actividad grupal: Analizar, discutir y proponer aplicaciones reales de los avances tecnológicos y metodológicos recientes en microbiología acuática, a través del trabajo colaborativo y el pensamiento crítico.

Explicación del desarrollo de la actividad:

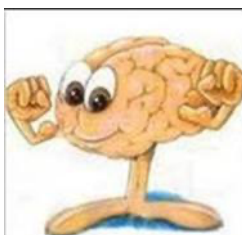
A cada grupo se le asignará uno de los siguientes temas:

1. Biología molecular y secuenciación genética en ambientes acuáticos
2. Inteligencia Artificial y Big Data en monitoreo microbiano
3. Fagoterapia y resistencia antimicrobiana
4. Normativas internacionales y detección de patógenos emergentes

5. Vacunas, probióticos y sistemas de control en acuicultura

En base a ello, cada grupo deberá elaborar una ficha técnica breve con datos clave que responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué problema(s) resuelve esta innovación en el contexto acuático?
2. ¿Qué ventajas y limitaciones tiene?
3. ¿Cómo podrían aplicarse estas herramientas en tu país o región?
4. ¿Qué mejoras o ideas innovadoras podrían proponer?



**REFLEXIÓN SOBRE LO APRENDIDO EN
EL CAPÍTULO 4**

El capítulo 4 se profundizó la relación entre la microbiología del agua, la salud humana y la protección ambiental. Se abordaron las estrategias microbianas y moleculares utilizadas en la recuperación ambiental y sanitaria del agua, destacando el papel de microorganismos beneficiosos en procesos de biorremediación, degradación de contaminantes y reciclaje de nutrientes. Además, se enfatizó la importancia de comprender la dinámica microbiana para restaurar cuerpos de agua contaminados, reforzando la necesidad de enfoques biotecnológicos innovadores en la gestión de recursos hídricos.

También, se presentaron los avances tecnológicos aplicados a la microbiología acuática, como el uso de sensores inteligentes, técnicas de secuenciación genómica y herramientas de inteligencia artificial. Estas tecnologías permiten un monitoreo más preciso, eficiente y predictivo de la calidad del agua, así como una respuesta rápida ante la presencia de patógenos o condiciones adversas. Se subrayó la utilidad de estas herramientas para prevenir brotes de enfermedades y optimizar los sistemas de producción acuícola, fortaleciendo la bioseguridad en los ecosistemas acuáticos.

De igual manera, se analizaron las normativas nacionales e internacionales sobre el monitoreo microbiológico del agua y las estrategias de control ante brotes infecciosos en acuicultura. Se resaltó la necesidad de mantener estándares de calidad del agua para proteger la salud pública y asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos. El capítulo concluye reafirmando la importancia de la microbiología acuática como disciplina fundamental para enfrentar desafíos ambientales y sanitarios, promoviendo el uso responsable y consciente del agua como recurso vital.

Resumen del capítulo

Este capítulo aborda la importancia de los microorganismos en la calidad del agua, su relación con la salud pública y los procesos ecológicos. Se explican los parámetros microbiológicos que determinan el estado de un cuerpo de agua, los ciclos biogeoquímicos mediados por microorganismos y los riesgos asociados a la contaminación fecal o industrial. Se analizan también tecnologías contemporáneas para el monitoreo microbiológico, incluyendo biología molecular, sensores inteligentes y sistemas de recirculación. El capítulo culmina destacando el rol de la microbiología como eje para la gestión responsable de ecosistemas acuáticos y actividades productivas.

CONCLUSIONES

La microbiología acuática no es simplemente una rama especializada de la ciencia; es una herramienta esencial para comprender y proteger la vida en los ecosistemas hídricos. A lo largo de este libro hemos visto cómo los microorganismos que habitan el agua cumplen funciones fundamentales en los ciclos biogeoquímicos, en la salud de los organismos acuáticos, en la calidad del agua y en la seguridad alimentaria dentro de la acuicultura.

Los avances tecnológicos como la biología molecular, la inteligencia artificial y el monitoreo microbiológico de precisión han ampliado de manera notable nuestra capacidad para detectar, controlar y prevenir los problemas ambientales y sanitarios relacionados con el agua. Sin embargo, todo este conocimiento solo adquiere verdadero valor cuando se aplica de forma ética, consciente y sostenible, pensando en las generaciones futuras y en el equilibrio de los ecosistemas.

La formación en microbiología acuática debe ir más allá de la simple memorización de teorías. Requiere una comprensión crítica, una actitud investigadora y un compromiso activo con la protección de los recursos hídricos. El agua, como fuente y eje de la vida, nos convoca a actuar con responsabilidad, sensibilidad y respeto hacia los sistemas naturales que la sostienen.

Este libro aspira a ser más que un compendio de conceptos: busca ser un punto de partida. Un llamado a mirar el mundo microscópico con curiosidad, rigor científico y compromiso humano. Porque en la microbiología acuática no solo encontramos respuestas científicas, sino también caminos para construir un futuro más justo, equilibrado y resiliente frente a los desafíos ambientales que enfrentamos como sociedad.

GLOSARIO:

Acuicultura: Actividad de cría y cultivo de organismos acuáticos, como peces, crustáceos y moluscos, en ambientes controlados.

Agar: Sustancia gelatinosa derivada de algas, utilizada como agente solidificante en medios de cultivo microbiológicos.

Anaerobio: Microorganismo que no requiere oxígeno para vivir, e incluso puede ser inhibido o destruido por su presencia.

Antibiótico: Sustancia química capaz de inhibir el crecimiento de bacterias o destruirlas.

Bacteria: Microorganismo unicelular procariota que puede tener formas diversas como cocos, bacilos o espirilos.

Bioseguridad: Conjunto de medidas preventivas para controlar riesgos biológicos y evitar la propagación de organismos patógenos.

Colonia: Conjunto de microorganismos derivados de una sola célula madre que crecen agrupados en un medio de cultivo.

Endospora: Estructura de resistencia producida por algunas bacterias para sobrevivir en condiciones ambientales adversas.

Fisión binaria: Modo de reproducción asexual en bacterias donde una célula se divide en dos células hijas genéticamente idénticas.

Flagelo: Estructura filamentosa que permite el movimiento en ciertas bacterias.

Gram positivo/negativo: Clasificación de bacterias según la estructura de su pared celular y su reacción a la tinción de Gram.

Inóculo: Es una muestra microbiana que se coloca sobre un medio de cultivo estéril para su crecimiento.

Medio de cultivo: Sustrato preparado con nutrientes específicos que permite el crecimiento de microorganismos en laboratorio.

Metabolismo: Conjunto de reacciones químicas que ocurren en los organismos para obtener energía y construir estructuras celulares.

Microorganismo: Organismo microscópico, como bacterias, virus, hongos y protozoos.

PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa): Técnica molecular que permite amplificar fragmentos específicos de ADN para su análisis.

Probiótico: Microorganismo vivo que, administrado en cantidades adecuadas, aporta beneficios a la salud del huésped.

Secuenciación de ADN: Método utilizado para determinar el orden de los nucleótidos en una molécula de ADN.

Siembra microbiológica: Es una técnica utilizada en microbiología que consiste en colocar el inóculo sobre el medio de cultivo.

Taxonomía: Ciencia que clasifica y nombra a los organismos según sus características evolutivas y genéticas.

Vibrio spp: Género de bacterias Gram negativas, comunes en ambientes marinos, algunas especies son patógenas.

Virus: Agente infeccioso acelular que necesita de una célula huésped para replicarse.

Referencias bibliográficas

- Alam, S., Afzal, G., Iqbal, Z., Hussain, R., Rizwan, M., Afzal, M., ... Mustafa, G. (2023). Fungal zoonotic infections in fish: an emerging threat to aquatic and terrestrial life. En S. Altaf, A. Khan y R. Z. Abbas (Eds.), *Zoonotic Diseases in Aquatic Environments* (pp. xx-xx). <https://doi.org/10.47278/book.zoon/2023.183>
- Alcántara-Jauregui, F., Valladares-Carranza, B. y Ortega, C. (2022). Enfermedades bacterianas y bacterias obtenidas en peces cultivados de México. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2), 2387. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2387>
- Alexopoulos, C., Mims, C. y Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology* (4ª ed.). John Wiley & Sons.
- Alonso, A., Palacios, D. y Guadalupe, N. (2023). Biorremediación en aguas residuales acuícolas: una revisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8538-8568. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7577
- Austin, B. y Austin, A. (2016). *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish* (6ª ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32674-0>
- Austin, B. y Austin, A. (2022). *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish* (7ª ed.). Springer.
- Barrantes, E. B. (2023). Efectos de la bacteria patógena *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus vannamei*) de cultivo y en la salud del consumidor. *Revista Pensamiento Actual*, 39-50.
- Beja, O., Suzuki, M., Koonin, E., Aravind, L., Hadd, A., Nguyen, L. y DeLong, E. (2000). Construction and analysis of bacterial artificial chromosome libraries from a marine microbial assemblage. *Environmental Microbiology*, 2(5), 516-529. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2000.00131.x>
- Bir, J., Howlader, P., Ray, S., Sultana, S., Khalil, S. y Banu, G. (2017). A critical review on White Spot Syndrome Virus (WSSV): a potential threat to shrimp farming in Bangladesh and some Asian countries. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(4), 123-130. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/319154358_A_critical_review_on_White_Spot_Syndrome_Virus_WSSV_A_potential_threat_to_shrimp_farming_in_Bangladesh_and_some_Asian_countries
- Carrasco-Ramiro, F., Peiró-Chova, L. y Villatoro-García, J. (2021). Artificial intelligence in the discovery of antimicrobial peptides from extinct species. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 19, 4573-4582. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.08.012>
- Chien, C., Lin, T., Chi, C. y Liu, C. (2020). Probiotic *Bacillus subtilis* E20 alters the immunity of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) via glutamine metabolism and hexosamine biosynthetic pathway. *Fish & Shellfish Immunology*, 98, 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.014>

- Chinchilla-Cárdenas, D., López-Vásquez, J., García-Romero, C. y Castillo-Salazar, A. (2021). Caracterización bacteriológica y resistencia antimicrobiana de aislados patógenos en cultivos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Guatemala. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 34(3), 207-216. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n3a03>
- Choi, W., Moniruzzaman, M., Bai, S. y Min, T. (2022). Evaluation of dietary probiotic bacteria and processed yeast (GroPro-Aqua) as an alternative to antibiotics in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Animals*, 12(4), 486. <https://doi.org/10.3390/ani12040486>
- Colquhoun, D., Lillehaug, A. y Wallace, C. (2021). Emerging bacterial pathogens in aquaculture: detection, diagnosis and regulatory perspectives. *Journal of Fish Diseases*, 44, 281-298. <https://doi.org/10.1111/jfd.13340>
- Cruz, E. y González, M. (2022). *Bacillus firmus*: aplicaciones y potencialidades como probiótico en acuicultura. *Revista de Producción Animal*, 34(2), 1-10. Recuperado de https://www.scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202022000200001&script=sci_abstract
- Dávila, S., López, O. y Hernández, H. (2019). Contaminación antrópica por organismos microbiológicos en la microcuenca del río Pixquiac. *Revista Electrónica UVserva*. <https://doi.org/10.25009/uvserva.v0i7.2604>
- Defoirdt, T. (2020). Strategies for controlling disease in aquaculture: a review of recent advances. *Aquaculture Research*, 51(5), 1964-1977. <https://doi.org/10.1111/are.14559>
- Del Pilar, M., García, M. y Rodríguez, A. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad del agua. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 43(3), 24-34. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Dhinakaran, D., Gopalakrishnan, S., Manigandan, M. y Anish, T. (s.f.). *IoT-based environmental control system for fish farms with sensor integration and machine learning decision support*. <https://arxiv.org/abs/2311.04258>
- Díaz-Ramírez, J., Escalante-Espinoza, E., Favela-Torres, E. y Gutiérrez-Rojas, M. (2021). Bacterial biodegradation and bioremediation strategies for petroleum hydrocarbons: environmental factors and enzymes involved. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2540. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052540>
- Eldor, P. (2014). *Microbiología, ecología y bioquímica del suelo* (4ª ed.). Academic Press. Recuperado de <https://shop.elsevier.com/books/soil-microbiology-ecology-and-biochemistry/paul/978-0-12-415955-6>
- FAO. (2024). *Sistemas de recirculación en acuicultura: evaluación técnica y sanitaria en granjas de Asia y América*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/publications>

- FAO. (2023). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>
- Garbisu, C., Alkorta, I., Epelde, L. y Amezcua, I. (2017). Microbial processes in the remediation of polluted soils. *Science of the Total Environment*, 584-585, 943-957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.098>
- Gomez, D., Kim, J., Choresca, C. y Park, S. (2014). Molecular diagnosis of aquareovirus infection in fish: development and application of PCR-based methods. *Journal of Fish Diseases*, 37(7), 623-633. <https://doi.org/10.1111/jfd.12151>
- González, L. y Rocío, G. (2012). *Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Recuperado de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/109a35dd-e0f3-48ac-bbf5-2f4a9e0d1bb0>
- Granados, R. y Villaverde, C. (2003). *Microbiología I*. España: Thomson-Paraninfo. ISBN 84-9732-123-5.
- Havelaar, A., Kirk, M., Torgerson, P., Gibb, H., Hald, T. y Lake, R. (2021). Future directions for global food safety: innovation, artificial intelligence, and predictive analytics in microbial risk assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 432-441. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.020>
- Hernández-Saavedra, N. (2004). *Las levaduras marinas como herramientas científicas y biotecnológicas*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/154/15409906.pdf>
- Hernández-Saavedra, N. (2021). Las levaduras y su ecología: ¿existen las levaduras marinas? *Revista Digital de Divulgación Científica*, 7(1). Recuperado de https://www.cibnor.gob.mx/revistas/pdfs/vol7num1/4_LAS_LEVADURAS_MARINAS.pdf
- Jay, J., Loessner, M. y Golden, D. (2021). *Modern Food Microbiology* (17ª ed.). Springer Science & Business Media. Recuperado de <https://books.google.com/cu/books?id=KbTDBAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Kirchman, D. (2021). *Processes in Microbial Ecology* (2ª ed.). Oxford University Press. ISBN 978-0198861411.
- Koneman, E., Allen, S., Janda, W., Schreckenberger, P. y Winn, W. (2008). *Diagnóstico microbiológico: texto y atlas a color* (6ª ed.). Médica Panamericana.
- Kumar, V. R. (2021). Vibrio infections in aquaculture: a review of pathogenicity and preventive measures. *Aquaculture Research*, 52(6), 1-15. <https://doi.org/10.1111/are.15142>
- Kurtzman, C., Fell, J. y Boekhout, T. (2011). *The Yeasts: A Taxonomic Study* (5ª ed.). Elsevier.
- Li, F., Fengjuan, T., Jing, L., Lu, L., Huanan, Q., Yuqi, D., ... Yigang, T. (2021). Isolation and characterization of a podovirus infecting the opportunistic pathogens

- Vibrio alginolyticus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *Virus Research*, 299, 198381. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2021.198381>
- López, M. (2024). *Evaluación de la utilidad de la secuenciación masiva de nueva generación para identificar ADN de agentes patógenos asociados con el camarón Penaeus vannamei* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada]. Repositorio Institucional CICESE. Recuperado de https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/4097/1/tesis_Mriya%20Michele%20Celeste%20L%C3%B3pez%20Galicia_%2002%20abril%202024.pdf
- López-Galicia, N., Pérez-Rodríguez, M. y Sánchez-Medina, A. (2024). Identificación de bacterias zoonóticas en peces silvestres del lago de Pátzcuaro y su implicación en la salud acuícola. *Revista Mexicana de Microbiología y Salud Ambiental*, 40(1), 45-58.
- Lubis, A., S. M., Dinh-Hung, N., Dhar, A., Delamare-Deboutteville, J., Kim, D., ... Brown, C. (2024). Review of quorum-quenching probiotics: a promising non-antibiotic-based strategy for sustainable aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 47(7), 823-839. <https://doi.org/10.1111/jfd.13941>
- Madigan, M., Bender, K., Buckley, D., Sattley, W. y Stahl, D. (2021). *Brock Biology of Microorganisms* (16ª ed.). Pearson Education.
- Mantilla, D. (2018). *Evaluación del uso de probióticos en la alimentación de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) y su impacto en parámetros productivos y económicos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7dc11d29-e49e-444d-8bfd-00787995825e/content>
- Marfileño, K. S., Gavaliz, S. L. y Molina, G. Z. (2023). Evaluación de microbiota de las costas de Sonora y Baja California contra cepas patógenas de *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio harveyi*, agentes causales de la necrosis hepatopancreática en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). En *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* (pp. xx-xx).
- Martínez-Porchas, M., Vargas-Albores, F., Martínez-Córdova, L. y Simó-Mirabet, P. (2022). Emerging trends in disease prevention in aquaculture: the role of probiotics, prebiotics, and artificial intelligence. *Aquaculture Research*, 53(1), 15-28. <https://doi.org/10.1111/are.15579>
- Martínez-Ruiz, D., Meza-Palacios, D., Pérez-Sánchez, G. y López-López, A. (2020). Aplicación de redes neuronales artificiales para la optimización de la coagulación en aguas residuales de curtiduría. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 635-647. <https://doi.org/10.20937/RICA.52899>
- Martino, P., Gentilini, E., Reinoso, E., Echeverría, M., Leardini, N. y Copes, J. (2007). *Microbiología veterinaria*. Inter-Médica.

- Martinsen, T., Johansen, L., Sommer, A. y Bergh, O. (2020). Early disease detection in Atlantic salmon (*Salmo salar*) farming using environmental and biometric sensor data with machine learning models. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 509. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00509>
- Mondal, H. y Thomas, J. (2022). A review on the recent advances and application of vaccines against fish pathogens in aquaculture. *Aquaculture International*, 30, 1971-2000. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00884-w>
- Mosquera, L., Cardona, M., Passaro, C. y Rivera, C. (s.f.). Probióticos y prebióticos en acuicultura. *Revista Encuentro*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Recuperado de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/download/2198/2503/8640>
- Murray, A. y Peeler, E. (2005). A framework for understanding the potential for emerging diseases in aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine*, 67, 223-235. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.10.012>
- Murray, P., Rosenthal, K. y Pfaller, M. (2017). *Microbiología médica* (8ª ed.). Elsevier.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Padilla, D. (2012). *Uso de probióticos en acuicultura*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Recuperado de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/12399/1/0280574_0006_0010.pdf
- Paerl, H. y Otten, T. (2021). Cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial Biotechnology*, 14(2), 473-485. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13759>
- Pahl-Wostl, C., Gupta, J. y Petry, D. (2021). Governance and the global water system: a theoretical exploration of sustainability, resilience and adaptive management. *Water Resources Management*, 35(9), 2975-2991. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02807-3>
- Pelczar, M., Chan, E. y Krieg, N. (2020). *Microbiología: conceptos y aplicaciones* (2ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Pirnay, J.-P., Blasdel, B., Bretaudeau, L., Buckling, A., Chanishvili, N. y Clark, J. (2022). The phage therapy paradigm: from research to clinical practice. *Nature Reviews Microbiology*, 20(3), 156-170. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00550-9>
- Pommerville, J. (s.f.). *Alcornoque: fundamentos de microbiología* (12ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Priyam, B. (s.f.). *Microbiología industrial: una visión general*. Recuperado de <https://www.news-medical.net/life-sciences/Industrial-Microbiology-An-Overview.aspx>

- Ramírez, N. S. (2022). Las bacterias halófilas y sus aplicaciones biotecnológicas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 24(1-2), 12-23. Recuperado de https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-25562004000100004&script=sci_arttext
- Reddington, K., Neaves, M., Douterelo, I., Boxall, J. y Hans-Peter, F. (2020). The application of high-throughput sequencing in the study of microbial communities in drinking water distribution systems. *Water Research*, 178, 115677. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115677>
- Rezania, S., Ponraj, M., Din, M., Songip, A., Sairan, F. y Chelliapan, S. (2015). The diverse applications of water hyacinth with main focus on sustainable environmental management: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(13), 10487-10504. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4502-1>
- Ríos, D. (2020). *Uso de Bacillus spp. como probióticos en animales de explotación alimentaria: ventajas y beneficios*. Universidad de Jaén. Recuperado de <https://crea.ujaen.es/bitstreams/d8f8bc5e-c786-455c-8e43-003bf8aefb65/download>
- Rosani, U. y Gerdol, M. (2017). A bioinformatics approach reveals seven nearly complete RNA virus genomes in *Mytilus galloprovincialis*. *Virus Research*, 232, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2016.12.008>
- Sanches-Fernandes, G., Santos-Costa, S. y Costa, R. (2022). Vibriosis outbreaks in aquaculture: addressing environmental and public health concerns and preventive therapies using gilthead seabream farming as a model system. *Frontiers in Microbiology*, 13, 904815. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.904815>
- Santos, G. (2014). *Biorremediación en sistemas acuícolas*. *International Aquafeed*. Recuperado de <https://www.balnova.com/biorremediacion-en-sistemas-acuicolas/>
- Semenza, J. y Ko, A. (2023). Enfermedades transmitidas por el agua sensibles a la variabilidad climática y al cambio climático. *The New England Journal of Medicine*, 389(23), 2175-2187. <https://doi.org/10.1056/NEJMra230079>
- Serrano, M. (2013). *Aislamiento y evaluación de cepas bacterianas con actividad antagonista contra patógenos oportunistas del camarón* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. DSpace en ESPOL. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25086/3/T-76211%20SERRANO%20MENA.pdf>
- Shao, S. L., Liu, W. y Shao, Z. (2020). Applications of molecular technologies for monitoring aquatic microbial communities. *Frontiers in Microbiology*, 11, 528. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00528>
- Singh, P., Kumar, V., Kumar, R., Sharma, P. y Dutta, V. (2020). *Pseudomonas aeruginosa* and its role in environmental cleanup. *Environmental Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00104-9>

- Stainer, R., Adelberg, E. y Ingraham, J. (1985). *Microbiología*. Barcelona: Reverté S.A.
- Subasinghe, R., Bondad-Reantaso, M. y McGladdery, S. (2001). *Aquatic animal health management in aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper, 402*, 1-67. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y0820e/y0820e00.htm>
- Subham, M., Abhishek, J., Prasenjit, B., Marc, E., Ruben, L., Banwarilal, S. y Anup, P. (2014). Seasonal dynamics of *Vibrio cholerae* and its phages in riverine ecosystem of Gangetic West Bengal: cholera paradigm. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8), 4989-5001. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3851-1>
- Suttle, C. (2021). Viruses in the sea. *Nature Reviews Microbiology*, 19(6), 441-458. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00471-x>
- Tang, K. y Bondad-Reantaso, M. (2019). Impacts of acute hepatopancreatic necrosis disease on commercial shrimp aquaculture. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 38(2), 477-490. <https://doi.org/10.20506/rst.38.2.2973>
- Tant, C., Rosemond, A., Mehring, A., Kuehn, K. y Davis, J. (2015). The role of aquatic fungi in transformations of organic matter mediated by nutrients. *Freshwater Biology*, 60(7), 1364-1377. <https://doi.org/10.1111/fwb.12574>
- Thompson, F., Iida, T. y Swings, J. (2004). Biodiversity of vibrios. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68(3), 403-431. <https://doi.org/10.1128/MMBR.68.3.403-431.2004>
- Thongkao, S., Rojtinakorn, J. y Limsuwan, C. (2020). Occurrence and distribution of *Vibrio* species in intensive shrimp farms in Southeast Asia: implications for biosecurity and disease management. *Aquaculture Reports*, 17, 100358. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100358>
- USEPA. (2022). *National Water Quality Inventory: Report to Congress*. USEPA. Recuperado de <https://www.epa.gov/waterdata/national-water-quality-inventory-report-congress>
- WOAH. (2023). *Aquatic Animal Health Code*. WOA. Recuperado de <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/aquatic-code-online-access/>
- Toola, J. L. (2014). *Historia de la microbiología*. *Revistas Bolivianas*, 44. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682014000500001&script=sci_arttext&tlng=es
- Torres-Cortés, A. S.-P.-D. (2021). Advances in DNA-based vaccines for aquaculture: *Streptococcus* and *Vibrio* protection in tilapia and shrimp farming. *Aquaculture International*, 29(5), 1895-1908. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00714-6>
- Tortora, G., Funke, B., y Case, C. (2007). *Introducción a la microbiología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S. A. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Nxb3iETuwplC&oi=fnd&pg=P>

A1&dq=historia+de+la+microbiología&ots=zc0oqN5_oy&sig=T4pcP8kStzH7Qd2pHFemLymfl4M#v=onepage&q=historia%20de%20la%20microbiología&f=false

- Vadillo, S., Mateos, E., y Durán, S. (2002). *Manual de microbiología veterinaria*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=89681>
- Vega de la Vega, M. D., Saucedo, P. E., Morelos-Castro, R. M., Hernández, R., Cáceres-Martínez, C., Mazón-Suástegui, J. M., y Campa-Córdova, Á. (2019). Reducing stress by improving performance of hatchery-reared *Catarina scallop* (*Argopecten ventricosus*) spat with different genera of beneficial microorganisms: A biochemical and molecular analysis. *Aquaculture Reports*, 15, 100225. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100225>
- Villalobos, T., Suárez-Isla, B., y García, C. (2025). Impactos en la salud y el medio ambiente de las cianobacterias y las cianotoxinas del agua dulce al agua de mar. *Toxins*, 17(126). <https://doi.org/10.3390/toxins17030126>
- Walker, P., y Winton, J. (2010). Emerging viral diseases of fish and shrimp. *Veterinary Research*, 41(6). <https://doi.org/10.1051/vetres/2010022>
- Whittaker, R. (1969). New concepts of kingdoms of organisms. *Science*, 163, 150-194. <https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150>
- Willey, J., Sherwood, L., y Woolverton, C. (2017). *Microbiología* (9ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Woo, P., y Cipriano, R. (2017). *Diseases and disorders of finfish in cage culture* (2ª ed.). CABI Publishing.
- Woolverton, C., Willey, J., y Sherwood, L. (2016). *Microbiología*. Madrid: McGraw-Hill. Recuperado de https://granatensis.ugr.es/discovery/fulldisplay?vid=34CBUA_UGR:VU1&docid=alma991014579051204990&context=L
- Yanong, R. P.-F. (2021). Infecciones bacterianas en acuicultura. En *Manual veterinario Merck*. Recuperado de <https://www.merckvetmanual.com/es-us/animales-exoticos-y-de-laboratorio/acuicultura/infecciones-bacterianas-en-acuicultura>
- Yanong, R., Francis-Floyd, R., y Petty, B. (2021). Mycotic diseases in aquaculture. En *The Merck veterinary manual*. Recuperado de <https://www.merckvetmanual.com/exotic-and-laboratory-animals/aquaculture/mycotic-diseases-in-aquaculture>
- Zaitlin, M. (1998). The discovery of the causal agent of the tobacco mosaic disease. *APSnet Features*. American Phytopathological Society. Recuperado de <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Documents/1998/ZaitlinDiscoveryCausalAgentTobaccoMosaicVirus.pdf>
- Zhang, W. J., Fang, C., Song, F., Xin, Y., Qu, L., y Ding, K. (2010). *Bacillus oceanisediminis* sp. nov., isolated from marine sediment. *International Journal*

of *Systematic and Evolutionary Microbiology*, 60(12), 2924-2929.
<https://doi.org/10.1099/ijs.0.019851-0>

Zhang, X., Li, Y., Li, Y., y Wang, Y. (2023). Metagenomic insight into the effect of probiotics on nitrogen cycle-related functional genes and microbial communities in aquaculture water. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1097453.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1097453>

Anexos

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

NÚMERO DE PRÁCTICA: 01

TEMA: MATERIALES Y EQUIPOS QUE SE UTILIZAN EN MICROBIOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

La microbiología es una rama de la biología que estudia a los microorganismos, seres vivos microscópicos que incluyen bacterias, hongos, virus, protozoarios y algas microscópicas. Dado que estos organismos no pueden observarse a simple vista, su estudio requiere de condiciones especiales, tanto en cuanto a procedimientos como al uso de materiales y equipos específicos. El trabajo microbiológico se lleva a cabo, en su mayoría, dentro de laboratorios que están equipados con instrumentos diseñados para observar, cultivar, manipular, identificar y controlar a los microorganismos. Por ello, resulta esencial que el estudiante adquiera un conocimiento sólido sobre los materiales y equipos básicos utilizados en microbiología desde las primeras prácticas.

El manejo correcto del equipo de laboratorio no solo garantiza resultados confiables, sino que también es una medida de seguridad para el personal. Muchos microorganismos con los que se trabaja pueden representar un riesgo para la salud humana, por lo que es vital minimizar la exposición y prevenir la contaminación cruzada. Además, algunos procedimientos microbiológicos, como el cultivo de bacterias o la manipulación de muestras clínicas, requieren estrictas normas de esterilidad y condiciones controladas, lo cual solo es posible con el equipo adecuado y un manejo correcto de los materiales.

Entre los instrumentos más comunes se encuentran las asas de siembra, utilizadas para transferir microorganismos de un medio a otro sin contaminar la muestra; los tubos de ensayo y cajas de Petri, que permiten el cultivo de microorganismos; y los frascos o matraces, donde se preparan medios de cultivo líquidos o se almacenan soluciones. Todos estos materiales pueden ser de vidrio o plástico, y su elección dependerá del tipo de procedimiento que se realice y de si los elementos se pueden esterilizar o deben desecharse después de un solo uso.

En cuanto a equipos, el microscopio es uno de los instrumentos más representativos de la microbiología. Este permite observar la morfología de los microorganismos, su disposición, tamaño y, en muchos casos, su comportamiento. Existen distintos tipos de microscopios, aunque el más común en las prácticas básicas es el microscopio óptico compuesto. Este equipo requiere de conocimientos técnicos específicos para su correcto uso, incluyendo el ajuste de la iluminación, el enfoque y la manipulación de los objetivos. Además, el uso de tinciones como la de Gram o Ziehl-Neelsen permite observar con mayor claridad características diferenciales entre

especies bacterianas.

Otro equipo esencial es el autoclave, que permite la esterilización de materiales y medios de cultivo mediante vapor a alta presión y temperatura. Su uso, es indispensable para eliminar cualquier forma de vida microbiana presente en los materiales antes y después de su uso. Asimismo, existen estufas de cultivo o incubadoras, que mantienen condiciones de temperatura constantes, necesarias para el crecimiento óptimo de distintos tipos de microorganismos. Estas incubadoras pueden operar a distintas temperaturas, dependiendo del tipo de organismo que se desea cultivar.

En laboratorios más avanzados, también se encuentran las cabinas de bioseguridad. Estas estructuras protegen tanto al usuario como al medio ambiente del material biológico que se manipula. Las cabinas trabajan con flujos de aire filtrado que impiden que los microorganismos se dispersen en el entorno. Existen diferentes tipos de cabinas, y su elección dependerá del nivel de riesgo biológico con el que se trabaje. En prácticas básicas, su uso puede no ser obligatorio, pero conocer su funcionamiento y propósito es parte fundamental de la formación microbiológica.

Dentro del laboratorio también es común el uso de centrifugas, que permiten separar componentes celulares o concentrar microorganismos en el fondo de un tubo mediante fuerza centrífuga. Estas deben usarse con cuidado, ya que un mal balanceo de los tubos o el uso de velocidades inadecuadas puede causar accidentes o la pérdida de la muestra.

Además de estos equipos, hay otros instrumentos auxiliares como pipetas automáticas, mechero Bunsen, balanzas analíticas, pH-metros, refrigeradores y cámaras frías. Cada uno de estos cumple una función específica que facilita el desarrollo de las actividades microbiológicas. El mechero Bunsen, por ejemplo, genera una llama que permite esterilizar asas de siembra y crear una zona libre de contaminantes alrededor del área de trabajo. Las pipetas permiten medir volúmenes exactos de líquidos, lo cual es esencial para la preparación de soluciones y medios.

El conocimiento detallado de los materiales y equipos no solo facilita el aprendizaje práctico, sino que además permite al estudiante desarrollar competencias clave como la organización, la precisión, la limpieza y el respeto por las normas de bioseguridad. Estas habilidades son fundamentales no solo para un entorno académico, sino también para el desempeño profesional en laboratorios clínicos, farmacéuticos, alimentarios, ambientales, entre otros.

Esta práctica tiene como propósito familiarizar al estudiante con los materiales y equipos más utilizados en microbiología. A través de la observación y manipulación directa de estos instrumentos, se busca que el alumno comprenda su uso, identifique su estructura y funciones básicas, y aplique correctamente las normas de higiene y seguridad. Se espera que, al finalizar la

práctica, el estudiante sea capaz de distinguir entre diferentes tipos de materiales, sepa cómo deben prepararse, limpiarse y almacenarse, y entienda la importancia de cada equipo en el proceso microbiológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer los equipos y materiales que se utilizan en microbiología
- Conocer el uso de los equipos y materiales que se utilizan en microbiología

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los estudiantes al término de la práctica tendrán los siguientes aprendizajes:

- Reconocimiento de los diferentes materiales y equipos que se utilizan en microbiología
- Conocimiento del uso de los materiales y equipos que se utilizan en microbiología y su importancia.

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES

EQUIPOS- MATERIALES E INSUMOS

EQUIPOS

Microscopio: Permite realizar observaciones morfológicas y otras características de identificación de las células.

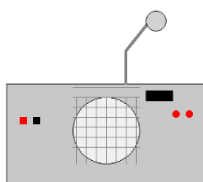


Incubadora: En microbiología una incubadora es un equipo cerrado que permite controlar la temperatura, humedad y otras condiciones necesarias para el desarrollo de un cultivo microbiológico.

Baño maría: Sirve para calentar sustancias en forma indirecta, es decir, sustancias que no pueden ser calentadas a fuego directo.



Contador de colonias: Un contador de colonias es un instrumento utilizado para contar colonias de bacterias o de otros microorganismos que crecen en una placa de agar.



Nevera: Es utilizado para mantener y conservar las muestras (4°C) o los medios de cultivos.



Horno de esterilización: Permite esterilizar materiales de vidrio que son utilizados para los procesos de siembra de microorganismos como pipetas, vasos de precipitación, tubos de ensayo, etc.



Autoclave: Permite esterilizar medios de cultivo a 15 lbs de presión por 30 mn



Cámara de flujo laminar

Es un equipo fundamental en microbiología y otros laboratorios donde se requiere un entorno limpio y libre de contaminantes. Su función principal es proteger la muestra de contaminación durante el manejo de materiales sensibles, mediante un flujo de aire filtrado y controlado.



Balanza: Sirve para pesar materiales, líquidos o sólidos con fracciones de gramos.



Centrífuga: La centrífuga se utiliza en microbiología para separar componentes de una muestra líquida según su densidad, permitiendo concentrar microorganismos como bacterias, hongos o virus en el fondo del tubo (sedimento) y eliminar el líquido sobrenadante.



MATERIALES

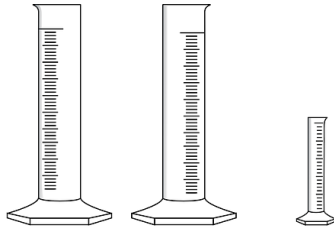
Cajas Petri: Cajas cilíndricas. Pueden ser de plástico o de vidrio. Se utiliza generalmente para el aislamiento de microorganismos. Las más utilizadas pueden ser de 10, 15 o 20 mm x 100 mm.



Tubos de ensayo: Se usa como recipientes de los medios de cultivo. Tienen diferentes medidas y pueden presentar tapa rosca o no.



Probetas: Recipientes graduados de forma cilíndrica y capacidad variable, con base para la esterilidad. Puede estar graduada.



Pipetas: Pueden ser de plástico o de vidrio, Son graduadas o volumétricas. Las más utilizadas son de 1 - 5 10 y 20 ml.



Erlenmeyer: Recipientes volumétricos, útiles para la preparación y almacenamiento de soluciones, colorantes, medios de cultivo.

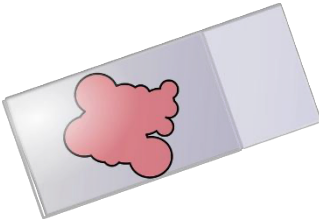


Vasos de precipitación o Beaker: Recipientes de vidrio y de plástico. Utilizados para disolver medios de cultivo u otras soluciones.



Espátula: Sirve para tomar muestras sólidas de forma aséptica.

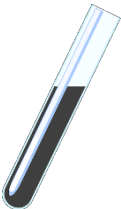
Cubre y porta objeto: Láminas de vidrio, utilizadas para colocar la muestra a observar al microscopio.



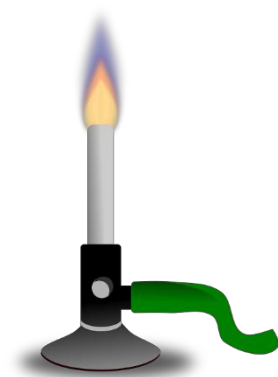
Asas bacteriológicas : Utilizadas para realizar las inoculaciones microbiológicas.



Varilla de vidrio o agitador: Sirve para disolver el medio de cultivo



Mechero de buncen: Se utiliza para realizar la esterilización en seco y mantener aséptica el área de trabajo.



Cocineta eléctrica: Sirve para calentar sustancias líquidas y preparar medios de cultivo.

Parafilm: Es un sistema de resina para laboratorio.

Otros

Agua destilada

Reactivos para
tinciones

Medios de
cultivo

RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

-Identifica correctamente los materiales y equipos básicos utilizados en el laboratorio de microbiología, reconociendo su nombre, función y manejo adecuado para su aplicación en prácticas microbiológicas.

-Aplica las normas de uso, limpieza y seguridad en el manejo de materiales y equipos microbiológicos, demostrando responsabilidad, precisión y respeto por los protocolos de bioseguridad en el entorno de laboratorio.

PRÁCTICA No: 02

TEMA DE LA PRÁCTICA: OBSERVACIÓN DE MICROORGANISMOS **INTRODUCCIÓN**



La observación de microorganismos es una de las prácticas fundamentales en microbiología, ya que permite al estudiante visualizar directamente las formas, tamaños y estructuras de los seres vivos microscópicos. Estos organismos, invisibles al ojo humano, incluyen bacterias, hongos, protozoarios y algas microscópicas, y su análisis bajo el microscopio es clave para su identificación, clasificación y estudio. A través de esta práctica, se establece una conexión directa entre la teoría microbiológica y su aplicación visual, favoreciendo el desarrollo de habilidades técnicas esenciales como el uso correcto del microscopio, la preparación de muestras y la interpretación básica de imágenes observadas.

El microscopio óptico compuesto es el instrumento principal utilizado en esta práctica. Su capacidad para ampliar la imagen de microorganismos entre 40x y 1000x permite observar detalles que son cruciales para el diagnóstico clínico, la investigación científica o el control de calidad en industrias alimentarias y farmacéuticas. Para una visualización efectiva, muchas veces es necesario teñir las muestras con colorantes específicos, como el violeta de genciana, la safranina o el azul de metileno, que permiten diferenciar estructuras celulares o tipos de microorganismos, como en la tinción de Gram.

Esta práctica tiene como propósito que el estudiante se familiarice con las características morfológicas básicas de distintos tipos de microorganismos, comprenda su diversidad y adquiera destrezas técnicas en la preparación y manipulación de muestras microscópicas. Además, refuerza la importancia de mantener condiciones de trabajo estériles, aplicar normas de bioseguridad y registrar observaciones con precisión.

Observar microorganismos no solo es una experiencia visual interesante, sino también un paso esencial para entender su comportamiento, su papel en el

entorno, su relación con la salud humana y su importancia en diversos procesos biotecnológicos. Por eso, esta práctica representa una base indispensable para todo el aprendizaje posterior en el campo de la microbiología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Aprender a preparar muestras microbiológicas para su visualización microscópica.
- ✓ Identificar formas y estructuras comunes en bacterias, hongos y protozoarios.
- ✓ Utilizar correctamente los aumentos del microscopio (10x, 40x y 100x).
- ✓ Aplicar normas de bioseguridad durante la observación de microorganismos.

METODOLOGÍA

Materiales y equipo:

- ✓ Microscopio óptico compuesto
- ✓ Portaobjetos y cubreobjetos
- ✓ Muestras microbiológicas (agua estancada, cultivo de bacterias, levaduras u hongos)
- ✓ Colorantes simples (azul de metileno, violeta de genciana o safranina)
- ✓ Gotero o pipeta Pasteur
- ✓ Papel absorbente
- ✓ Mechero de alcohol (opcional)
- ✓ Aceite de inmersión (si se usa el objetivo 100x)
- ✓ Guantes y bata de laboratorio.

1. Preparación del área de trabajo

- ✓ Colocar todos los materiales sobre una superficie limpia y organizada.
- ✓ Desinfectar el área de trabajo antes de iniciar.
- ✓ Encender el microscopio y asegúrate de que esté en buen estado.

2. Montaje de muestra en fresco (sin tinción)

- ✓ Con ayuda de un gotero, colocar una gota de muestra de agua de charco en el centro de un portaobjetos limpio.
- ✓ Colocar con cuidado un cubreobjetos sobre la gota, evitando burbujas.
- ✓ Colocar el portaobjetos sobre la platina del microscopio.

3. Observación microscópica

- ✓ Comenzar con el objetivo de 10x y enfoca la muestra.
- ✓ Cambiar al objetivo de 40x para mayor detalle.
- ✓ Si se requiere más aumento, colocar una gota de aceite de inmersión sobre la muestra y usa el objetivo de 100x (solo si es adecuado para la muestra).
- ✓ Ajustar la iluminación y el diafragma según la necesidad.

- ✓ Observa detenidamente la muestra e identifica formas, movimientos y estructuras.

4. Montaje de muestra teñida (si aplica)

- ✓ Colocar una gota de cultivo sobre un portaobjetos y extiéndela si es necesario.
- ✓ Dejar secar al aire y luego fija la muestra (pasándola brevemente sobre la llama del mechero).
- ✓ Añadir unas gotas del colorante (ej. azul de metileno) y dejar actuar por 1 minuto.
- ✓ Enjuagar con agua suavemente y seca con papel absorbente.
- ✓ Observar bajo el microscopio siguiendo los mismos pasos que en la muestra en fresco.

5. Registro de observaciones

Realizar dibujos esquemáticos o toma notas claras sobre lo que observa: tipo de microorganismo, forma, agrupación, movimiento, tamaño relativo, etc.

6. Limpieza y cierre

- ✓ Apagar el microscopio, limpiar los lentes con papel especial si fue usado aceite.
- ✓ Lavar o desechar el material según las indicaciones de bioseguridad.
- ✓ Desinfectar nuevamente el área de trabajo.
- ✓ Retirar los guantes y lávate las manos.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

-Utiliza correctamente el microscopio óptico compuesto para la observación de microorganismos, demostrando habilidades técnicas en el enfoque, ajuste de aumentos y manejo de muestras.

-Identifica las principales características morfológicas de los microorganismos observados, como forma, agrupación y estructuras visibles, aplicando criterios básicos de clasificación microbiológica.

PRÁCTICA No: 3

TEMA DE LA PRÁCTICA: PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO

INTRODUCCIÓN



La preparación de medios de cultivo es una actividad fundamental en el trabajo microbiológico, ya que constituye la base sobre la cual se desarrollan múltiples procesos de investigación, diagnóstico, control sanitario y producción industrial. Un medio de cultivo es una mezcla de nutrientes que permite el crecimiento y la multiplicación de microorganismos en condiciones controladas, facilitando su aislamiento, identificación, mantenimiento o evaluación fisiológica. Sin una preparación adecuada de estos medios, es prácticamente imposible trabajar de manera eficiente en microbiología.

Existen diferentes tipos de medios de cultivo, y su elección depende del propósito específico del estudio. Algunos están diseñados para el crecimiento general de bacterias (como el agar nutritivo o el caldo nutritivo), mientras que otros son selectivos, diferenciales o enriquecidos, permitiendo identificar grupos específicos de microorganismos o estimular el crecimiento de aquellos que se desarrollan en condiciones especiales. Además, pueden ser líquidos, semisólidos o sólidos, y cada presentación tiene aplicaciones particulares, desde pruebas bioquímicas hasta la obtención de colonias aisladas o la observación de motilidad bacteriana.

Durante la práctica, el estudiante tendrá contacto directo con los componentes que forman un medio de cultivo, como extracto de carne, peptona, agar, sales y agua destilada. También aprenderá a realizar procedimientos técnicos como el pesaje exacto de sustancias con ayuda de una balanza analítica, el ajuste del pH con pH-metros o papel indicador, y el proceso de esterilización mediante autoclave. Esta última etapa es crucial, ya que asegura que el medio esté libre de microorganismos contaminantes antes de ser utilizado. La esterilización inadecuada puede comprometer por completo una investigación o una muestra clínica, generando resultados erróneos o inservibles.

Uno de los principales enfoques de esta práctica es desarrollar en el estudiante una actitud responsable y meticulosa en el trabajo de laboratorio. La preparación de medios exige precisión, limpieza, organización y conocimiento de normas de bioseguridad. Por ejemplo, el uso correcto del autoclave implica seguir protocolos estrictos para evitar quemaduras, explosiones de recipientes o fallos en la esterilización. Asimismo, la manipulación de materiales calientes o el vertido de medios en placas Petri requiere destreza y conocimiento técnico.

Además, esta práctica permite al estudiante comprender que la calidad del medio de cultivo repercute directamente en la calidad de los resultados obtenidos en etapas posteriores del trabajo microbiológico. Un medio mal preparado puede presentar problemas como un pH inadecuado, una consistencia irregular o una contaminación microbiana, lo que no solo afecta el crecimiento de las cepas deseadas, sino que también representa un riesgo para la seguridad del laboratorio.

MEDIOS DE CULTIVO:

Agar tiosulfato citrato bilis sacarosa (TCBS):

Se lo utiliza para determinar vibrios .

Agar Sabouraud,

Se lo utiliza para determinar hongos.

Agar papa Dextrosa.

Utilizado para determinar hongos

Agar Cetrimide

Se utiliza para determinar pseudomonas

OBJETIVOS

- ✓ Identificar los componentes básicos de los medios de cultivo y comprender su función dentro del crecimiento microbiano.
- ✓ Aplicar correctamente las técnicas de pesaje, disolución, ajuste de pH y esterilización en la preparación de medios líquidos y sólidos.
- ✓ Utilizar adecuadamente el equipo de laboratorio como balanza analítica, pH-metro y autoclave.
- ✓ Verificar las condiciones físicas y visuales del medio preparado (color, transparencia, consistencia) como parte del control de calidad.
- ✓ Demostrar orden, limpieza y cumplimiento de las normas de bioseguridad durante todo el proceso.

METODOLOGÍA

Materiales y reactivos:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Vaso de precipitados
- ✓ Probeta
- ✓ Agitador magnético o varilla de vidrio

- ✓ pH-metro o papel indicador
- ✓ Autoclave
- ✓ Mechero de alcohol (si aplica)
- ✓ Placas Petri, tubos de ensayo o frascos
- ✓ Agua destilada
- ✓ Agar en polvo
- ✓ Peptona
- ✓ Extracto de carne (u otros componentes del medio)
- ✓ Guantes, bata, gafas de seguridad

Procedimiento:

1. Preparación de materiales

- ✓ Limpia y organiza todos los materiales antes de iniciar.
- ✓ Coloca el equipo sobre una superficie limpia y desinfectada.
- ✓ Usa guantes y bata para asegurar condiciones higiénicas y seguras.

2. Pesaje de los componentes del medio

- ✓ Pesa con exactitud la cantidad indicada de cada componente del medio (por ejemplo, 5 g de peptona, 3 g de extracto de carne, 15 g de agar por litro).
- ✓ Usa una balanza analítica limpia y calibrada.

3. Disolución de los componentes

- ✓ Vierte los componentes en un vaso de precipitados con agua destilada.
- ✓ Agita la mezcla usando un agitador magnético o manualmente con una varilla hasta disolver completamente los sólidos.

4. Ajuste de volumen y pH

- ✓ Completa el volumen final deseado (por ejemplo, 1 litro) con agua destilada.
- ✓ Mide el pH con un pH-metro o papel indicador; ajusta si es necesario con ácido o base diluidos (normalmente el pH óptimo es entre 6.8 y 7.2 para medios generales).

5. Distribución del medio en recipientes

Una vez preparado, distribuye el medio líquido en tubos de ensayo, frascos o matraces si se va a usar como caldo, o déjalo en un recipiente si es para verter en placas después de esterilizar.

6. Esterilización en autoclave

- ✓ Coloca los recipientes con el medio dentro del autoclave.
- ✓ Esteriliza a 121 °C y 15 psi de presión durante 15-20 minutos.
- ✓ Al terminar, deja que el autoclave baje la presión y la temperatura antes de abrir.

7. Vertido en placas Petri (si es medio sólido)

- ✓ Si preparaste agar, deja enfriar el medio hasta unos 45-50 °C.

- ✓ En condiciones estériles (idealmente cerca de un mechero o en cabina), vierte el agar en placas Petri sin tocar los bordes.
- ✓ Deja que solidifique sin mover las placas.

8. Almacenamiento

- ✓ Una vez solidificado o listo para uso, etiqueta correctamente los recipientes o placas.
- ✓ Guarda los medios en refrigeración si no se usarán de inmediato.

Resultados de Aprendizaje

- Reconoce los componentes y tipos de medios de cultivo microbiológicos, comprendiendo su función en el crecimiento y mantenimiento de diferentes microorganismos.
- Aplica correctamente las técnicas de preparación, esterilización y vertido de medios de cultivo, utilizando el equipo de laboratorio con precisión y siguiendo las normas de bioseguridad.

Leonor Margarita Rivera Intriago, nacida en Ecuador. Es una destacada académica con formación en Acuicultura, Ciencias Marinas, Salud Ambiental, Gerencia Educativa y un Doctorado en Ciencias Ambientales. Con una sólida trayectoria como docente e investigadora en la Universidad Técnica de Machala desde el año 2001. Ha coordinado programas de posgrado como la Maestría en Recursos Naturales Renovables y diplomados en tecnologías aplicadas a la sostenibilidad ambiental. Su experiencia incluye investigaciones sobre fitorremediación, microbiología acuática y control de patógenos en acuicultura, así como la publicación de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Ha sido reconocida por su participación en congresos y por premios académicos como el “Best Oral Award” de la World Aquaculture Society en el año 2018. Además, posee formación complementaria en inteligencia artificial, auditoría ambiental y consultoría ambiental, consolidando un perfil multidisciplinario con énfasis en la sostenibilidad, la investigación científica y la docencia superior.

Holger Rogelio Rivera Intriago, de nacionalidad ecuatoriana, es Ingeniero Agrónomo con formación de cuarto nivel como Magíster en Recursos Naturales Renovables con mención en Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, y actualmente cursa un Máster en Gestión y Auditorías Ambientales. Cuenta con experiencia profesional en el sector agrícola y ambiental, destacándose como representante técnico comercial en empresas agroindustriales desde el año 2013 hasta la actualidad. Ha desarrollado investigaciones sobre fitorremediación con especies acuáticas publicadas en revistas científicas de alto impacto. Su formación se complementa con múltiples cursos sobre agroquímicos, gestión ambiental, residuos sólidos y cambio climático. Posee una sólida orientación hacia la sostenibilidad y el manejo responsable del ambiente, con experiencia en consultoría ambiental y auditoría, consolidando un perfil técnico-científico comprometido con la conservación de los recursos naturales.

ISBN: 978-9942-53-075-2



Compás
capacitación e investigación