



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA

**DETECCIÓN DE BACTERIAS, HONGOS Y POLEN EN EL AIRE DE
LA FES ZARAGOZA Y LA RELACIÓN QUE ESTOS TIENEN CON
SÍNTOMAS RESPIRATORIOS Y ALERGIAS**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

P R E S E N T A N:

**ANDREA MARIANA RODRÍGUEZ ESCALANTE
JORGE ALFREDO SUÁREZ REYES**

JURADO DE EXAMEN

DIRECTORA: DRA. ADRIANA HERNÁNDEZ REYES

ASESOR: Q.F.B. JOSÉ OSCAR GONZÁLEZ MORENO

ASESORA: M. EN C. MARIA CATALINA CARDENAS ASCENCIÓN

SINODAL: Q.F.B. ALICIA CABRERA AGUILAR

SINODAL: M. EN C. ARELI DEL CARMEN MORÁN GARCÍA



CIUDAD DE MÉXICO

SEPTIEMBRE 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la familia, mascotas y amigos que tengo, por guiarme y darme fuerzas en mi vida y trayectoria escolar.

A mi bebé

Desde el momento que supe de tu existencia, surgió en mí una fortaleza indescriptible, una felicidad incontenible, así como una motivación que jamás había tenido en mi vida. Te dedico esta tesis, porque gracias a ti, no me rendí y fue posible culminar este proyecto. Te amo infinitamente.

A mi mamá Adriana

Por ser mi confidente, has sido mi más grande apoyo a lo largo de toda mi vida. Gracias por esas enseñanzas, amor, cariño y comprensión que me das todos los días.

A mi hermano Iván

Eres mi dulce compañía, te agradezco por darle a mi vida ese toque de locura y sonrisas, por demostrarme que hacer las cosas que te gustan en conjunto con las personas que más quieres, dedicación y constancia son la clave de la felicidad y el éxito.

A mi papá Gerardo

Desde pequeña te he admirado mucho, para mí siempre serás el mejor de los médicos, tú me has mostrado lo que es tener vocación y amor a tu profesión.

A la FES Zaragoza

Completamente agradecida con esta bella institución, por permitirme conocer a muchas personas, algunas de ellas fueron parte de bonitos momentos que recordaré con alegría, otras se convirtieron en amigos que continúan en mi camino, tuve el honor de presenciar las mejores clases en sus aulas, impartidas por los mejores profesores que he conocido. Estoy orgullosa de ser próximamente una Q.F.B. egresada de esta facultad.

Por Andrea Mariana Rodríguez Escalante

Contenido

1. RESUMEN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Aerobiología.....	2
2.2. Bioaerosoles	2
2.3. Clima.....	3
2.3.1. Clima de la Ciudad de México	3
2.3.2. Condicionantes biofísicos	3
2.4. El aire	4
2.4.1. Contaminación biológica del aire.....	4
2.4.2. Polen.....	5
2.4.2.1. Polinosis	5
2.4.2.2. Importancia alergológica de pólenes.....	6
2.4.3. Microorganismos del aire.....	6
2.4.3.1. Bacterias.....	8
2.4.3.1.1. <i>Bacillus spp</i>	8
2.4.3.1.2. <i>Clostridium spp</i>	8
2.4.3.1.3. <i>Actinomyces spp</i>	9
2.4.3.1.4. <i>Corynebacterium spp</i>	9
2.4.3.1.5. <i>Micrococcus spp</i>	10
2.4.3.1.6. <i>Staphylococcus spp</i>	10
2.4.3.1.7. <i>Streptococcus spp</i>	11
2.4.3.1.8. <i>Escherichia spp</i>	11
2.4.3.1.9. <i>Neisseria spp</i>	12
2.4.3.1.10. <i>Klebsiella spp</i>	12
2.4.3.1.11. <i>Enterococcus spp</i>	13
2.4.3.2. Hongos	13
2.4.3.2.1. <i>Cladosporium spp</i>	13
2.4.3.2.2. <i>Aspergillus spp</i>	14
2.4.3.2.3. <i>Penicillium spp</i>	15
2.4.3.2.4. <i>Alternaria spp</i>	15
2.4.3.2.5. <i>Mucor spp</i>	16
2.4.3.2.6. <i>Rhizopus spp</i>	16

2.4.3.3. Levaduras	17
2.4.3.3.1. <i>Rhodotorula spp</i>	17
2.4.3.3.2. <i>Cryptococcus spp</i>	17
2.4.3.4. Virus.....	18
2.4.3.4.1. <i>Paramixovirus</i>	18
2.4.3.4.2. <i>Poxvirus</i>	18
2.4.3.4.3. <i>Picornavirus</i>	19
2.4.3.5. Amebas de vida libre	19
2.4.3.5.1. <i>Naegleria spp</i>	19
2.4.3.5.2. <i>Acanthamoeba spp</i>	20
2.4.4. Permanencia y supervivencia.....	20
2.4.5. Enfermedades respiratorias causadas por microorganismos en el aire	21
2.5. Métodos de investigación de los microorganismos.....	25
2.5.1. Técnicas de sedimentación.....	25
2.5.1.1. Por gravedad.....	25
2.5.1.2. Electrostática.....	26
2.5.2. Técnicas de impactación.....	26
2.5.2.1. Por Succión	26
2.5.2.2. De Cascada.....	26
2.5.2.3. Ciclónicos.....	27
2.5.2.4. Inerciales	27
2.5.3. Técnicas de filtración	27
2.5.3.1. Filtros sólidos	27
2.5.3.2. Filtración de Cour	27
2.5.3.3. Filtros de membrana.....	27
3. ANTECEDENTES	28
3.1. Estudios previos	28
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
5. OBJETIVOS.....	31
5.1. Objetivo general.....	31
5.2. Objetivos específicos	31
6. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	31
6.1. Materiales.....	31

6.2. Equipos.....	32
6.3. Reactivos.....	32
7. TIPO DE ESTUDIO	32
8. METODOLOGÍA	32
8.1 Muestreo.....	32
8.1.1. Puntos de muestreo	32
8.1.2. Período de muestreo.....	33
8.1.3. Procedimiento de muestreo	33
8.2 Análisis de muestras.....	33
8.2.1. Procedimiento de análisis de las placas de agar soya tripticaseína	34
8.2.2. Procedimiento de análisis de las placas de agar Sabouraud	34
8.2.3. Procedimiento de análisis de los portaobjetos.....	34
8.3. Encuesta	34
9. RESULTADOS.....	36
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
11. MEDIDAS PREVENTIVAS	55
12. CONCLUSIONES.....	56
13. PERSPECTIVAS DEL PROYECTO	56
14. REFERENCIAS	57
14.1. Bibliográficas	57
14.2. Figuras.....	66
15. ANEXOS	69

1. RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un monitoreo del aire de la FES Zaragoza en Campo I y II, con la finalidad de observar las biopartículas existentes, las cuales pueden estar relacionadas con síntomas respiratorios y alergias que se presentaron en la población estudiantil.

Se empleó la técnica de “impactación en placa” para la captación de biopartículas, los muestreos se llevaron a cabo durante un periodo de 7 meses, dos veces por semana, dejando los dispositivos de captación media hora a la intemperie; posteriormente a la captación se realizaron los análisis macroscópico y microscópico pertinentes para realizar la identificación de las biopartículas. Como resultado de esta investigación se encontraron distintos géneros bacterianos como *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Escherichia spp.*, *Enterococcus spp.*, *Neisseria spp.* y *Klebsiella spp.*; géneros de hongos como fueron *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Rhizopus spp.*, *Mucor spp.* y *Cryptococcus spp.*; así como 5 tipos diferentes de polen que provinieron de las siguientes plantas *Momordica spp.*, *Helianthus annuus*, *Leucanthemum spp.*, *Taraxacum spp.*, *Ambrosia spp.*

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aerobiología

La Aerobiología se encarga de estudiar la presencia de diversos microorganismos y partículas en el aire en especial aquellas que causan daños al ser humano. Su primera mención se dió en la década de 1930 por parte de Fred Meier al realizar un análisis del aire en búsqueda de microorganismos.¹

Como disciplina estudia la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia de los microorganismos y partículas orgánicas en el aire, y los efectos que tienen sobre su entorno.² Conforme fue evolucionando más objetos de estudio fueron integrándose desde las partículas y gases abióticos que afectan a los organismos vivos, (como el mercurio, plomo, asbestos, cadmio, monóxido de carbono, dióxido sulfúrico, ozono) hasta microorganismos capaces de sobrevivir en el espacio y la atmósfera alta.³

La Aerobiología se relaciona con un amplio número de ciencias como la Botánica al estudiar el polen y las esporas que liberan las plantas, la Micología al estudiar las esporas de los hongos en el aire, la Medicina al analizar partículas que afectan la salud de los seres humanos y los animales, la Ecología al estudiar la diversidad de microorganismos presentes en el aire y su interacción con el medio, la Meteorología al estudiar el efecto que el clima tiene en la presencia o ausencia de bioaerosoles, entre otras.⁴

2.2. Bioaerosoles

Los seres vivos generan una gran cantidad de partículas cada día, fragmentos de piel, polen de plantas, secreciones de las vías respiratorias, entre otras, cuando alguna de estas partículas es suspendida en el aire por una corriente de viento se convierte en un aerosol y si dicho aerosol contiene una partícula con actividad biológica o con un organismo se considera un bioaerosol.⁵

Un bioaerosol se define como la colección de partículas biológicas microscópicas omnipresentes en el entorno y con una dimensión respirable (de 0.02 μ m a 100 μ m de diámetro) que puede contener virus, bacterias, esporas, polen, algas, ácaros o, en general, restos de organismos, y que tiene la posibilidad de afectar a los seres vivos a través de procesos infecciosos, alérgicos, tóxicos e irritantes.⁶

Las personas se exponen a los bioaerosoles por medio de la inhalación, ingestión o contacto con la piel, siendo la inhalación la ruta que da origen a una mayor cantidad de problemas para la salud.⁷

Los bioaerosoles de mayor importancia, desde un punto de vista sanitario, son los que tienen un tamaño inferior a 5 μ m, ya que por su tamaño tan pequeño pueden ser inhalados y llegar a los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas.⁶

2.3. Clima

Al estado más frecuente de la atmósfera de un lugar se le conoce como clima.⁸ Al hablar de clima también se incluyen las variaciones que sufren sus diversos elementos entre estos la temperatura, la presión, el viento, la humedad y la lluvia.⁹

La mayoría de los elementos que componen el clima tienen un impacto significativo en la permanencia de los bioaerosoles en el aire, la temperatura y la humedad afectan la cantidad de agua que contendrán estos bioaerosoles, el viento los llevará de la superficie a la atmósfera mientras que las precipitaciones los depondrán de nuevo a la superficie, por lo anterior resulta evidente la relación entre el clima y la Aerobiología.

2.3.1. Clima de la ciudad de México^{10,11}

Algunos estudios han relacionado las poblaciones de hongos y bacterias con el clima de una zona, en estos se ha encontrado que la presencia de bacterias aumenta en las temporadas secas, mientras que los hongos aumentan en las temporadas húmedas, sin embargo, múltiples géneros presentan comportamientos particulares.

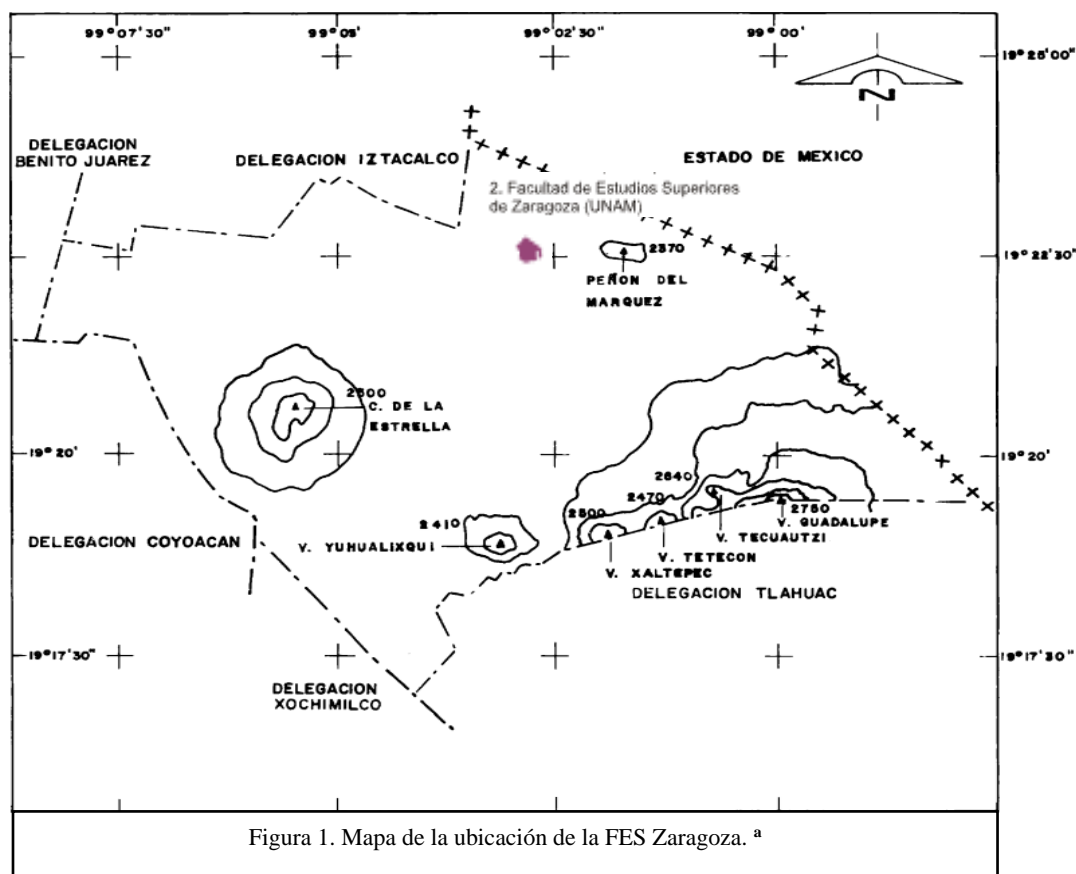
La estación seca favorece a algunos grupos de bacterias y hongos, como las actinobacterias, mientras que la precipitación y la humedad en el ambiente durante la estación lluviosa limita su dispersión. Entre las actinobacterias encontradas se identifican géneros como *Corynebacterium spp.* y *Mycobacterium spp.* en los cuales existen agentes causales de muchas infecciones humanas y animales como la difteria (*Corynebacterium diphtheriae*) y la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*).

En la Ciudad de México la temporada templada dura 2 meses y medio, desde finales de marzo a principios de junio, y la temperatura máxima diaria en promedio es de 26 °C. El mes más cálido del año es mayo. La temporada fresca dura 2 meses y medio, desde mediados de noviembre a principios de febrero, con una temperatura máxima promedio de 22 °C. El mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima promedio de 6 °C y máxima de 22 °C. La temporada de lluvias inicia con el verano y suele extenderse hasta principios de otoño, con primaveras e inviernos con pocas precipitaciones.

2.3.2 Condicionantes biofísicos¹²

La FES Zaragoza se sitúa en la alcaldía Iztapalapa que a su vez se encuentra al oriente de la Ciudad de México, tiene una extensión de 105.8 km², y su altura sobre el nivel del mar es de 2,100 m. Limita al norte con la Alcaldía de Iztacalco y el Municipio de Nezahualcóyotl, al este con el Municipio de La Paz y Chalco Solidaridad, al sur con las Alcaldías de Tláhuac y Xochimilco, al oeste con las Alcaldías de Coyoacán y Benito Juárez (observar figura 1). Las formaciones orográficas diseminadas al interior de la Cuenca son la Sierra de Guadalupe, ubicada al norte de la Ciudad, al sur se encuentra la Sierra de Santa Catarina, el Cerro del Pino, La Caldera y el Volcán Xico. En la zona urbana destacan el Peñón de los Baños, el Peñón del Marqués y el Cerro de la Estrella. La altitud más baja es de 2,236 m en el vaso de Texcoco y la más alta llega a 4,000m en la Sierra del Ajusco, contrastando diferentes ambientes ecológicos. Actualmente no existen depósitos naturales de agua superficiales por

el efecto combinado de la desecación lacustre y la pavimentación urbana. Por la Alcaldía atraviesa el Río Churubusco que al unirse con el Río de la Piedad (ambos actualmente entubados), forman el Río Unido. También la cruza el Canal Nacional, actualmente una parte descubierta y otra convertida en Calzada La Viga, donde recogían las aguas de los canales de Chalco, de Tezontle, Del Moral y el de Garay; que finalmente desembocaban sobre los terrenos que antiguamente formaban parte del lago de Texcoco. Iztapalapa se localiza en un clima templado moderado lluvioso; las temperaturas más bajas varían de los 3 a 18° C, y las temperaturas más altas de los 22° C a 31° C.



2.4. El aire

El aire es una mezcla de gases importantes para la vida, es incoloro e inodoro y, por la cantidad de microorganismos capaces de crecer en este ambiente, se considera que no tiene una microbiota autóctona, sin embargo, resulta ser un medio ideal para la dispersión de diversos tipos de microorganismos a través de adaptaciones especializadas para su supervivencia como son las esporas, otros viajan por medio de aerosoles (partículas de agua que los contienen).¹³

2.4.1. Contaminación biológica del aire

La contaminación biológica del aire se origina a partir de la formación de un aerosol que puede contener varios contaminantes, microorganismos, fragmentos microbianos

antigénicos, toxinas y otras sustancias de origen microbiano. La contaminación del aire depende de tres condiciones esenciales, estas son: la presencia de fuentes de contaminación, amplificación microbiana por multiplicación activa y diseminación por perturbación del reservorio, que conducen a una contaminación del aire permanente.¹³

Los contaminantes biológicos más comunes en el aire son las bacterias, los hongos y, en menor medida, los virus. Considerando que estas partículas viables tienen la capacidad de multiplicarse en diferentes medios, la cantidad de microorganismos presentes en el aire es variable en función de diferentes fenómenos, como la actividad humana (urbana o agrícola), la temporada y el clima (en específico los vientos). Además, esta biocontaminación varía cualitativa y cuantitativamente según la zona, el tipo de organismos encontrados y el estado del lugar.¹⁴

Los microorganismos del aire pueden ser transportados por diferentes medios: polvo, caspa, escamas de piel, gotas y núcleos de gotas con tamaños que van de 1µm hasta los 100µm. Cada tipo de partícula puede transportar microorganismos específicos, tal es el caso de las escamas y la caspa que transportan microorganismos de la flora humana transitoria. Algunos estudios han establecido una relación entre el tamaño de partícula y los microorganismos transportados observándose que entre el 0.01% al 1% de partículas pueden considerarse bioaerosoles.¹⁵

2.4.2. Polen ⁶⁸

Los granos de polen son partículas fecundantes con potencialidad masculina, necesarios para la reproducción de las plantas superiores ya que su misión es la de fecundar a los óvulos para dar lugar a la formación de semillas y asegurar, así, la continuidad de la especie.

En algunas especies el polen realiza su función en la misma flor o en la misma planta que lo ha formado, pero en la mayoría de las especies, el polen resulta viable si alcanza una ovocélula de otra planta de su misma especie.

El polen se forma en unas bolsitas o vesículas llamadas sacos polínicos que, en las plantas más evolucionadas, las angiospermas, se sitúan en los estambres de las flores. Cuando el polen está maduro, la antera se rasga, saliendo éste al exterior. El traslado del polen desde el órgano donde se ha formado hasta la parte femenina de la flor se conoce como polinización y puede efectuarse según las diversas características de cada especie. Por anemofilia, cuando los pólenes son arrastrados y diseminación con el viento y por entomofilia, cuando la polinización es por insectos (abejas, mariposas, escarabajos, etc.).

2.4.2.1. Polinosis ⁶⁸

La definición más aceptada para la polinosis es la inflamación de la mucosa nasal, conjuntival y/o bronquial causada por alérgenos contenidos en los granos de polen a través de un mecanismo inmunológico mediado por IgE.

La primera definición científica de polinosis fue realizada por el Dr. Bostock en 1819, la cual fue descrita como: “Un caso de una afección periódica de los ojos y el tórax”, la cual describía

síntomas respiratorios que se presentaban durante la primavera durante los meses del crecimiento de los pastos en Inglaterra (junio-julio), dicha patología fue denominada posteriormente como “fiebre del heno”.

Desde entonces hasta nuestros días, los avances tecnológicos aplicados a la Aerobiología y en concreto a la Palinología han permitido un mejor y más exhaustivo abordaje de esta disciplina, teniendo como fin último la aplicación práctica en un diagnóstico preciso y tratamiento adecuado del paciente polínico.

2.4.2.2. Importancia alergológica de pólenes

Los pólenes son considerados como uno de los agentes causales más importantes de las enfermedades alérgicas, siendo considerada como la causa más frecuente de rinoconjuntivitis y responsable de más del 30% de los casos de asma bronquial. La importancia clínica, epidemiológica y económica derivadas de la alta prevalencia de esta patología, han suscitado un continuo interés para el alergólogo, para poder ofrecer al paciente polínico un manejo integral de su patología.

Los síntomas que con mayor frecuencia se producen en personas alérgicas a los pólenes son de tipo respiratorio, puesto que es la vía a por la cual el individuo entra en contacto con el polen produciendo algunos o todos de las siguientes entidades:

- Conjuntivitis (prurito ocular, lagrimeo)
- Rinitis (estornudos, obstrucción nasal, rinorrea, prurito nasal)
- Síntomas respiratorios de vías bajas (tos, disnea, sibilantes)

En escasas ocasiones se puede presentar urticaria y/o angioedema, etc.

La sensibilización hacia un polen determinado en una población puede depender del nivel de exposición, predisposición genética de cada uno de los individuos y características propias de las plantas que cohabitan en cada región.

Las plantas más importantes desde el punto de vista alergológico son las que dispersan sus granos a través del viento (anemófilas). Así, las plantas de flores vistosas (entomófilas tales como rosas, claveles, etc.) no suelen tener tanta importancia alergénica, puesto que su polen no se dispersa con tanta facilidad.

El conocimiento de los pólenes suspendidos en la atmosfera de una zona determinada puede considerarse como un fiel reflejo de su flora anemófila, con información detallada de los pólenes que pueden ser causa de polinosis y precisión del período de polinización de cada taxón, constituyendo así, para el alergólogo y las autoridades de salud locales, un elemento básico para el correcto diagnóstico etiológico del paciente polínico.

2.4.3. Microorganismos del aire

Los microorganismos existen en todo tipo de ambientes, incluyendo algunos de condiciones extremas como la mesosfera (tal es el caso de *Aspergillus niger*, *Circinella muscae*,

Micrococcus albus), estos establecen relaciones con su entorno (siendo autótrofos o heterótrofos) y con otros organismos. Los hongos y bacterias son los de mayor concentración. Entre los factores que dan lugar a la diversidad de microorganismos en el aire se encuentran el origen, dirección e intensidad de los vientos y la capacidad de supervivencia de cada microorganismo. En cuanto a la capacidad de resistencia, las formas esporuladas (producidas por hongos y algunas bacterias), al ser metabólicamente menos activas y más resistentes a la desecación, se encuentran más frecuentemente que sus contrapartes vegetativas. Las bacterias más frecuentemente aisladas del aire son los géneros esporulados *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.* y *Actinomicetos spp.* Seguido de estos se encuentran los bacilos pleomórficos Grampositivos *Corynebacterium spp.* y los cocos Grampositivos *Micrococcus spp.* y *Staphylococcus spp.*, en general las bacterias Grampositivas por presentar una pared celular más gruesa. Los bacilos Gramnegativos *Flavobacterium spp.* y *Alcaligenes spp.* se encuentran en menor proporción y disminuyen con la altura, pues son más propensos a inactivarse a causa de la desecación. En cuanto a los hongos *Cladosporium spp.* es el que predomina en el aire, también es frecuente encontrar otros, como *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.* y *Mucor spp.* y algunas levaduras como *Rhodotorula spp.*¹⁶

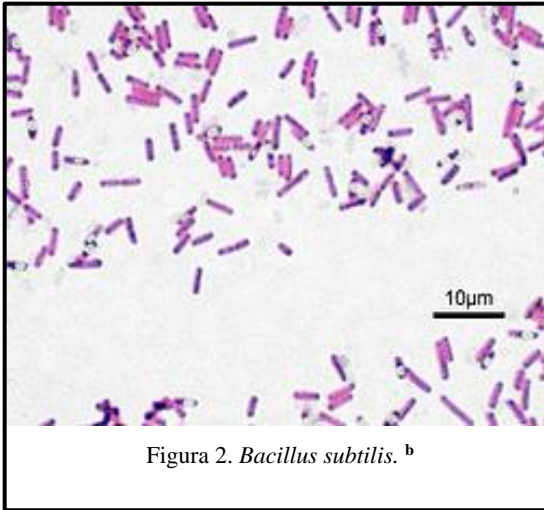
Las actividades, industriales o agrícolas, realizadas en una zona, así como los tipos de flora y fauna presentes son factores que determinan los tipos y la cantidad de microorganismos presentes en el aire. Las zonas densamente pobladas presentan una mayor cantidad de microorganismos en el aire, seguidos por las áreas costeras mientras que las zonas polares presentan la menor concentración. Los diferentes tipos de clima, así como las variaciones en los factores climáticos que se presentan con el cambio de las estaciones modifican la distribución de los tipos de microorganismos presentes en una zona, por ejemplo, los hongos presentan mayores concentraciones en verano, las bacterias se ven beneficiadas en primavera y verano por factores como la temperatura, humedad relativa del aire, exposición a la luz solar, etc.¹⁷

Los virus también pueden encontrarse en el aire y ser transportados por él. Numerosos virus humanos como *Orto* y *Paramixovirus*, *Poxvirus*, *Picornavirus* se transmiten por vía respiratoria, principalmente en ambientes cerrados, pueden formarse bioaerosoles de virus entéricos en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, pueden encontrarse virus de vegetales en aerosoles procedentes de plantas infectadas.

De la misma forma, algunas amebas de vida libre como *Naegleria spp.* y *Acanthamoeba spp.* pueden ser aerolizadas a partir de fuentes de agua como lagos o manantiales termales o a través de sistemas de aire acondicionado y humidificadores contaminados.¹⁸

2.4.3.1. Bacterias

2.4.3.1.1. *Bacillus spp.* ^{19,20}



Bacillus spp. es un género de bacterias aerobias o anaerobias facultativas, con forma de bastón, capaces de formar endosporas, la mayoría Grampositivas y móviles.

El género exhibe una gran variedad de características fisiológicas que le permite vivir en cualquier entorno. Por lo general cuentan con flagelos para su locomoción, caso excepcional la especie *B. anthracis*.

El género cuenta con tres especies de importancia clínica:

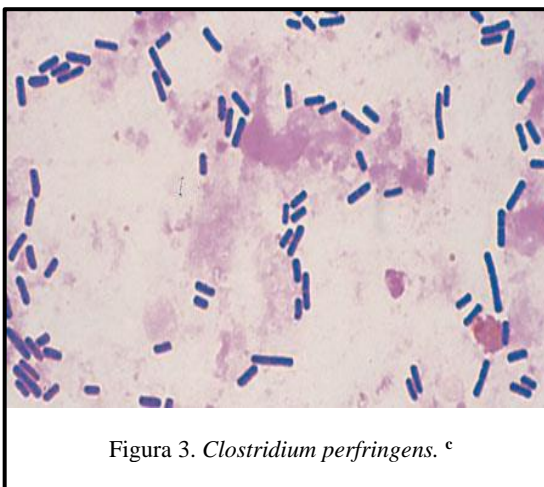
- *B. anthracis*, que produce carbunco.
- *B. cereus*, un saprófito común del suelo

que provoca intoxicación alimentaria por la formación de una enterotoxina en los alimentos contaminados.

- *B. subtilis*, un saprófito común del suelo y del agua que a menudo se presenta como contaminante de laboratorio y en forma ocasional causa conjuntivitis.

Son grandes productoras de enzimas, por lo que su uso en muchas industrias es común.

2.4.3.1.2. *Clostridium spp.* ^{21,22}



Clostridium spp. es un género de bacilos, Grampositivos, saprofitos, con flagelos peritricos que se encuentra ampliamente distribuida en el ambiente. Algunas de sus especies pueden formar esporas termorresistentes que en ausencia de oxígeno germinan, crecen y excretan toxinas, estas se encuentran en el aire al ser resuspendidas junto al polvo o agua. Es por esto por lo que pueden transmitirse a toda clase de alimentos.

Las especies con importancia clínica son *C. botulinum* causante del botulismo, *C. novyi*, *C. septicum*, *C. perfringens* causantes de la gangrena gaseosa y *C. tetani* causante del

tétanos, siendo de las principales causas de infecciones alimentarias.

2.4.3.1.3. *Actinomyces spp.* ²⁰



Figura 4. *Actinomyces israelii*. ^d

Género de bacterias Grampositivas, saprófitas que se encuentran distribuidas en el suelo, el mar y sedimentos de lagos y ríos por lo cual pueden ser aerolizadas. Algunas especies de este género pueden formar filamentos ramificados semejantes a micelios de 0.2 a 0.8 μm de diámetro por los cuales se les ha confundido con hongos. La mayoría son aerobios, pero algunos como *Actinomyces israelii* (causante de la mayoría de actinomycosis) pueden crecer bajo condiciones anaeróbicas. Producen esporas externas.

Son patógenos oportunistas que en ocasiones pueden provocar enfermedades de progreso lento. Un género relacionado, *Streptomyces spp.*, es de importancia médica como productor de muchos antibióticos, pero rara vez ocasiona infecciones. Una especie de importancia clínica dentro de este género *M. tuberculosis*.

2.4.3.1.4. *Corynebacterium spp.* ^{20,23}

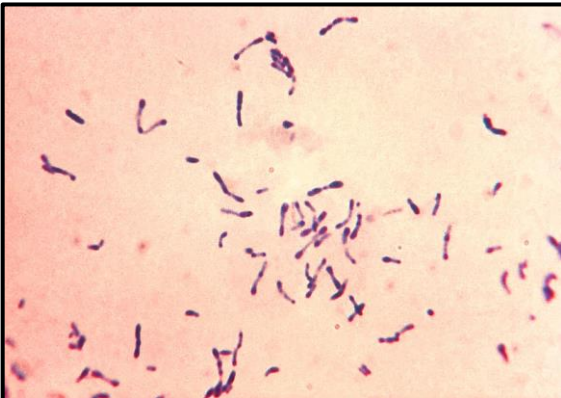
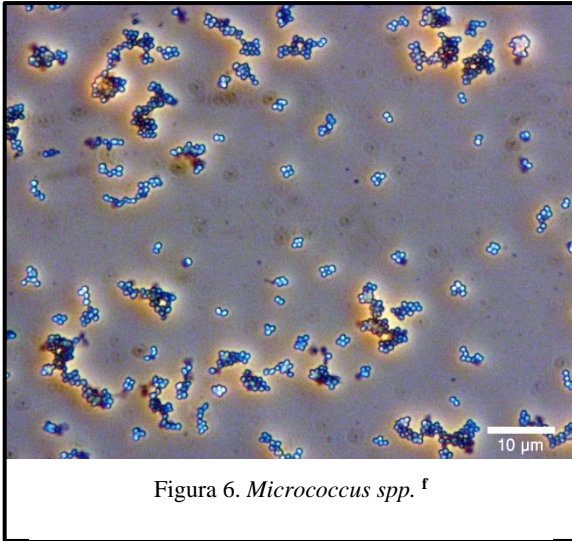


Figura 5. *Corynebacterium spp.* ^e

Corynebacterium spp. pertenece a la familia *Corynebacteriaceae*. Son bacterias Grampositivo, pleomórficas, inmóviles, aerobias o anaerobias facultativas, no encapsuladas, que se encuentran aisladas, en parejas o agrupadas formando una especie de V, de letras chinas o de empalizada. La transmisión puede ser por inhalación de bioaerosoles, por contacto directo o indirecto (fómites) con piel o mucosas y por contaminación de heridas o abrasiones.

Las especies de importancia médica de este género son comensales y/o patógenos de animales y el ser humano, por lo que es común encontrarlos en la piel y membranas mucosas, así como en el suelo, el agua, los alimentos y la superficie de los objetos.

2.4.3.1.5. *Micrococcus spp.* ^{20,24}

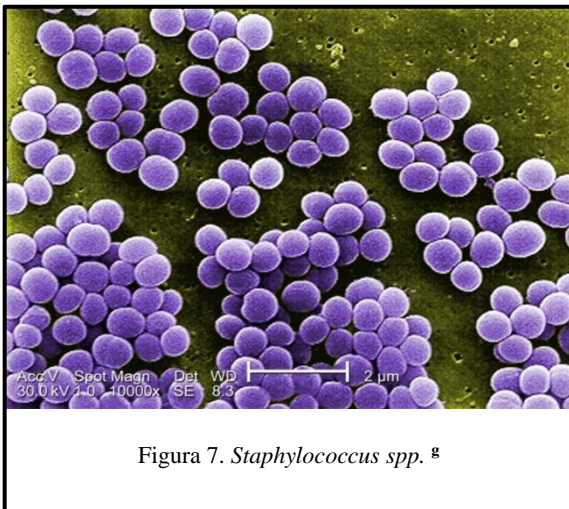


Micrococcus spp., es un género de bacterias Grampositivas, no esporuladas usualmente sin organelos de locomoción, tienen una forma de esfera con un diámetro de 0.5 a 3.5 μm. Se encuentra ampliamente diseminada en la naturaleza, se les puede encontrar en mamíferos (incluido el ser humano), algunos siendo esenciales para mantener el equilibrio de la flora microbiana de la piel y en el aire como *Micrococcus roseus*.

Son estrictamente aerobios. Difícilmente se encuentra relacionado con enfermedades, pero puede ser causa de shock séptico, bacteriemia recurrente, artritis séptica, endocarditis, meningitis, neumonía cavitaria

e infecciones pulmonares, que pueden ocasionar la muerte, en pacientes inmunodeprimidos.

2.4.3.1.6. *Staphylococcus spp.* ^{25,26}



Género de cocos Grampositivos, con forma esférica con un diámetro de 0.5 a 1.5 μm, por lo general están dispuestas como células únicas, en pares, tétradas, cadenas cortas o formando racimos irregulares parecidos a las uvas, anaerobias facultativas. Son bacterias no móviles, no esporuladas, no poseen cápsula, aunque existen algunas cepas que desarrollan una cápsula de limo, son anaerobias facultativas. Son patógenos del hombre y otros mamíferos. Aquellos que poseen la enzima coagulasa (*S. aureus*) constituyen la especie más patógena. Mientras que aquellos que carecen de tal enzima son comensales comunes de la piel,

aunque se sabe que algunas especies pueden causar infecciones.

Se encuentra ampliamente diseminado en el ambiente lo cual representa un grave problema de salud, y su morbimortalidad es considerable a nivel comunitario e intrahospitalario. El género causa una amplia variedad de enfermedades infecciosas, siendo la especie *S. aureus* la de mayor impacto, que se ha agravado al volverse resistente a la meticilina y otros antibióticos. Además, se conoce que la intoxicación alimentaria más frecuente es ocasionada por una enterotoxina estafilocócica.

2.4.3.1.7. *Streptococcus spp.*⁷³

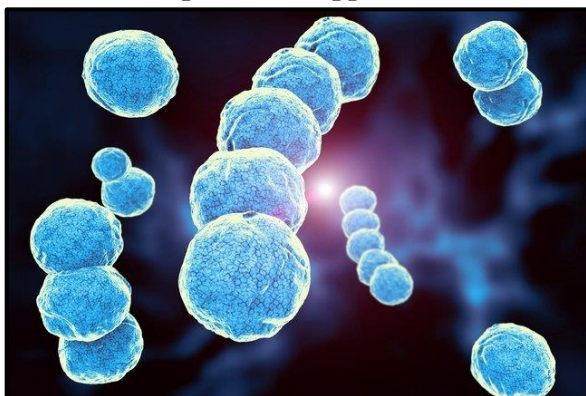


Figura 8. *Streptococcus spp.*^h

El género *Streptococcus spp.* es un grupo muy heterogéneo, formado por bacterias de forma redondeada, Grampositivas, con tendencia a formar cadenas o parejas, que se hallan ampliamente distribuidas en la naturaleza. Hay especies que son importantes patógenos para el ser humano, pero la mayoría son comensales, miembros de la microbiota normal humana de piel y mucosas. Muchos estreptococos, el neumococo entre ellos, crecen mejor en condiciones anaerobias.

2.4.3.1.8. *Escherichia spp.*⁷⁴



Figura 9. *Escherichia spp.*ⁱ

Escherichia coli se caracteriza por poseer bacilos Gramnegativos, no esporulante.

E. coli es una bacteria mesófila, su óptimo de desarrollo se encuentra en el entorno de la temperatura corporal de los animales de sangre caliente (35-43 °C). La temperatura límite de crecimiento se sitúa alrededor de 7 °C, lo que indica que un control eficaz de la cadena de frío en las industrias alimentarias es esencial para evitar el crecimiento de *E. coli* en los alimentos. Además de la

temperatura, el pH y la actividad de agua pueden influir en la proliferación de *E. coli*. Las condiciones óptimas de desarrollo para estos parámetros son de 7,2 y 0,99 respectivamente. Existen numerosas cepas de *E. coli* que se pueden encontrar en patología humana y que presentan una virulencia marcada. Son conocidas como agentes responsables de gastroenteritis infantil.

2.4.3.1.9. *Neisseria spp.* ⁷⁵

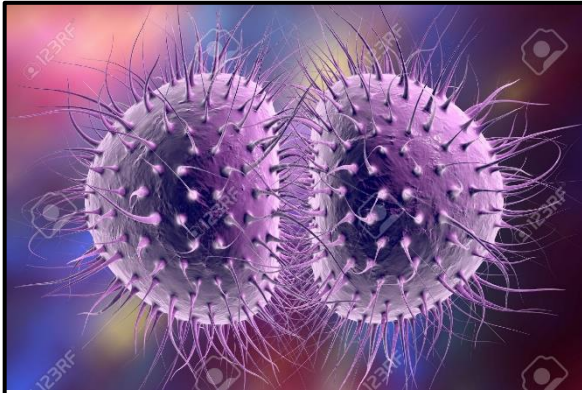


Figura 10. *Neisseria spp.* ^j

Neisseria spp. es un género de cocos Gramnegativos que por lo común aparecen en pares (diplococos). *Neisseria gonorrhoeae* (gonococo) y *Neisseria meningitidis* (meningococos) son patógenos para el ser humano y suelen identificarse vinculados a los leucocitos polimorfonucleares o en el interior de estos.

Cuenta con dos patógenos principales, *N. gonorrhoeae* y *N. meningitidis*; los dos tienen factores elaborados que facilitan la aparición de enfermedad en personas por lo demás sanas.

Las especies restantes forman parte de la microbiota habitual del humano en el aparato respiratorio, y pudieran participar en infecciones localizadas.

Son inmóviles de casi 0.8 μm de diámetro, proliferan mejor en condiciones aeróbicas, pero algunas lo hacen en un medio anaeróbico; necesitan sustancias complejas para crecer.

2.4.3.1.10. *Klebsiella spp.* ⁷⁶



Figura 11. *Klebsiella spp.* ^k

Klebsiella spp. es una bacteria Gramnegativa que se encuentra en la microbiota intestinal de la mayoría de la población sin causar algún daño.

Es un microorganismo que puede producir infecciones de pulmón, de intestino, en las vías urinarias o en heridas. Su especie más conocida y de mayor relevancia clínica es la *Klebsiella pneumoniae* y en su mayoría se contagia en hospitales, llegando a causar enfermedades graves o incluso la muerte.

2.4.3.1.11. *Enterococcus spp.*⁷⁷



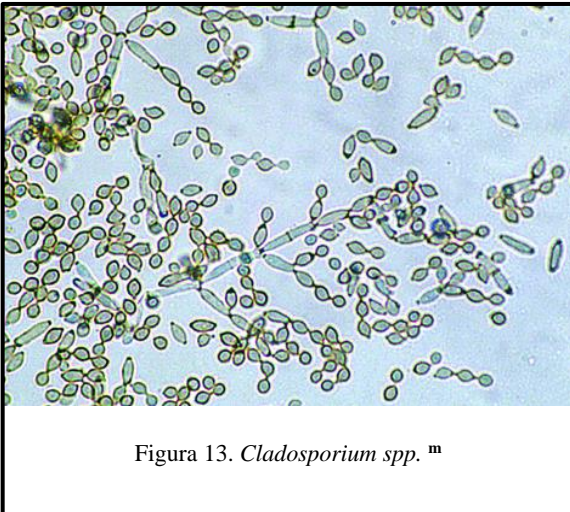
Son bacterias anaerobias facultativas Grampositivas, se encuentran aisladas, de a pares, o formando cadenas cortas. Son catalasa negativa, capaces de crecer en condiciones un tanto extremas. Las características bioquímicas sobresalientes incluyen: la habilidad de crecer en presencia de NaCl al 6,5%, a temperaturas entre 10°C y 45°C, y hasta en un pH de 9,6.

Enterococcus faecalis y el *E. faecium* causan diversas infecciones, entre ellas endocarditis, infecciones urinarias e intraabdominales, prostatitis, celulitis e

infecciones de las heridas, así como bacteriemias concurrentes. Los enterococos son parte de la microbiota intestinal normal.

2.4.3.2. Hongos

2.4.3.2.1. *Cladosporium spp.*^{27,28}



Género de hongos que cuenta con micelios macrosifonados, de 2 a 4 µm de diámetro, septado y oscuro, algunas cepas forman cuerpos nodulares. Su reproducción se da por microconidios.

Engloba a unas 40 especies, la mayoría saprofitas sobre vegetación o sobre el suelo; algunas de ellas fitopatógenas capaces de atacar celulosa, pectina y lignina. Está ampliamente distribuido alrededor del mundo; algunas especies son patógenos oportunistas capaces de intervenir en ciertos procesos micóticos pulmonares, atacar la

piel, producir cromoblastomicosis, esporosis y lesiones neurotrópicas, aunque el mayor interés por estos hongos, desde el punto de vista sanitario, se encuentra en la capacidad alergénica de sus conidios, que pueden alcanzar concentraciones muy altas tanto en interiores como en exteriores de edificaciones.

2.4.3.2.2. *Aspergillus spp.* ^{27,29}



Género de hongos filamentosos hialinos ubicuos, causante de enfermedades de distribución universal que ocasionalmente pueden aparecer en forma de brotes hospitalarios.

La estructura morfológica del género es única presentando conidióforos con la cabeza presente en el extremo de una hifa tabicada, compuesta por una vesícula rodeada por una corona de fiálides en forma de botella directamente insertadas sobre la vesícula y, en algunas especies, células de Hülle. De las fiálides se desprenden las esporas (conidios). Se conocen unas 900

especies de este género, muchas de estas saprófita en suelos y plantas y al menos 12 especies de importancia clínica: *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. versicolor*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. clavatus*, *A. cervinus*, *A. candidus*, *A. flavipes* y *A. ustus*. Entre los factores de patogenicidad de este hongo se encuentran: el pequeño tamaño de sus conidios que permite que sean aspiradas y que pueda causar infección en el pulmón y en los senos paranasales.

Entre las patologías más frecuentes ocasionadas por el género *Aspergillus spp.* se encuentran:

- Aspergilosis pulmonar invasiva
- Onicomycosis
- Otomicosis
- Sinusitis alérgica

Su capacidad de crecer a 37°C, de adherirse a superficies epiteliales y endoteliales y su gran tendencia a invadir los vasos sanguíneos lo hace idóneo para afectar al ser humano.

2.4.3.2.3. *Penicillium spp.* ^{27,30}



Figura 15. *Penicillium spp.* ^o

Género de hongos que se desarrollan sobre los más diversos substratos: granos, paja, cueros, frutas, etc. Presentan micelios macrosifonados, septados e hialinos de 2 a 4 μm de diámetro. Su reproducción se da por medio de microconidios redondos de 1 a 3 μm que se producen en cadenas secas de las extremidades de los fiálides; tienen conidióforos de 5 a 10 μm de largo simples o ramificados y son terminados por los racimos de fiálides en forma de botella, cuentan con esterigmas que, dependiendo de la especie, fluctúan entre 3 a 6 μm la mayoría de las especies de este género son

mitospóricas.

La ramificación es una característica importante para identificar la especie de *Penicillium spp.* Algunos no son ramificados y llevan simplemente un racimo de fiálides en la tapa del estípite. Ciertas especies producen toxinas, por lo que su presencia en alimentos resulta dañina.

2.4.3.2.4. *Alternaria spp.* ^{27,31}



Figura 16. *Alternaria spp.* ^p

Alternaria spp. es un hongo dematiáceo que abarca cientos de especies. La mayoría son saprófitas, encontrándose en el suelo, material en descomposición y aire. Las especies más frecuentemente aisladas en humanos son: *A. alternata*, *A. chartarum*, *A. dianthicola*, *A. infectoria*, *A. stemphyloides*, *A. tenuissima* y *A. longipes*. Presenta hifas septadas dematiáceas, conidióforos septados con pared lisa o rugosa, simples o simpodiales con varios poros de inserción y, conidios únicos o en cadenas acropétalas con forma ovoide u obclavada, septados longitudinal y transversalmente. El final del

conidio, cerca del conidióforo es redondo, mientras que se estrecha hacia el ápice. Dicha característica les da la apariencia típica a los conidios.

Sus esporas producen alergias en el ser humano al ser transportada por el aire hasta la nariz o bronquios siendo causa de rinitis alérgica o reacciones de hipersensibilidad dentro de casa. En ocasiones, pueden producir ataques de asma. Se presenta todo el año y, por lo tanto,

causan patología alérgica perenne; aunque varíe la intensidad según las estaciones, suele haber más en primavera y verano.

2.4.3.2.5. *Mucor spp.*²⁷



Figura 17. *Mucor spp.*⁹

Género microbiano que comprende 40 especies de hongos. Las especies se encuentran comúnmente en el suelo, sistemas digestivos, superficies de plantas y algunos quesos. Presentan micelios macrosifonados de 4 a 8 μm de diámetro, cenocítico e hialino en ocasiones forman clamidoconidios. Se reproduce por esporangiosporas o endosporas redondas de 3 a 5 μm de diámetro. Cuenta con esporangióforos ramificados, el esporangio llega a medir de 20-80 μm de diámetro y tiene columnela pequeña y ovoide. La mayoría de las especies de este género son

no patógenas tanto en humanos como animales endotérmicos, sin embargo, especies termorresistentes (*Mucor indicus*) son considerados patógenos oportunistas capaces de ocasionar infecciones necrosantes (zigomicosis) y a menudo de rápida propagación.

2.4.3.2.6. *Rhizopus spp.*⁷⁹



Figura 18. *Rhizopus spp.*⁸

Rhizopus spp. es un género de mohos que incluyen especies cosmopolitas de hongos filamentosos hallados en el suelo, degradando frutos y vegetales, heces animales, y residuos.

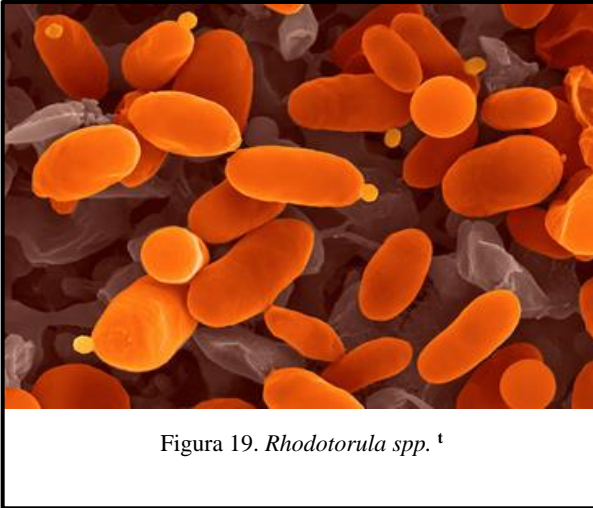
Las especies producen esporas asexuales y sexuales. Las esporangiosporas asexuales se producen dentro de una estructura aguzada, el esporangium, y son genéticamente idénticas a su padre.

Algunas especies son agentes oportunistas de zigomicosis humana. Pueden causar serias (y con frecuencia mortales) infecciones en humanos y en animales

debido a su rápido crecimiento a relativamente altas temperaturas. Algunas especies son patógenos vegetales.

2.4.3.3. Levaduras

2.4.3.3.1. *Rhodotorula spp.*³²



El género *Rhodotorula spp.* forma parte de los hongos levaduriformes; es simbiote normal de la piel, tracto respiratorio superior y heces; se distinguen por la producción de pigmentos carotenoides. Pertenecen a este género las especies *R. mucilaginosa*, *R. rubra*, *R. glutinis* y *R. minuta* entre otras. La *R. mucilaginosa* es la más frecuentemente asociada a infecciones humanas. Estos hongos forman parte de la microbiota comensal de la piel, uñas y membranas mucosas, aparecen también en el queso, los productos lácteos y diversas fuentes

ambientales como aire, suelo, cortinas de ducha, lechada blanca de las bañeras y cepillos de dientes. Han sido encontradas en el océano; pueden contaminar gel usados para ultrasonido terapéutico, aires, soluciones intravenosas, catéteres, además pueden aislarse en orina y heces. Son células mucoides, encapsuladas y fermentan azúcar.

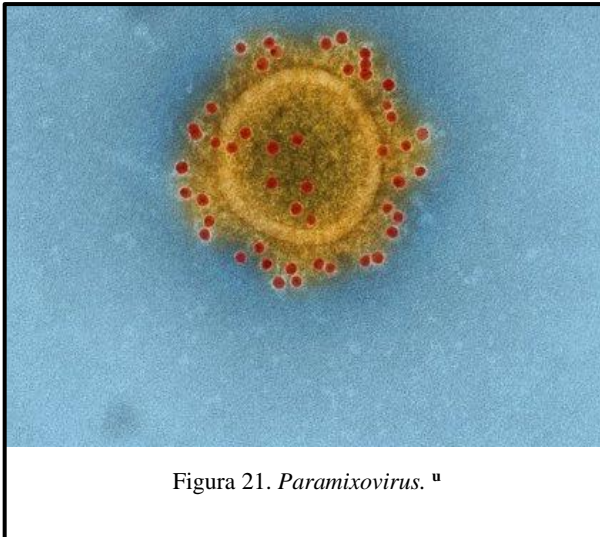
2.4.3.3.2. *Cryptococcus spp.*⁷⁸



El género *Cryptococcus spp.* incluye muchas especies, de las que solo *C. neoformans* se considera patógeno humano, aunque existen referencias en la literatura de otras especies (*Cryptococcus laurentii* y *Cryptococcus albidus*) que han producido enfermedad en humanos, especialmente en los inmunodeprimidos. Los criptococos son levaduras redondas u ovals (3,5-8 μm), que se reproducen por gemación única, con un cuello estrecho entre la célula madre y la hija.

2.4.3.4. Virus

2.4.3.4.1. *Paramixovirus* ³³

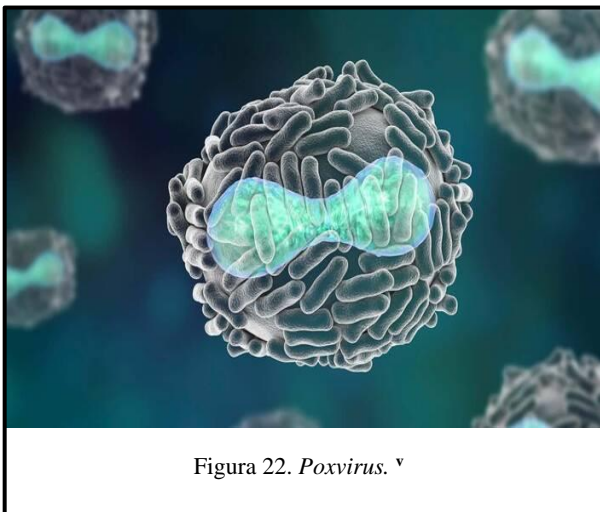


Los *Paramixovirus* son un grupo de virus que causan una gran variedad de enfermedades recurrentes en el hombre (sarampión, virus respiratorio sincitial) y otros animales (virus de la peste bovina, virus de la enfermedad de Newcastle) además de incluir los virus letales *Hendra* y *Nipah* de aparición más reciente. Constituyen la familia *Paramyxoviridae*, se subdivide en dos subfamilias, *Paramyxovirinae* y *Pneumovirinae*.

Los miembros de la familia *Paramyxoviridae* son virus recubiertos de membrana con RNA monocatenario de polaridad negativa. Este RNA se encuentra

exclusivamente en una nucleocápside helicoidal, donde está asociado a otras proteínas como la polimerasa dependiente de RNA o RNA sintetasa. La envoltura que rodea la nucleocápside es una membrana lipoproteica, formada por una bicapa lipídica que deriva de la membrana plasmática de la célula hospedadora.

2.4.3.4.2. *Poxvirus* ³⁴



Los *Poxvirus* se dividen en dos subfamilias: la *Cordopoxvirinae* con ocho géneros que infectan tanto a mamíferos como a aves, y la *Entomopoxvirinae* con tres géneros que sólo afectan a los insectos.

Los *Poxvirus* que infectan a los humanos se distribuyen en cuatro géneros, entre los que se incluyen los *Orthopoxvirus*, *Parapoxvirus*, *Molluscipoxvirus* y *Yatapoxvirus*. Producen lesiones cutáneas con especiales características. Los *Poxviridae* son una familia de virus de ADN que miden alrededor de 230 nm x 270

nm, lo que hace que con ciertas tinciones sea posible apreciarlos con el microscopio de luz.

2.4.3.4.3. Picornavirus ³⁵

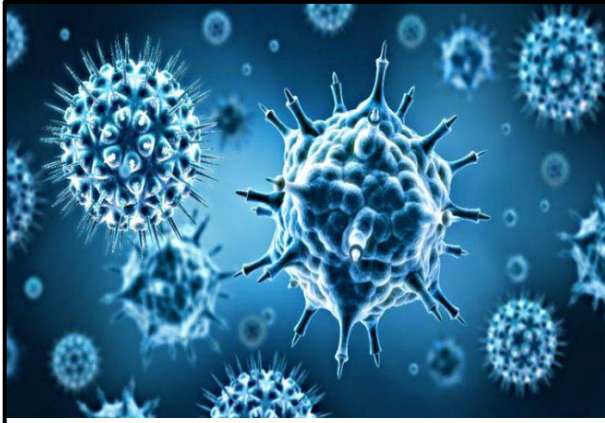


Figura 23. *Picornavirus*. ^w

Los *Picornavirus* representan una familia de virus muy extensa, pero uno de los más pequeños en términos del tamaño del virión y de la complejidad genética. Comprenden dos grupos principales de microorganismos patógenos: enterovirus y rinovirus. Los enterovirus son residentes transitorios del tubo digestivo humano y pueden aislarse de la faringe o del colon. Los rinovirus se alojan en el aparato respiratorio y se aíslan sobre todo de la nariz y la faringe.

Muchos *Picornavirus* causan enfermedades en el ser humano que varían

desde parálisis grave hasta meningitis aséptica, pleurodinia, miocarditis, lesiones vesiculares y exantemáticas de la piel, lesiones mucocutáneas, enfermedades respiratorias, enfermedades febriles indiferenciadas, conjuntivitis y enfermedad grave generalizada de los lactantes. Sin embargo, la infección subclínica es mucho más frecuente que la enfermedad clínicamente manifiesta. La enfermedad más importante causada por los enterovirus es la poliomielitis.

2.4.3.5. Amebas de vida libre ³⁶

Las amebas de vida libre se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, se encuentran en la tierra, aire, aguas tratadas para consumo, agua de mar o lagos de aguas termales. Entre las amebas de vida libre que tienen capacidad patógena para el hombre y, por tanto, denominadas anfizoicas por su capacidad de adaptación a la vida parasitaria destacamos dos géneros: *Acanthamoeba spp.* y *Naegleria spp.* descubiertas en 1965 por Fowler y Carter, respectivamente.

2.4.3.5.1. *Naegleria spp.* ³⁷



Figura 24. *Naegleria fowleri*. ^{*}

Naegleria spp. es un género de protistas de vida libre patogénicos oportunistas. Son ubicuos en agua y suelo, por lo que sobreviven tanto dentro como fuera de un hospedador. Son responsables de la meningoencefalitis amebiana primaria. La infección se da por contacto de las fosas nasales con agua contaminada o por inhalación. Se ha observado en frotis de garganta, nariz y heces de personas sanas y actualmente se desconoce el motivo de que sea patógena sólo en determinados casos. Tienen una forma trofozoita (activa) y una forma vegetativa (quiste). La especie típica es *N. fowleri*.

2.4.3.5.2. *Acanthamoeba* spp. ³⁸

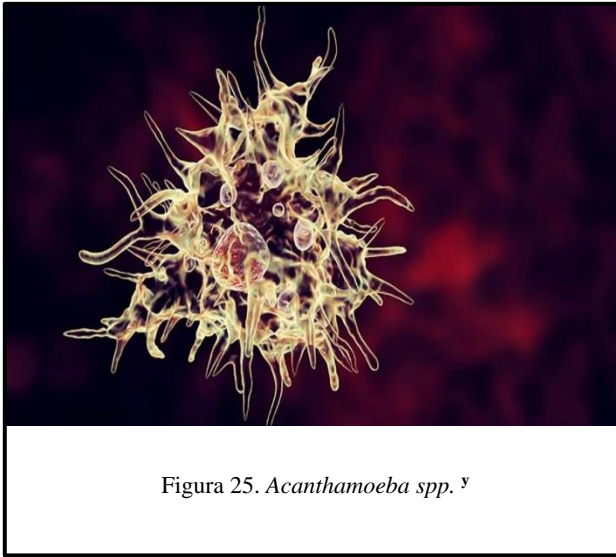


Figura 25. *Acanthamoeba* spp. ^y

Acanthamoeba spp. es una ameba perteneciente al filo *Amoebozoa*. Su ciclo de vida comprende dos formas: el trofozoito ameboide o forma vegetativa infectante, que se divide por mitosis; y el quiste o forma de resistencia. Aunque es de vida libre, ambas formas pueden penetrar en el organismo del hospedador. El trofozoito es pleomórfico; en función de la especie, su tamaño varía entre 15-50 micras, tiene una vacuola contráctil, polaridad antero-posterior, pseudópodos con apariencia de espinas (acantopodios) y un único núcleo central con un nucléolo grande.

2.4.4. Permanencia y supervivencia

El tiempo que un microorganismo permanece en el aire varía de acuerdo con su forma; las partículas de mayor tamaño son fácilmente retenidas por objetos que obstaculizan su desplazamiento, de tal forma que esporas grandes (como *Puccinia* spp. o *Helminthosporium* spp. patógenas de plantas), se ven retenidas por las hojas, mientras que partículas pequeñas (como *Penicillium* spp. espora de hongo del suelo) permanecen más tiempo suspendidas. El tiempo de permanencia también se ve alterado por factores ambientales; las corrientes de aire elevan a los bioaerosoles aumentando su desplazamiento, la presencia de vegetación alta disminuye la velocidad del viento y detiene por impactación a los bioaerosoles, las precipitaciones arrastran los bioaerosoles, superficies húmedas o viscosas dificultan que un bioaerosol vuelva a ser suspendido mientras que las superficies secas permiten que el viento los arrastres de nueva cuenta.³⁹

Las esporas de hongos y bacterias representan las formas de vida de mayor supervivencia en la atmósfera, pues parecen haberse adaptado para mejorar su capacidad de desplazamiento en el aire; su escasa densidad les permite mantenerse en el aire y su alta tasa de producción asegura su dispersión y supervivencia con el éxito de unas pocas.⁴⁰

Las formas activas (no esporuladas) de bacterias tienen una gran diversidad estructural y metabólica que afecta su resistencia en el aire; al tener una pared celular más gruesa las bacterias Grampositivas son más resistentes que las Gramnegativas como ejemplo algunas especies de *Bacillus* spp. y *Clostridium* spp. sobreviven más de 200 años, mientras que *Salmonella* spp. sólo diez minutos.^{41, 42}

2.4.5. Enfermedades respiratorias causadas por microorganismos en el aire

Existe un amplio número de agentes infecciosos que pueden transmitirse por el aire, la mayoría de estas causan afectaciones en el aparato respiratorio, al transmitirse durante actividades cotidianas representa uno de los mayores problemas de salud y por consiguiente un gran impacto económico al ser la causa más grande de absentismo laboral.⁴³

En promedio el ser humano está expuesto con una media de diez millones de microorganismos al día, el sistema inmune limita el daño que estos representan, evitando que invadan el sistema respiratorio y se extiendan en el organismo, sin embargo, esto no evita que una persona sea hospedera sin presentar los síntomas de la enfermedad infecciosa aumentando los riesgos de contagio, por lo que es complicado vigilar estas enfermedades ya que un portador asintomático continúa realizando sus actividades cotidianas mientras propaga al microorganismo, aunado a esto, para múltiples de estas infecciones no se cuenta con tratamientos.^{44,45}

Las enfermedades causadas por microorganismos transmisibles por el aire tienden a causar epidemias con más facilidad, se transmiten por contacto cercano mediante secreciones de nariz y garganta, que son expulsados por tos, estornudos, y el habla. Toser lanza alrededor de 500 partículas y estornudar lanza entre 1800 a 20000. La mitad de las partículas lanzadas son menores a 10 μm lo que les permite penetrar mejor los alvéolos pulmonares, sin embargo, estas se evaporan fácilmente inactivando a los microorganismos que contengan (excepciones importantes son *Mycobacterium tuberculosis* y *Bacillus anthracis* que pueden sobrevivir en gotas de 3 μm). Aquellas partículas mayores a 20 μm permiten que sus microorganismos se mantengan activos por más tiempo aumentando el riesgo de contagio.⁴³

La transmisión aérea de enfermedades no es exclusiva de microorganismos que salen de las vías respiratorias. Biopartículas formadas por animales y sus productos, pueden contener diversos microorganismos patógenos, que al suspenderse en el aire pueden ser inhaladas, tal es el caso de *Chlamydophila psittaci*, *Cryptococcus neoformans*, *Histoplasma capsulatum* que se encuentran en las heces secas de aves, *Coxiella burnetii* que puede encontrarse en la placenta de animales y puede contagiar a un ser humano con tan sólo inhalar un microorganismo, *Bacillus anthracis* cuyas esporas pueden encontrarse en lana, piel y marfil.⁴³

Además, algunos microorganismos provienen del entorno como *Legionella spp.* que se transmite por los aerosoles formados de agua contaminada o *Coccidioides immitis* y *Aspergillus fumigatus* que forman esporas en el suelo y son transportadas en biopartículas de polvo. Muchas de las enfermedades bacterianas transmitidas por el aire (principalmente aquellas producidas por bacterias Grampositivas) se diseminan al tracto respiratorio superior e inferior y pueden pasar a la sangre y desde ahí a otros órganos.⁴³

La inhalación de partículas contaminantes incrementa la susceptibilidad a las infecciones respiratorias, además, el aire de las grandes ciudades, contaminado con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementa la gravedad de las infecciones respiratorias.⁴⁶

El efecto de la inhalación de endotoxinas en ambientes llenos de polvo como graneros, pajares, almacenes de tabaco y algodón, porquerizas, gallineros, granjas, así como ambientes urbanos propensos a la acumulación de polvo ha abierto un nuevo frente de estudio sobre sus efectos negativos. ⁴⁷

Algunos hongos levaduriformes (Tabla 2) como *Cryptococcus spp.*, *Coccidioides spp.*, *Blastomyces spp.* e *Histoplasma spp.* son agentes causales de enfermedades pulmonares y, a partir de la infección del aparato respiratorio, pueden invadir otros tejidos dando lugar a una enfermedad sistémica. Además, son causantes de alergias y micosis, pues reacciones de hipersensibilidad son producidas por esporas y son causa del síndrome del edificio enfermo y micotoxicosis, como el caso de las esporas de *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.* y *Stachybotrys spp.* ⁴⁸

Enfermedades como el sarampión, paperas, rubéola, varicela y viruela son ocasionadas por virus humanos que se transmiten a través del aire (Tabla 3). Otros virus provocan enfermedades en vías respiratorias vía inhalación. Además, es posible contraer virus mediante la inhalación de bioaerosoles, tal es el caso de los virus de *Norwalk* y el *Rotavirus* (asociados a gastroenteritis) que pueden adquirirse del vómito o la rabia, que puede adquirirse en cuevas por inhalar heces de murciélagos infectados con el virus. ^{49,50}

Resultan de alta importancia económica aquellas enfermedades en animales de compañía y de granja las cuales son transmitidas por agentes causales que se desplazan por vía aérea. Mención especial a aquellas que atacan a la industria aviar y agropecuaria tales como el *Haemophilus paragallinarum* que produce coriza infeccioso aviar y afecta a la producción de huevos, *Mycobacterium avium* y *M. bovis* agentes causales de la tuberculosis aviar y ovina respectivamente, *Chlamydophila psittaci* que ocasiona psitacosis y ornitosis en aves y que puede transmitirse al hombre.

El interés por microorganismos que pueden desplazarse y transmitirse por el aire ha ido en aumento tanto para los sectores tradicionales como el sanitario, el alimenticio y aquellos afines para la salud como para nuevos sectores que han visto sus ganancias disminuidas por daños ocasionados por biopartículas y contaminantes. La gran capacidad de estos microorganismos para ser perjudiciales al ambiente y a la salud, así como las graves consecuencias sanitarias y económicas, han obligado a renovar y reinventar las investigaciones de Aerobiología como campo de la Microbiología.

Tabla 1. Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire. Información obtenida del artículo: El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Por De la Rosa M.¹⁸

Enfermedades	Agente causal
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> <i>Chlamydothila pneumoniae</i> <i>C. psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i>
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>M. bovis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Tabla 2. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire. Información obtenida del artículo: El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Por De la Rosa M.¹⁸

Enfermedad	Hongo causal
Neumonía	<i>Pneumocystis jirovecii</i>
Micosis sistémica	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Coccidioides immitis</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidad	<i>Alternaria spp.</i> <i>Botrytis spp.</i> <i>Aspergillus spp.</i> <i>Puccinia spp.</i> <i>Penicillium spp.</i> <i>Serpula spp.</i> <i>Cladosporium spp.</i> <i>Mucor spp.</i>
Micotoxicosis	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Fusarium spp.</i> <i>Stachybotrys spp.</i>

Tabla 3. Enfermedades víricas transmitidas por el aire. Información obtenida del artículo: El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Por De la Rosa M.¹⁸

Enfermedad	Virus Causal
Resfriado común	<i>Picornaviridae</i> <i>Rhinovirus</i> <i>Adenoviridae</i> <i>Mastadenovirus</i>
Gripe	<i>Adenoviridae</i> <i>Mastadenovirus</i>
Bronquitis, neumonía	<i>Orthomyxoviridae</i> <i>Influenzavirus</i>
SARS COVID	<i>Coronavirus</i>
MERS COVID	<i>Coronavirus</i>
Varicela	<i>Poxviridae Orthopoxvirus</i>

2.5. Métodos de investigación de los microorganismos ^{51,52}

A causa de la necesidad de analizar el aire se desarrollaron métodos y equipos, también llamados captadores, que se basan en diversos principios de captación.

2.5.1. Técnicas de sedimentación

2.5.1.1. Por gravedad

Se basan en la captación pasiva de partículas por su descenso sobre una superficie en la cual se pueden contabilizar, esta deposición se da por la relación entre la densidad y viscosidad del aire, la viscosidad y tamaño de la partícula y la gravedad. Estableciendo que a mayor densidad o diámetro de la partícula el tiempo en el aire será menor.

Por esta razón las partículas menores a 2 micras se mantienen más tiempo en el aire que aquellas de 2 o más micras. Este principio es la razón de los diversos volúmenes de recolección de partículas con distinto tamaño. De igual forma la densidad de las partículas

aumenta con la cantidad de agua que contienen, por esta razón en condiciones de humedad impactan más fácilmente y se mantienen menos tiempo en el aire.

Los primeros equipos basados en el principio de gravedad, eran superficies expuestas horizontalmente preparadas con adhesivos, el desarrollo de mejores soportes dió paso a los captadores Durham y Tauber en los cuales se coloca un portaobjetos cubierto de una sustancia adherente y se expone durante 24 horas, para ser estudiada posteriormente al microscopio.

La medición es sobre una superficie, por lo que sus resultados se expresan en unidades/cm², lo que impide tener datos volumétricos en función del aire y es totalmente dependiente de la dirección y velocidad del viento.

Ejemplo de muestreador:

Durham: consta de dos placas paralelas separadas por tres barras verticales. En la placa inferior se coloca un portaobjetos, cubierto de adherente y se expone durante 24 horas, para ser estudiada posteriormente al microscopio.

2.5.1.2. Electrostática

Atrapan partículas ionizándolas para luego atraerlas con una carga electrostática inducida. En principio se emplean para reducir la contaminación atmosférica producida por humos y otros desechos industriales gaseosos, especialmente en las fábricas que funcionan con combustibles fósiles, sin embargo, en fechas recientes se les ha dado uso para atraer partículas con posibles contaminantes microbiológicos.

2.5.2. Técnicas de impactación

Se basan en la inercia de las partículas que, al viajar de forma horizontal, provocan un impacto en superficies adhesivas. Por este método la captación es mayor que la que se obtiene mediante el depósito por la gravedad, requiriendo una superficie de impacto muy reducida. En estas técnicas los equipos pueden ser estáticos o rotativos. Su importancia radica en brindar datos cuantitativos por unidad de volumen de aire.

2.5.2.1. Por Succión

Su diseño se basa en atrapar las partículas en una corriente de aire aspirado mediante una bomba de vacío, que lo impulsa contra una superficie receptora.

Ejemplo de este tipo de diseño es el captador Hirst en el que se succiona aire hacia el interior pasándolo a través de una o más superficies receptoras que retendrán selectivamente las partículas en función del tamaño de éstas.

2.5.2.2. De Cascada

En estos se fuerza a las partículas a pasar por secciones cada vez más pequeñas, donde se separan de acuerdo con su tamaño. Son muy usados en los métodos volumétricos para el cultivo de las partículas.

2.5.2.3. Ciclónicos

Además de seguir el principio de impactación siguen el principio de centrifugación. Al pasar aire en trayectorias de rotación o espiral, las partículas se seleccionan de acuerdo con el tamaño por la fuerza centrífuga generada.

2.5.2.4. Inerciales

Las superficies de captación interceptan las partículas al girar a gran velocidad, dispone de un temporizador que evita la sobrecarga de las zonas de impacto.

2.5.3. Técnicas de filtración

Se basan en la selección de las partículas contenidas en el aire en función de su tamaño. Para ello, se hace pasar el aire a través de membranas de materiales diversos o a través de una superficie fibrosa o porosa de 400 cm².

2.5.3.1. Filtros sólidos

Utilizan filtros convencionales como filtros de membrana o de tela para retener las partículas de mayor tamaño, permitiendo la separación y clasificación.

2.5.3.2. Filtración de Cour

Filtra partículas de las corrientes mientras mide el volumen de aire por un anemómetro.

2.5.3.3. Filtros de membrana

Filtros con un tamaño de poro conocido recogen las partículas de un determinado volumen de aire aspirado.

Existen diversos tipos de equipos para el muestreo, sin embargo, ninguno puede ser utilizado en todas las situaciones, por lo que la elección de un método adecuado requiere conocer qué clase de datos se buscan, el tratamiento que se le dará a las partículas, el tamaño de partículas y la zona de muestreo. Por lo anterior es común el uso de varios equipos para una sola investigación.

3. ANTECEDENTES

Desde la antigüedad se ha investigado la existencia de partículas presentes en el aire, sin embargo, fue hasta la invención del microscopio que se logró observar la presencia de organismos vivos en el aire. En 1561 Valerius Cordus observó esporas de hongos que, años más tarde, serían dibujadas por otros investigadores como Pier Antonio Micheli en su libro “Nova plantarum genera”.⁵³

En 1722 Leeuwenhoek dedujo que las bacterias podían ser transportadas por aire después de analizar una muestra de agua de lluvia en una bañera.⁵⁴ Posteriormente, en 1829 Ehrenberg encontró esporas de hongos en el aire de casas y hospitales.⁵⁵ El químico farmacéutico Gaultier de Claubry estudió las partículas presentes en el aire reteniéndolas en agua destilada mediante burbujeo en 1855, siendo Pasteur quien perfeccionó este método en 1862, cuando al refutar la generación espontánea, atrapó bacterias del aire.⁵⁶

La necesidad de descubrir la causa de ciertas enfermedades fue la razón que llevó al estudio de las partículas del aire. Así pues durante las epidemias de cólera del siglo XVIII se realizaron estudios del aire en hospitales para encontrar el agente causal del cólera y la malaria, con este fin se empleaban métodos simples como la captación por impacto sobre un portaobjetos con sustancias viscosas, estos métodos fueron evolucionando hasta llegar al primer aeroscopio, equipo que contaba con un tubo unido a una abertura por la cual se aspiraba el aire, mientras que por el otro extremo se ubicaba una lámina de vidrio recubierta de glicerina la cual recogía a los microorganismos.

A principios del siglo XX se dio un aumento en el interés de conocer los métodos de propagación de infecciones respiratorias. En los años cincuenta se comienza a estudiar los microorganismos del aire en todos sus aspectos: identidad, comportamiento, movimiento y supervivencia, así como sus interacciones con el hombre, los animales y la vegetación.

En 1976 la Aerobiología tuvo un gran impacto al ayudar a determinar el medio de transmisión de *Legionella pneumophila*, agente causal de una epidemia respiratoria en Filadelfia.

3.1. Estudios previos

Sí bien la Aerobiología ha estado presente como ciencia desde hace varios siglos, las investigaciones sobre el tema son limitadas y la mayoría se enfoca en el polen de las plantas dejando de lado microorganismos tan importantes como los hongos, las bacterias y los virus.

España es el país que genera más artículos de investigación en el campo de la Aerobiología, en su mayoría se centra en el estudio del polen en el aire siendo la Red Española de Aerobiología (REA) una de sus principales exponentes.

En México, diversos autores y universidades han desarrollado investigaciones al respecto y la Ciudad de México cuenta con una institución que coordina el estudio del aire, la Red Mexicana de Aerobiología (REMA) perteneciente a la UNAM. Si bien, se presenta la misma tendencia de centrarse en el estudio del polen, en años recientes se ha presentado un panorama más diverso, desarrollando estudios del aire en busca de patógenos, o en ambientes

cerrados (como hospitales y centros de salud) para conocer la microbiota presente, sin embargo, algunos de los métodos de captación propuestos implican el muestreo de diversas fuentes artificiales de aire como aires acondicionados y secadores de manos.

Si bien los resultados reportados en las investigaciones presentan diferencias por la amplia diversidad de condiciones ambientales y de géneros encontrados, las conclusiones presentan similitudes tales como la distribución de biopartículas por zonas, encontrando los mismos géneros en áreas cercanas, y presentando comportamientos parecidos bajo las mismas condiciones de clima.

El avance actual de las investigaciones en el área da lugar a más preguntas sobre el tema. Planteando la relación entre el clima y la presencia de biopartículas en el aire se ha llegado a conclusiones generales, pero se cuestiona la viabilidad que éstas presentan para viajar grandes distancias; relacionando la presencia de microorganismos patógenos en el aire con las enfermedades que afectan a las personas de una zona surge la pregunta sí estos contagios ocurren por vía respiratoria o por contacto con superficies contaminadas; la presencia en el aire de géneros de los que no se tenía evidencia que pudieran ser aerolizados plantea la posibilidad de que las actividades humanas contribuyen a la biocontaminación del aire.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los microorganismos son los seres más abundantes y diversos que existen en la Tierra,⁵⁷ tienen la capacidad de colonizar cualquier tipo de ambiente,⁵⁸ son miembros elementales de los ecosistemas desempeñando funciones de gran importancia para el mantenimiento de la vida, pues participan en diversos procesos metabólicos y ecológicos.⁵⁹ Sin embargo, muchos de estos pueden representar un problema de salud, particularmente aquellos que son patógenos.⁶⁰

Al tratarse de organismos de pequeñas dimensiones se transportan fácilmente por el aire, ayudándolos a desplazarse grandes distancias y convirtiéndolos en un factor importante en el desarrollo de enfermedades⁶¹ infecciosas respiratorias como: neumonía, tos ferina, tuberculosis, legionelosis, resfriado, gripe, sistémicas como: meningitis, sarampión, varicela, dérmicas y alérgicas,⁶² también pudiendo originar contaminación de alimentos.⁶³

La biocontaminación del aire es causada por hongos, bacterias, virus y polen. Las principales fuentes de microorganismos en el aire incluyen el suelo, el agua y la descomposición de materia orgánica, mientras que las fuentes antropogénicas están representadas por los vertederos, plantas de tratamiento de aguas residuales, instalaciones de compostaje y tráfico.⁶⁴

La Aerobiología como disciplina estudia las partículas biológicas que se encuentran en el aire, así como los procesos de generación, transporte, depositación, resuspensión e impacto de estas en la salud de la población⁶⁵

Por lo cual, en el presente trabajo se realizó un estudio aerobiológico de la FES Zaragoza en Campo I y II, con la finalidad de observar las biopartículas existentes y su frecuencia para proponer medidas preventivas y promover el autocuidado entre la comunidad universitaria.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Monitorear el aire de la FES Zaragoza (Campo 1 y 2) empleando la técnica de impactación en placa para proponer medidas preventivas acorde a la microbiota y polen encontrados.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una encuesta piloto para conocer la incidencia de síntomas respiratorios y alergias que presenta la población estudiantil.
- Identificar los microorganismos y polen encontrados realizando observaciones morfológicas macroscópica y microscópica en complemento con pruebas bioquímicas.

6. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

6.1. Materiales

- Placas Petri de 55mm
- Portaobjetos
- Cinta doble cara transparente
- Cubreobjetos
- Matraces Erlenmeyer
- Tapones de algodón
- Papel estroza
- Masking tape
- Espátulas
- Pipetas
- Perilla de seguridad
- Piseta
- Probetas
- Encendedor o cerillos
- Vasos de precipitado
- Mechero bunsen
- Anillo de hierro
- Triangulo de porcelana
- Tela de asbesto
- Tubos de ensayo
- Varilla de vidrio
- Agitadores magnéticos
- Franelas
- Guantes de asbesto
- Pinzas metálicas
- Caja de plástico para almacenar muestras

6.2. Equipos

- Balanza granataria
- Autoclave
- Parrilla de agitación y calentamiento
- Incubadora de convección
- Microscopio

6.3. Reactivos

- Agar Sabouraud
- Agar Soya tripticaseína
- Agua destilada
- Agar Lisina Hierro
- Agar Triple Azúcar Hierro
- Agar Citrato de Simmons
- Reactivo de Kovac
- Safranina
- Lugol
- Cristal violeta
- Etanol/acetona

Ver anexo 1.

7. TIPO DE ESTUDIO

Estudio observacional, longitudinal y prolectivo.

8. METODOLOGÍA

8.1 Muestreo

8.1.1. Puntos de muestreo

Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza” Campus 1: Av. Guelatao No. 66 Colonia Ejército de Oriente, Alcaldía Iztapalapa C.P. 09230, Ciudad de México, México.

Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza” Campus 2: Batalla 5 de mayo S/N esquina Fuerte de Loreto Ejército de Oriente, Alcaldía Iztapalapa C.P. 09230, Ciudad de México, México.

Campus 1:

- a) 3er piso sobre el pasillo que conecta los edificios L-1 y L-2.
- b) Área verde a un costado del edificio de gobierno.

- c) Área entre la cafetería y las unidades odontológica y multidisciplinaria.

Campus 2:

- a) 3er piso del edificio L-3
- b) Área verde entre el jardín de cactáceas y la Unidad de Investigación Multidisciplinaria
- c) Área enfrente del invernadero y la planta piloto

8.1.2. Período de muestreo

Muestreo en intervalos de 2 días por semana durante 7 meses (periodo comprendido entre los meses de agosto-diciembre (2019) y febrero-marzo (2020)).

8.1.3. Procedimiento de muestreo

Se prepararon 250 mL de Agar Sabouraud y 250 mL de agar Soya Trypticaseína (ver anexo 1), para llenar 6 placas de cada agar.

Se colocó cinta doble cara transparente sobre 12 portaobjetos cubriendo alrededor del 75% (55 mm) del mismo y cuidando de no despegar la otra cara de la cinta.

Se colocaron las superficies de captación de tal forma que el viento impactara sobre estas, en los puntos de muestreo (ver figuras 26 y 27):

Se retiraron las tapas de las placas de agar.

Se retiró la parte superior de la cinta doble cara.

Las superficies de captación se dejaron durante 30 minutos de exposición al aire, posterior a esto se colocaron las tapas a las placas de agar y los portaobjetos se colocaron dentro de una caja.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Microbiología para su incubación.

Las condiciones de incubación fueron las siguientes:

Agar soya tripticaseína a 37° C por 24 horas.

Medios Sabouraud a 25°C por 72 horas.

8.2 Análisis de muestras

El análisis de las muestras en placa se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología de la FES Zaragoza ubicado en campo 1.

El análisis de las muestras en portaobjetos se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología de la FES Zaragoza ubicado en campo 2.

Después del periodo de incubación se realizó el análisis de los agares y el conteo de UFC de colonias puras.

8.2.1. Procedimiento de análisis de las placas de agar soya tripticaseína

Se realizó un análisis macroscópico de las placas haciendo una breve descripción de las colonias en el medio.

Se seleccionó una colonia pura, de la cual se tomó un inóculo no muy denso para realizar el análisis microscópico empleando la tinción de Gram.

Finalmente, se tomaron muestras de las colonias puras para realizar las pruebas bioquímicas necesarias para su identificación.

8.2.2. Procedimiento de análisis de las placas de agar Sabouraud

Se realizó un análisis macroscópico de las placas haciendo una breve descripción de las colonias en el medio.

Se tomó un inóculo no muy denso de una colonia pura de la placa para realizar el análisis microscópico empleando azul de metileno.

8.2.3. Procedimiento de análisis de los portaobjetos

Se colocaron cubreobjetos sobre los portaobjetos uniformemente, evitando burbujas de aire.

Se realizó una observación bajo el microscopio con los objetivos 10x y 40x en busca de esporas de polen.

Posteriormente se colocó una gota de aceite de inmersión sobre la muestra para observar con el objetivo 100x.

Se realizó el conteo del polen en el área del cubreobjetos siguiendo las manecillas del reloj.

8.3. Encuesta

Como primer acercamiento se estableció una encuesta piloto para establecer las incidencias de síntomas ocasionados por enfermedades respiratorias y alergias, la cual fue aplicada a la población de la FES Zaragoza Campo 1 y 2 por medio de una plataforma digital (Google Forms).

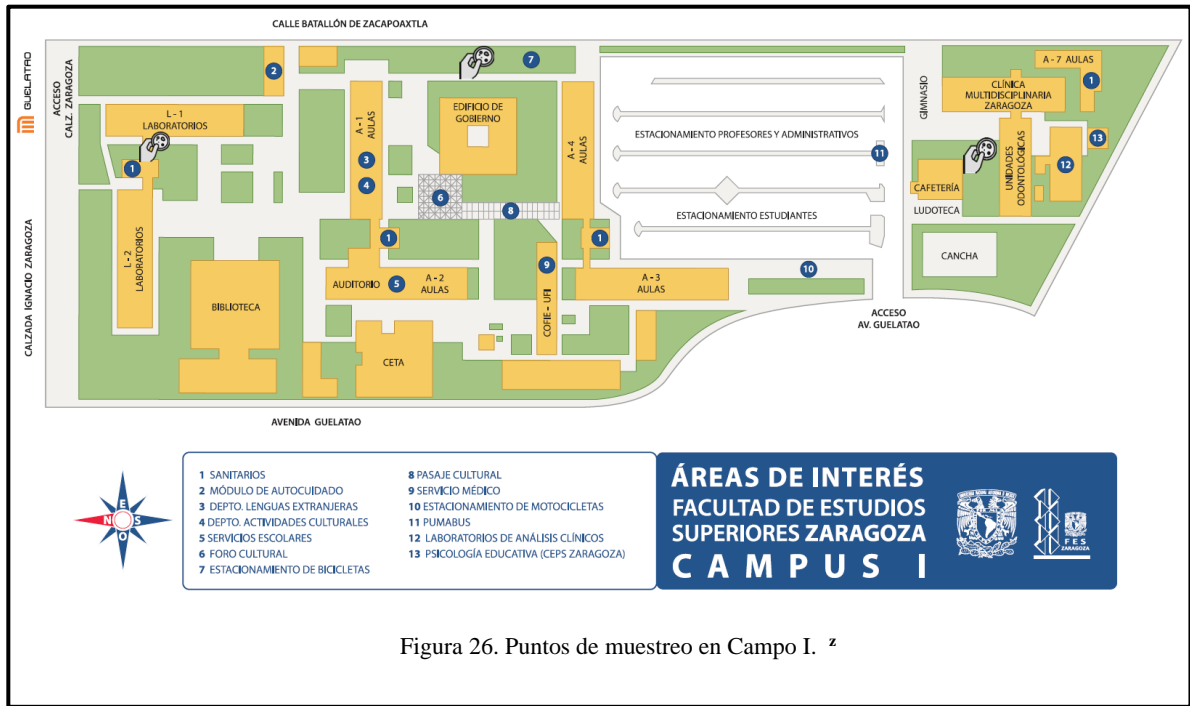


Figura 26. Puntos de muestreo en Campo I. ^z



Figura 27. Puntos de muestreo en Campo II. ^{aa}

9. RESULTADOS

BACTERIAS

Tabla 4. Número de UFC de las distintas bacterias identificadas en ambos campos de la FES Zaragoza durante el periodo de estudio

Mes		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Febrero		Marzo	
Campo		Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2
Bacteria (UFC)	<i>Streptococcus pyogenes</i>	36	27	81	47	56	40	71	54	36	25	68	41	65	46
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	50	31	75	56	81	54	61	50	45	29	74	63	64	50
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0	1	0	3	2	4	0	0	0	2	0	1	0	4
	<i>Escherichia coli</i>	29	17	51	25	46	22	36	23	10	14	69	54	65	52
	<i>Enterococcus spp.</i>	52	33	111	74	95	67	89	70	60	42	116	86	86	70
	<i>Neisseria spp.</i>	1	3	0	2	1	2	1	7	1	3	1	6	0	3
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	4	3	9	2	3	4	7	3	9	4	10	4	10
	No identificados	41	32	79	61	83	67	61	41	37	28	91	68	65	45
	Total	209	148	400	277	366	259	323	252	192	152	423	329	349	280

Nota: los meses de agosto a diciembre corresponden al año 2019, febrero y marzo corresponden al año 2020.

Gráfico 1. Comparación del número de UFC de bacterias Totales en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

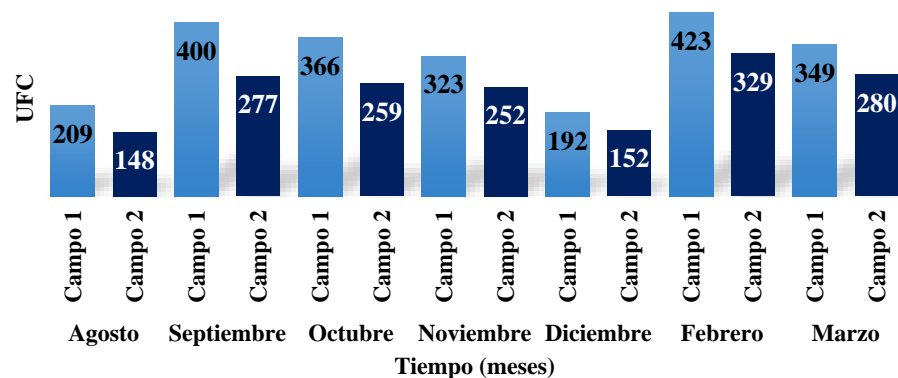


Gráfico 2. Comparación del número de UFC de *Streptococcus pyogenes* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

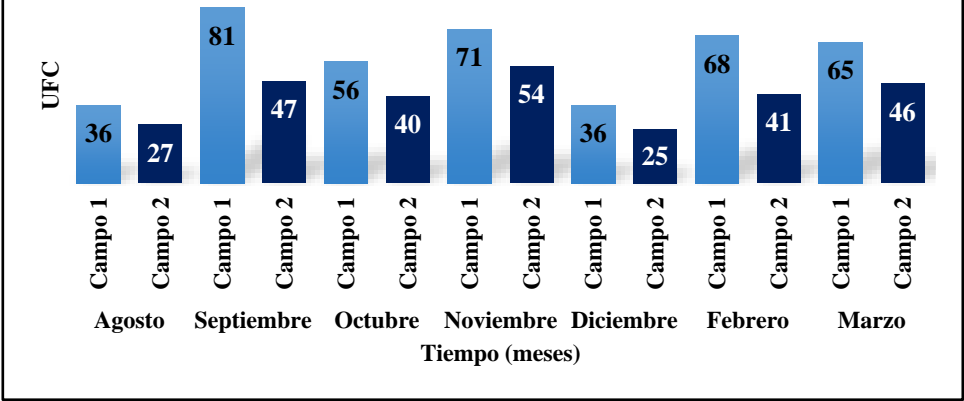


Gráfico 3. Comparación del número de UFC de *Streptococcus pneumoniae* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

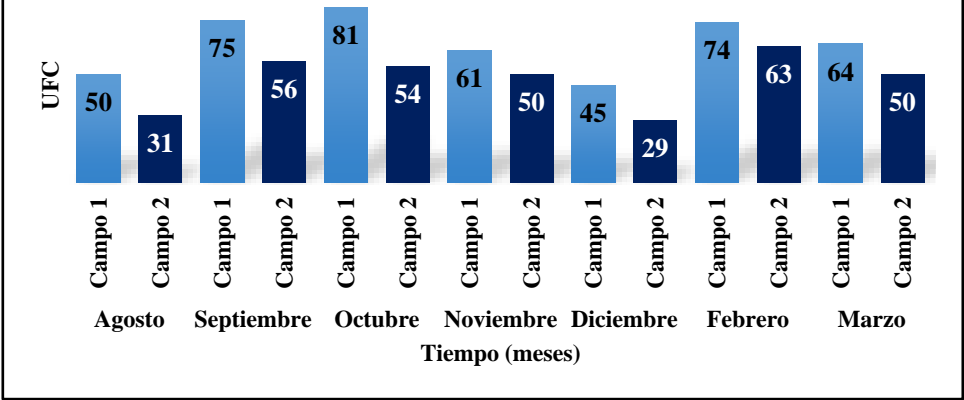


Gráfico 4. Comparación del número de UFC de *Staphylococcus aureus* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

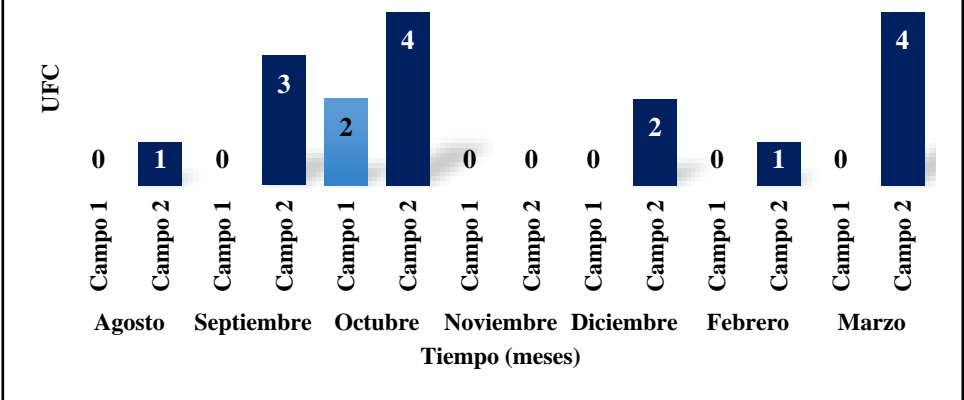


Gráfico 5. Comparación del número de UFC de *Escherichia coli* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

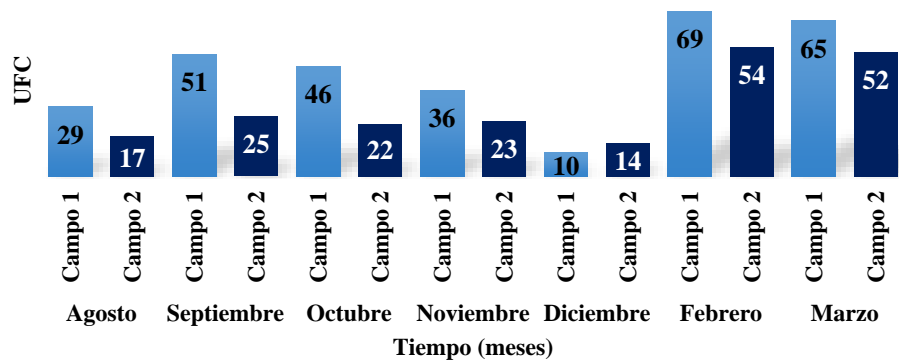


Gráfico 6. Comparación del número de UFC de *Enterococcus spp.* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

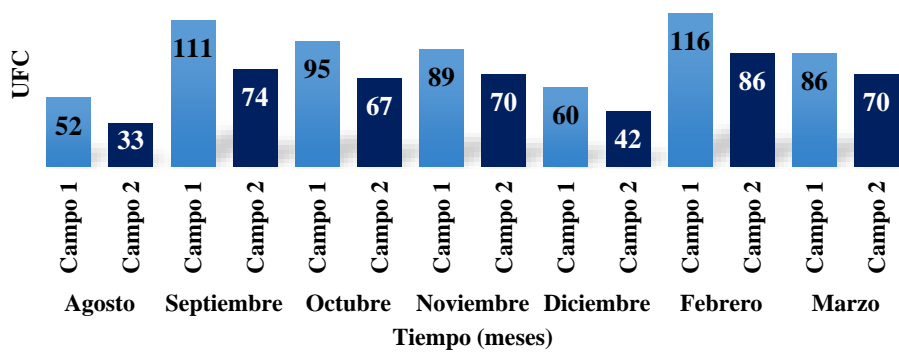


Gráfico 7. Comparación del número de UFC de *Neisseria spp.* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

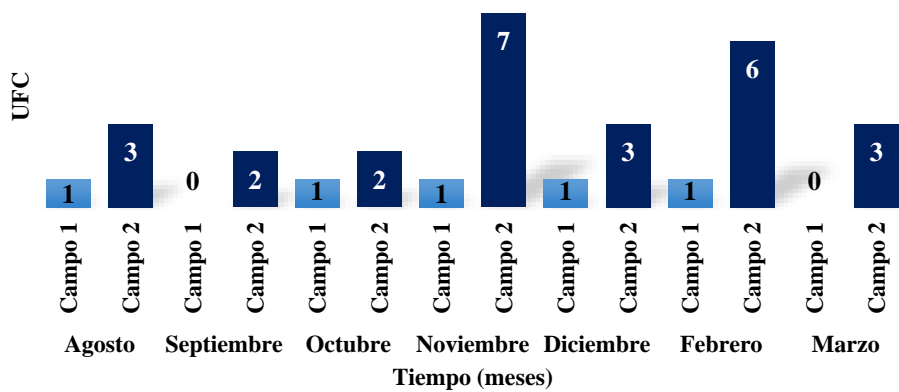


Gráfico 8. Comparación del número de UFC de *Klebsiella pneumoniae* en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

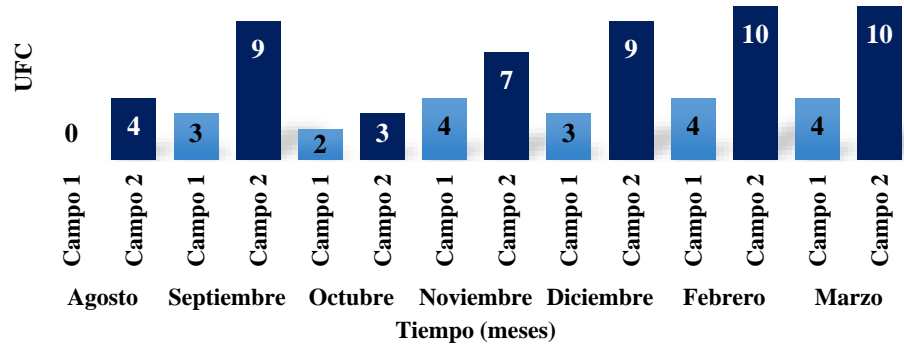


Gráfico 9. Comparación del número de UFC de bacterias No identificadas en los campos 1 y 2 de la FES Zaragoza

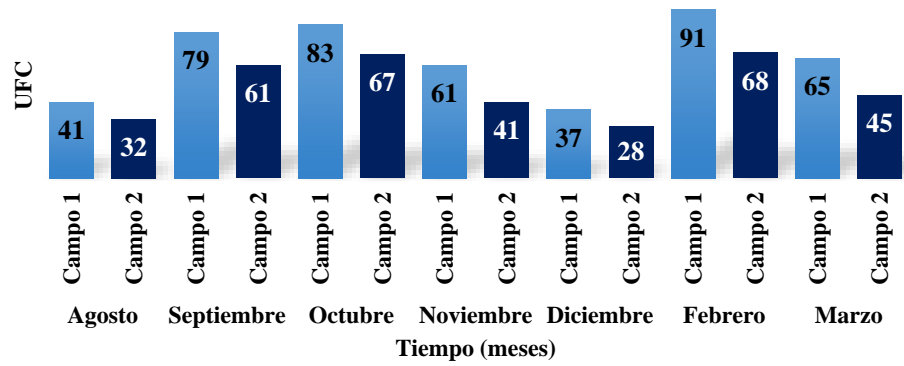
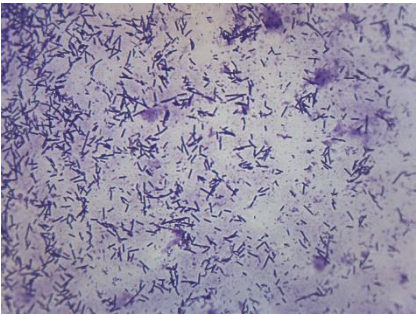
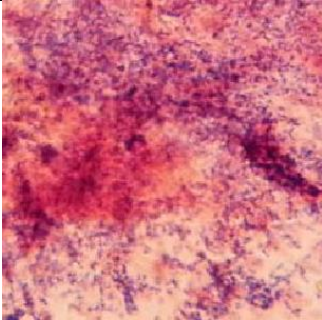
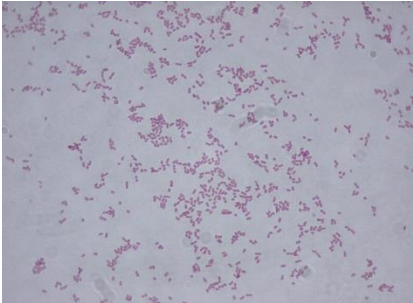
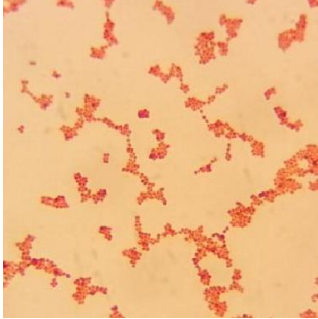


Tabla 5. Observaciones al microscopio de algunas bacterias identificadas.

Género identificado	Imagen reportada del género	Fotografía experimental	Características observadas del género
<i>Escherichia coli</i>	 <p data-bbox="611 716 722 740">Figura 28. ^{bb}</p>	 <p data-bbox="1226 716 1316 740">Figura 40.</p>	<ul data-bbox="1587 396 1793 459" style="list-style-type: none"> • Bacilos • Gramnegativo
<i>Klebsiella spp.</i>	 <p data-bbox="611 1073 722 1097">Figura 29. ^{cc}</p>	 <p data-bbox="1226 1081 1316 1105">Figura 41.</p>	<ul data-bbox="1587 761 1814 824" style="list-style-type: none"> • Forma de bacilo • Gramnegativo

Micrococcus spp.

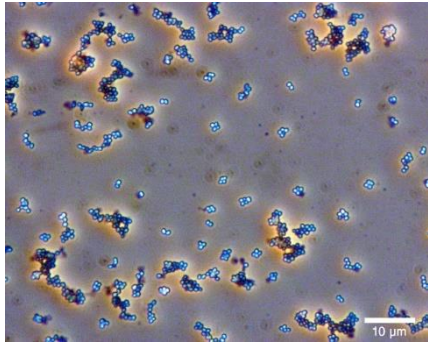


Figura 30. ^{dd}

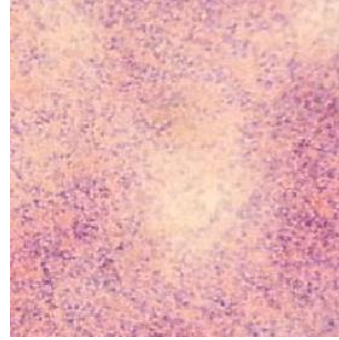


Figura 42.

- Grampositivo
- Esféricas

Bacillus spp.

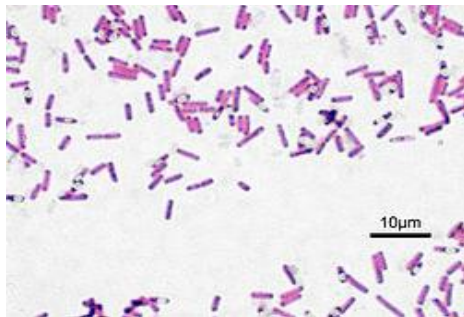


Figura 31. ^{ee}

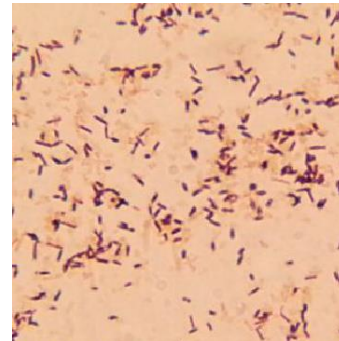


Figura 43.

- Grampositivo
- Forma de bacilo

HONGOS

Tabla 6. Número de UFC de los distintos hongos identificados en ambos campos de la FES Zaragoza durante el periodo de estudio

Mes		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Febrero		Marzo	
Campo		Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2
Hongo (UFC)	<i>Aspergillus spp.</i>	12	22	29	42	35	64	31	57	16	31	25	47	20	33
	<i>Penicillium spp.</i>	16	22	37	46	41	63	37	61	29	42	32	52	21	32
	<i>Rhizopus spp.</i>	5	9	14	32	11	30	22	36	19	29	14	29	11	20
	<i>Mucor spp.</i>	2	9	17	31	11	22	17	32	9	17	17	26	8	15
	<i>Cryptococcus spp.</i>	11	6	19	29	13	50	24	40	16	30	12	27	14	31
	No identificados	8	11	16	22	15	25	18	25	9	14	16	28	10	19
	Total	54	79	132	202	126	254	149	251	98	163	116	209	84	150

Nota: los meses de agosto a diciembre corresponden al año 2019, febrero y marzo corresponden al año 2020.

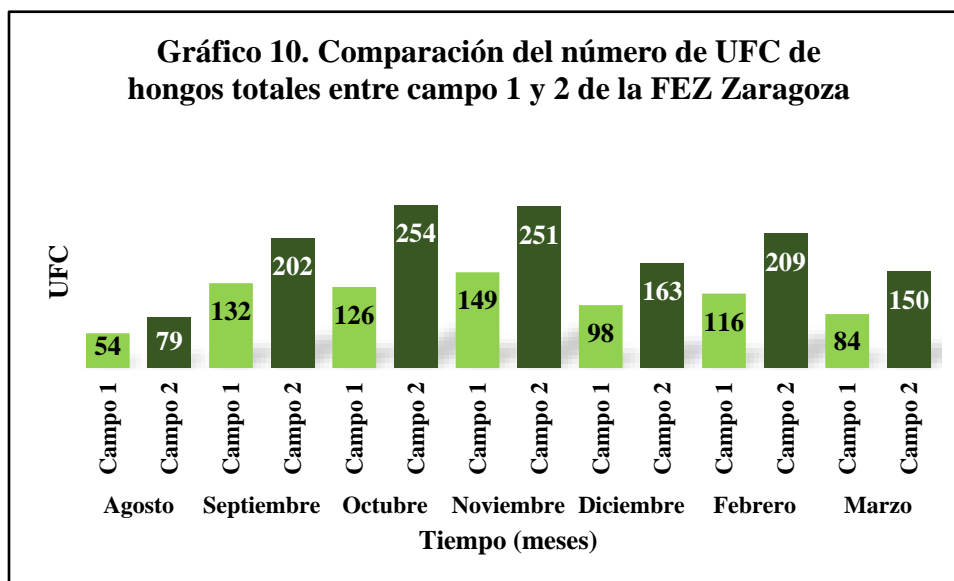


Gráfico 11. Comparación del número de UFC de *Aspergillus spp.* entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

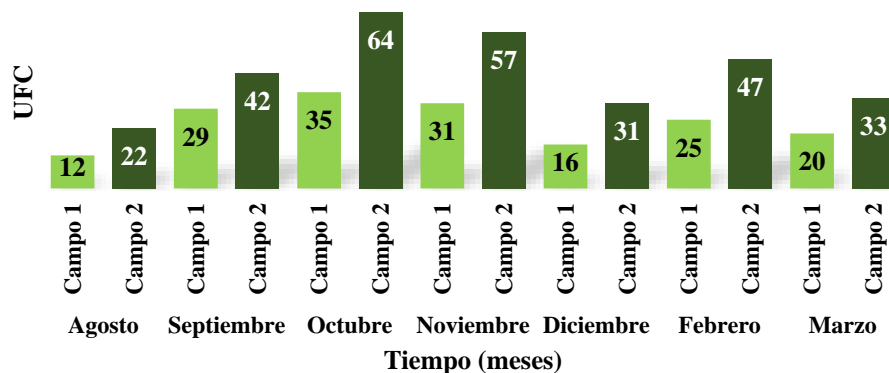


Gráfico 12. Comparación del número de UFC de *Penicillium spp.* entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

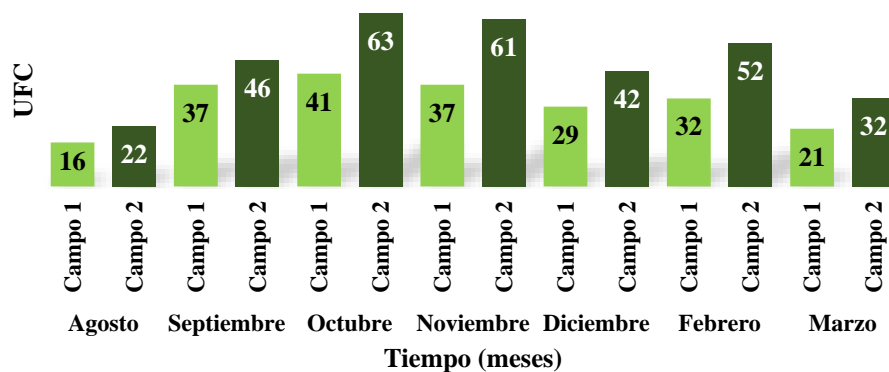


Gráfico 13. Comparación del número de UFC de *Rhizopus spp.* entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

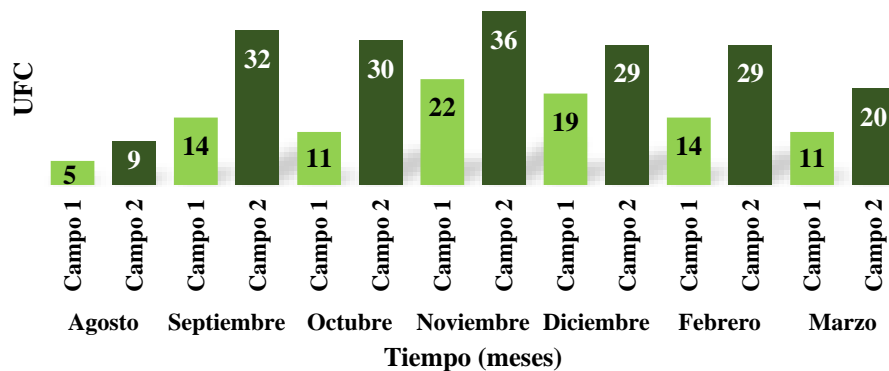


Gráfico 14. Comparación del número de UFC de *Mucor spp.* entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

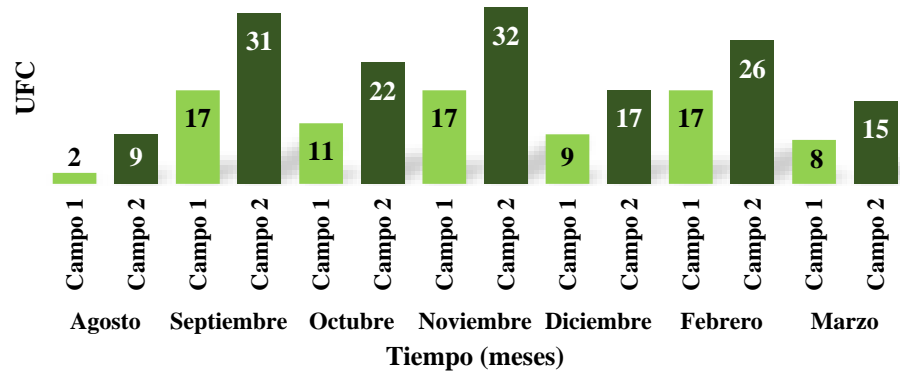


Gráfico 15. Comparación del número de UFC de *Cryptococcus spp.* entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

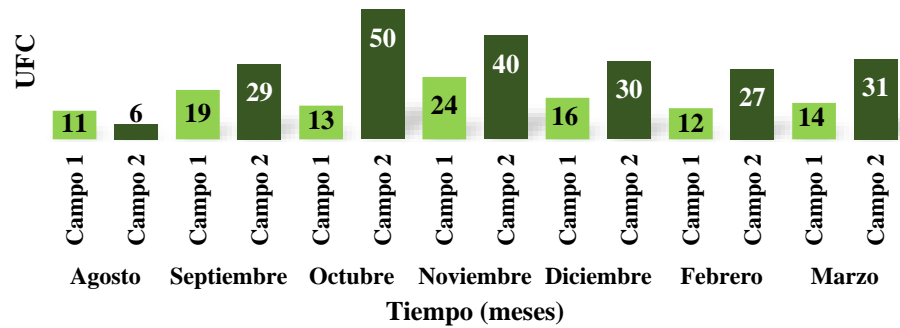


Gráfico 16. Comparación del número de UFC de hongos no identificados entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

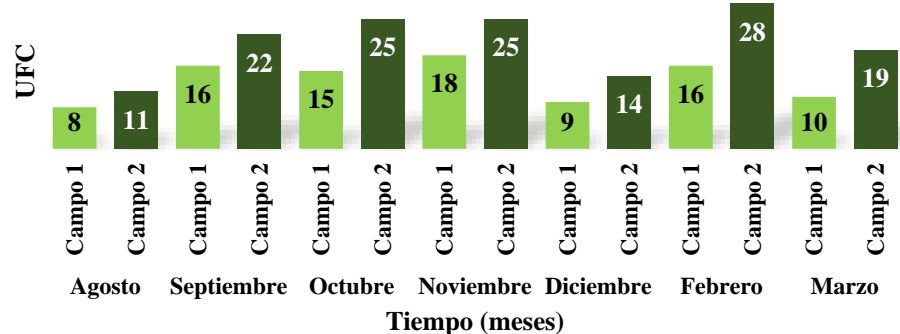
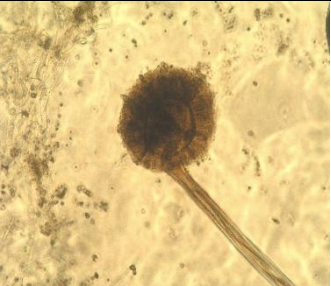

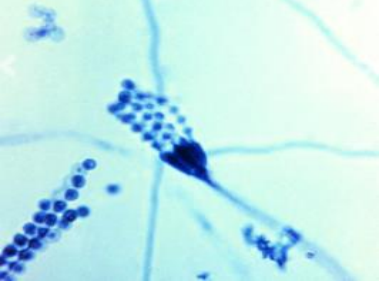
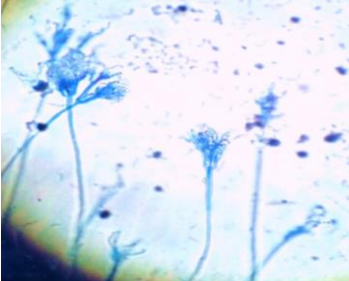
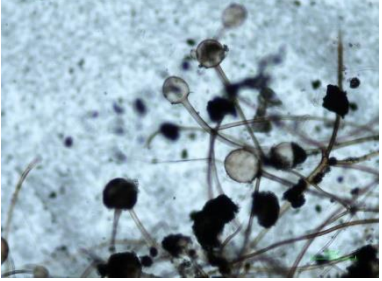
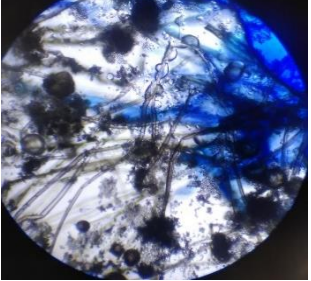


Tabla 7. Observaciones al microscopio de algunos hongos identificados.

Género identificado	Imagen reportada del género	Fotografía experimental	Características observadas del género
<i>Aspergillus spp.</i>	 <p data-bbox="615 678 724 703">Figura 32.^{ff}</p>	 <p data-bbox="1226 683 1316 708">Figura 44.</p>	<ul data-bbox="1591 399 1948 459" style="list-style-type: none"> • Cuenta con conidióforos. • Filamentoso hialino septado.
<i>Penicillium spp.</i>	 <p data-bbox="615 1008 724 1032">Figura 33.^{gg}</p>	 <p data-bbox="1226 1008 1316 1032">Figura 45.</p>	<ul data-bbox="1591 729 1948 821" style="list-style-type: none"> • Filamentoso hialino septado. • Conidióforos con ramas secundarias.
<i>Rhizopus spp.</i>	 <p data-bbox="615 1328 724 1352">Figura 34.^{hh}</p>	 <p data-bbox="1226 1333 1316 1357">Figura 46.</p>	<ul data-bbox="1591 1053 1948 1276" style="list-style-type: none"> • Hifas hialinas sin tabiques y esporangióforos. • Se pueden observar esporangios completos de color negro, así como la columnela en algunos esporangios rotos.

POLEN

Tabla 8. Número de los distintos polenes encontrados en ambos campos de la FES Zaragoza durante el periodo de estudio

Mes		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Febrero		Marzo		
Campo		Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	Campo 1	Campo 2	
Polen proveniente de:	<i>Helianthus annuus</i>	93	81	81	66	60	45	51	42	30	30	66	45	81	60	
	<i>Leucanthemum spp.</i>	42	30	54	45	60	54	66	66	93	72	60	51	51	42	
	<i>Momocardica spp.</i>	90	81	81	69	60	45	60	51	51	45	60	60	96	90	
	<i>Taraxacum spp.</i>	24	21	12	6	12	9	6	6	6	3	12	9	24	18	
	<i>Ambrosia spp.</i>	45	21	27	9	0	0	0	0	0	9	0	51	36	69	51
	Total	249	213	228	186	192	153	183	165	180	150	198	165	252	210	

Nota: los meses de agosto a diciembre corresponden al año 2019, febrero y marzo corresponden al año 2020.

Gráfico 17. Comparación del número de polenes totales entre campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

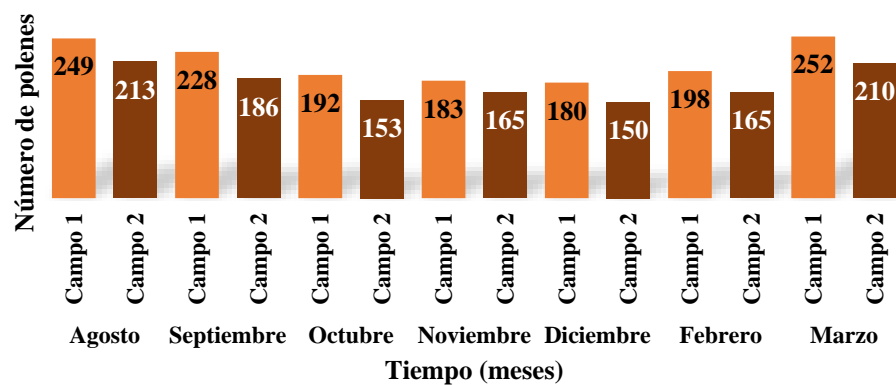
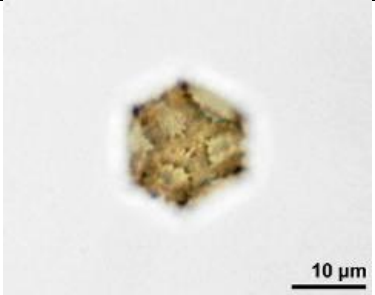

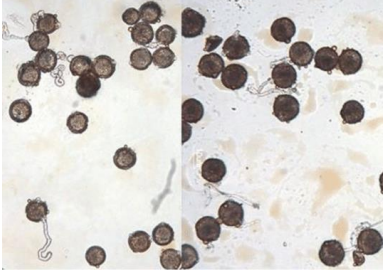
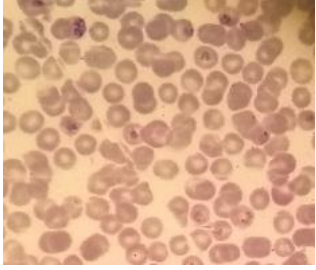
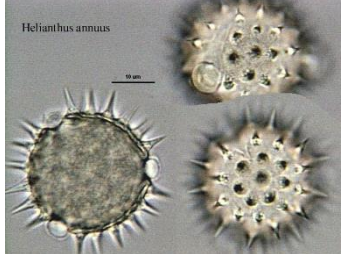



Tabla 9. Observaciones al microscopio de polen.

Género con el que presenta similitud	Imagen reportada	Fotografía experimental	Características
<i>Taraxacum spp.</i>	 <p>Figura 35.ⁱⁱ</p>	 <p>Figura 47.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color: ligeramente gris café. • Se encuentra en América. • Vista polar: poliédrica irregular con picos.
<i>Momordica spp.</i>	 <p>Figura 36.^{jj}</p>	 <p>Figura 48.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color: café a rosáceo dependiendo la intensidad de luz. • Se encuentra en América. • Vista polar: redonda con concavidad.
<i>Helianthus spp.</i>	 <p>Figura 37.^{kk}</p>	 <p>Figura 49.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color: verde, entre más fresca/húmeda más verde. • Se encuentra en América • Vista polar: esferoidal con picos.

Ambrosia spp.

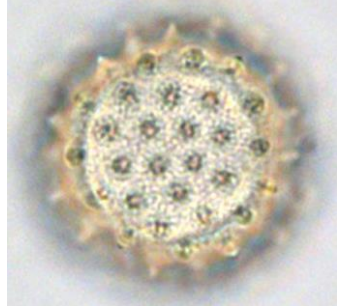


Figura 38. ^{ll}

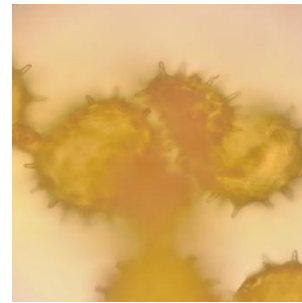


Figura 50.

- Se encuentra en América.
- Vista polar: esferoidal con picos.

Leucanthemum spp.

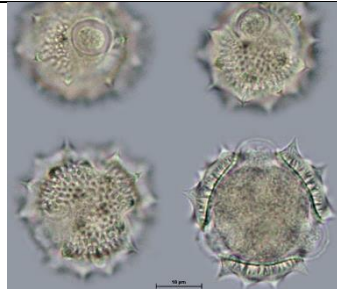


Figura 39. ^{mm}



Figura 51.

- Se encuentra en América.
- Vista polar: esferoidal con picos.

ENCUESTA PILOTO

Tabla 10. Comparación entre las personas que presentan o no síntomas en los distintos campus de la FES Zaragoza

Campus	Campo 1	Campo 2
presentan síntomas	57	39
no presentan síntomas	46	48
Total	103	87

Gráfico 23. Comparación del número de personas que presentan o no síntomas en los campo 1 y 2 de la FEZ Zaragoza

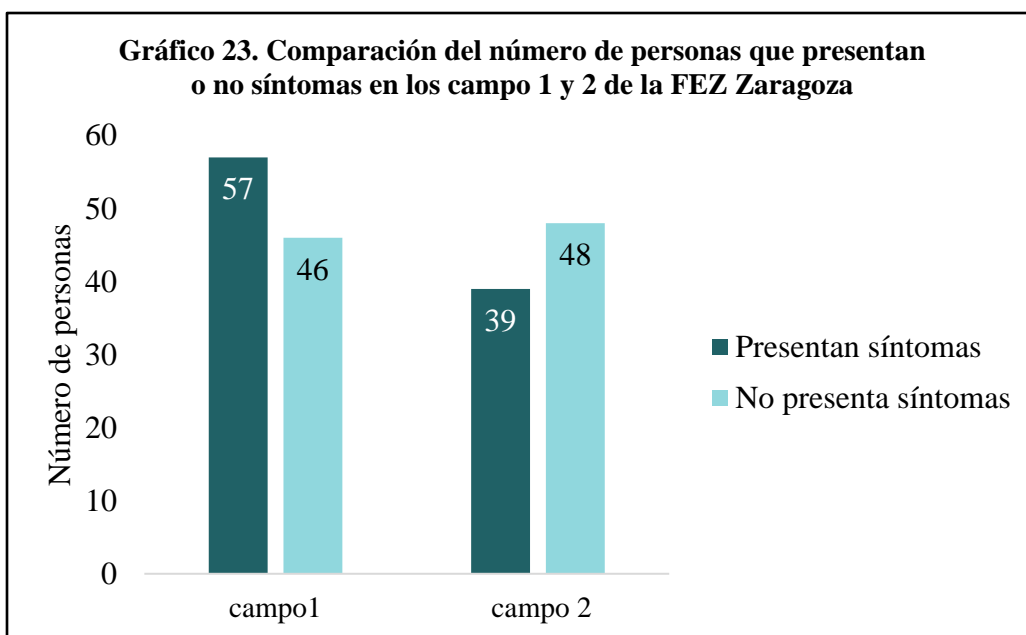
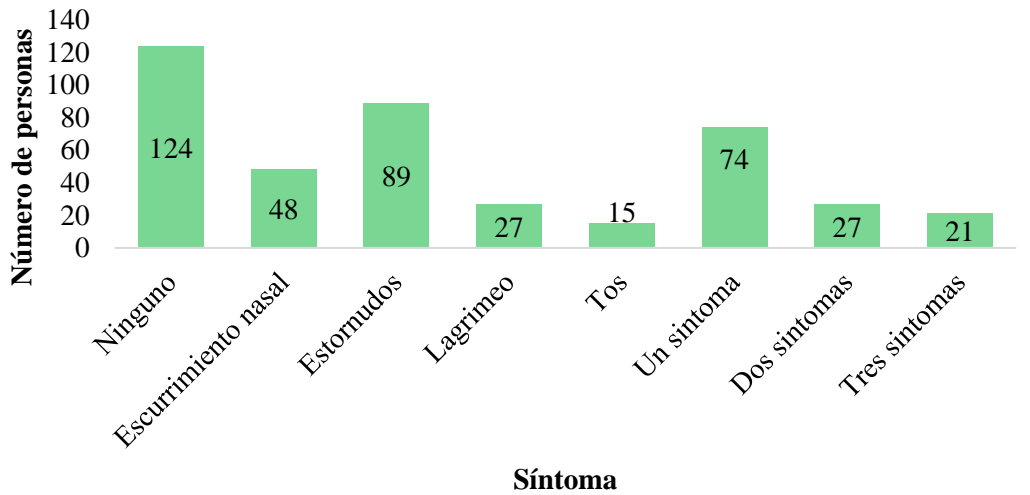


Tabla 11. Número de personas que presentan los diferentes síntomas asociados a enfermedades respiratorias y alergias

Síntomas	Personas
Ninguno	124
Escorrimento nasal	48
Estornudos	89
Lagrimo	27
Tos	15
Un sintoma	74
Dos sintomas	27
Tres sintomas	21

Gráfico 24. Incidencia de diferentes síntomas entre la comunidad zaragozana.



10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los bioaerosoles en el aire representan un factor de riesgo constante de contraer y manifestar enfermedades y alergias respiratorias. En este estudio se identificó una amplia variedad de bacterias, hongos y pólenes. La carga de éstos en los distintos monitoreos fue variable, debido a diversos factores, los cuales se abordarán a continuación.

BACTERIAS

De manera general, en los meses de septiembre de 2019 y febrero de 2020 se captaron más UFC/t; así mismo durante todo el estudio hubo mayor cantidad de UFC/t en Campo I que en Campo II, esta diferencia puede ser atribuida a:

- Campo I se encuentra ubicado entre las avenidas Calzada Ignacio Zaragoza y Guelatao, que tienen mayor tránsito vehicular que las avenidas aledañas a Campo II.
- El metro Guelatao se sitúa a la entrada de Campo I, lo que implica una mayor dispersión de bacterias debido a la afluencia de personas.
- Existe mayor cantidad de comercios en los alrededores de Campo I, en su mayoría para la venta de alimentos, que de no tener medidas de higiene adecuadas representan una fuente de contaminación.
- Al contar con servicio de transporte entre campus y clínicas para la atención a la comunidad, en Campo I se concentra un mayor número de personas.
- Campo I se encuentra cerca del Hospital Regional Ignacio Zaragoza y de la Unidad de Medicina Familiar 120, es posible que diversas bacterias generadas en el ambiente hospitalario sean transportadas de forma pasiva por el viento en una distancia corta.

El género *Streptococcus spp.* fue el que se presentó con mayor frecuencia (como observa en la tabla 4), esto se puede deber a que es un microorganismo que se encuentra comúnmente en la piel, boca, tracto genitourinario, digestivo y respiratorio de humanos, así como de algunos animales como perros, gatos y roedores. Es un género bacteriano que se ve favorecido por un clima templado y no es resistente a condiciones de desecación, clima que domina mayormente en la Ciudad de México. Es una bacteria oportunista, sin embargo, algunos de sus géneros están asociados a enfermedades como neumonía.⁷³

Otros de los géneros bacterianos con mayor presencia fueron *Enterococcus spp.* y *Escherichia spp.*, las cuales son enterobacterias que forman parte de la biota intestinal, también se pueden encontrar en saliva y el tracto genitourinario, normalmente no representan un daño a las personas al ser microorganismos oportunistas, pero son indicadores de inocuidad de los alimentos y el agua.^{74,77}

En el caso de *Enterococcus spp.* los resultados muestran picos en los meses de septiembre de 2019 y febrero de 2020 particularmente en Campo I (observar el gráfico 6), para *Escherichia coli* las mayores concentraciones corresponden a los meses de febrero y marzo de 2020.

Es importante enfatizar que los géneros *Staphylococcus spp.*, *Neisseria spp.* y *Klebsiella spp.* tuvieron mayor presencia en Campo II. Estos se consideran patógenos para el humano, ya que pueden ser causantes de enfermedades pulmonares como epiglotitis, otitis, meningitis y neumonía en el caso de *Klebsiella pneumoniae* y *Neisseria spp.* Rara vez se encuentran en ambientes abiertos, lo que indicaría la presencia de un hospedero.^{25,26,75,76}

HONGOS

La mayor carga de hongos en el aire se presentó en los meses de octubre y noviembre (2019), existiendo una mayor cantidad de hongos en Campo II, dicho comportamiento es observable durante todo el monitoreo. Esta diferencia se puede deber a:

- Campo II tiene una mayor vegetación en su interior, lo cual ayuda a mantener temperaturas bajas en el ambiente y retener la humedad, dichos factores pueden favorecer el crecimiento de hongos.
- Los edificios encontrados en Campo II son más propensos a la formación de hongos y mohos, debido a las condiciones de humedad.
- Campo II se encuentra a las faldas del cerro del Paraíso, colinda con los parques Cuitláhuac y Recreativo Santa Cruz Meyehualco, de los cuales es probable que provengan hongos y esporas.

El género *Penicillium spp.* fue el que más se observó durante el periodo de estudio, de manera general se trata de un hongo que predomina en climas templados. Sus esporas se encuentran en forma de bioaerosoles en el aire, tienen una concentración estable a lo largo del año, aunque se dan concentraciones pico en invierno y primavera, los resultados obtenidos en el estudio muestran mayor crecimiento en otoño, esto puede ser atribuible a una adaptación de este género a otras temperaturas (observar la tabla número 6).^{27,30}

Aun cuando se trata de un patógeno oportunista, es un foco de alerta para la población de la FES Zaragoza, en especial para personas alérgicas o con sistema inmune comprometido. Su transmisión se da por la inhalación de bioaerosoles que contienen sus esporas.

Aspergillus spp. fue el segundo género con mayor frecuencia, es también un hongo oportunista de climas templados que suele afectar a pacientes inmunocomprometidos, puede infectar los pulmones, causar neumonía y en casos graves, diseminarse a otros órganos. Además, la presencia de esporas de estos hongos en el aire se asocia con rinitis y asma alérgicas.

Su transmisión se da por la inhalación de bioaerosoles que contienen sus esporas. Las múltiples áreas verdes presentes en Campo 2 son un foco de alerta para la población.^{27,29}

Otros géneros identificados fueron *Mucor spp.*, *Rhizopus spp.* y *Cryptococcus spp.*, en cuanto al género *Mucor spp.* se presenta con frecuencia en las plantas, por lo que está muy extendido en las zonas rurales, respecto a *Rhizopus spp.* es un hongo aéreo común que se ha identificado

en bosques. Estos dos géneros tienen el potencial de ser patógenos oportunistas, pudiendo causar feohifomicosis.

Debido a que los géneros *Mucor spp.* y *Cryptococcus spp.* son causantes de micosis oportunistas, pueden presentar un riesgo para aquellas personas que presentan una respuesta inmune atenuada. Sería importante realizar análisis más específicos para determinar la especie en monitoreos posteriores.^{27,78,79}

POLEN

En los meses de agosto de 2019 y marzo de 2020 se concentró una mayor cantidad de polen en el aire con 462 pólenes reportados mientras que en diciembre de 2020 se reportó la concentración más baja con 363 pólenes. Campo I fue el lugar donde se tuvo mayor presencia. Es importante mencionar que el polen está conformado de partículas fecundantes masculinas, es necesario para la reproducción de plantas superiores. El polen presente en el aire proviene del proceso de polinización principalmente cuando se trata de plantas anemófilas, ya que el polen producido por plantas entomófilas no se dispersa con facilidad, por lo que es acarreado por insectos.⁶⁸

Es probable que Campo I tenga una mayor cantidad de plantas anemófilas que Campo II, y por eso se encontró mayor carga polínica, a pesar de tener una menor vegetación.

En este estudio se encontraron 5 tipos pólenes, provenientes de distintos tipos de plantas (observar Tabla 8). Para su identificación se realizó una comparación entre las observaciones al microscopio con imágenes reportadas en la literatura (observar Tabla 9).

La mayor cantidad de polen provino de la planta *Momordica spp.* La cual no es nativa del país, pero se ha reconocido como una especie invasiva en varios estados. Se presenta en climas templados, su polen presenta una forma esferoidal con una apertura hundida. No se cuenta con datos acerca de la alergenicidad de este polen, sin embargo, su amplia presencia podría ser un factor que desencadene o facilite el surgimiento de alergias.⁸¹

En segundo lugar, el polen proveniente de *Helianthus annuus* (girasol). La planta es originaria de Norteamérica y es cultivada para ornamentación y alimento, por lo que es común encontrar su polen en muestreos. Suele desprender su polen a finales del verano y comienzos del otoño, lo que coincide con los resultados encontrados en los muestreos. No suele ser causante de alergias, no obstante, ante una exposición prolongada y constante puede causar síntomas como: asma bronquial, rinitis, conjuntivitis, angioedemas, dermatitis, lesiones en la piel y urticaria aguda.^{82,83}

El tercer tipo más frecuente de polen proviene de la planta *Leucanthemum spp.*, esta suele liberar su polen entre la primavera y el otoño, por lo cual es común encontrar muestras en varias épocas del año. El polen de este género presenta una forma esferoidal con

protuberancias que asemejan picos. Se considera como un polen de alergenicidad menor, entre sus síntomas más comunes están los estornudos y en algunos casos urticaria.⁸⁴

Los pólenes con menor presencia fueron los provenientes de las plantas *Ambrosia spp.* y *Taraxacum spp.* *Ambrosia spp.*, es nativa de Norteamérica, cuenta con especies perennes y anuales, su baja frecuencia en ciertos meses de muestreo parece indicar que estamos ante una especie anual. Su polen Tiene una forma esferoidal y presenta una ligera concavidad junto con protuberancias. Puede generar alergias con síntomas como: estornudos, congestión nasal, conjuntivitis, irritación y goteo nasal.⁸⁵

Taraxacum spp., es conocido como diente de león. Es nativo del hemisferio norte y aunque ciertas especies pueden ser alimenticias o medicinales, son consideradas maleza. Su baja presencia puede estar relacionada con su condición de maleza, su temporada de mayor floración es la primavera, en la cual no fue muestreada. Su polen tiene una forma esferoidal con bordes irregulares. Su alergenicidad es baja y a menudo se presenta en personas que han sido sensibilizadas a alergias por otros tipos de polen.^{86, 87}

La variación de los tipos de polen recolectados puede ser ocasionada por cambios en las condiciones climáticas, por los períodos de floración de las plantas, por la diversidad de estas y por los periodos de duración del día y la noche.

La identificación de los diferentes tipos de polen en el aire de ciertas zonas es de gran importancia para los alergólogos ya que, de esta manera se podrían plantear diagnósticos y tratamientos más específicos para pacientes polínicos.⁶⁸

ENCUESTA PILOTO

El 55.33% de la población encuestada en Campo 1 presentó síntomas asociados a enfermedades respiratorias o alergias respiratorias, en Campo II el 44.82% los presentaron.

La realización de una encuesta piloto en la población de la FES Zaragoza dio pauta para hacer la evaluación de la calidad del aire de dicho entorno para hallar los posibles agentes causales de estas patologías. Lo que justifica la importancia del presente estudio.

Es importante señalar que los síntomas mencionados en la tabla 8 son muy generales, pueden ser característicos de un gran número de enfermedades y alergias.

11. MEDIDAS PREVENTIVAS

1. En caso de tener síntomas respiratorios o de alergias acudir con un médico.
2. Lavarse las manos frecuentemente con agua y jabón, de no ser posible, hacer uso de gel antibacterial.
3. Evitar el consumo de alimentos en locales de dudosa procedencia.
4. Usar cubrebocas en caso de tener alguna enfermedad respiratoria contagiosa.
5. Evitar acudir a zonas concurridas si se tienen síntomas de enfermedades respiratorias.
6. Usar cubrebocas si se tienen reacciones alérgicas.
7. No cubrir la boca o nariz con las manos mientras se tose o estornuda.
8. Estornudar o toser en un pañuelo o servilletas, si no se cuenta con uno, realizar estornudos en la parte anterior del codo. Depositar los pañuelos desechables después de cada uso en un recipiente para basura.
9. Evitar compartir vasos, botellas y cubiertos.
10. Realizar la sanitización de áreas de trabajo, de comida, así como los utensilios en general, secar las superficies limpias con toallas de papel o con un paño limpio.
11. Evitar comer en espacios generales.
12. En caso de tener alergias respiratorias es adecuado evitar las áreas verdes.
13. Cambiarse de ropa al regresar a casa.

12. CONCLUSIONES

La encuesta piloto dio un panorama general de los síntomas presentes en los alumnos de la FES que pueden estar relacionados con enfermedades y alergias.

La técnica de captación por impactación en placa, resultó adecuada a las necesidades del estudio, ya que brindó un panorama de la aerobiota presente. Es una alternativa más económica y viable frente a las ya existentes para el monitoreo del aire.

Se identificaron diversos géneros bacterianos y de hongos, y se captaron 5 tipos diferentes de polen.

Existieron limitantes como la falta de organización para la realización de las distintas actividades, por lo cual no fue posible la identificación de todos los microorganismos.

Se propusieron medidas preventivas con el propósito de disminuir los riesgos de presentar síntomas relacionados a enfermedades respiratorias y alergias.

13. PERSPECTIVAS DEL PROYECTO

1. Para tener un panorama más específico, se recomienda enfocar la captación a un sólo tipo de microorganismo (hongo, bacteria, virus, etc.).
2. En posteriores estudios de monitoreo, se recomienda solicitar a la institución medios de cultivo selectivos para bacterias y para hongos.
3. Tener evidencia fotográfica de las observaciones al microscopio y los análisis, así como un respaldo en línea de las mismas.
4. Contar con una bitácora de los muestreos y análisis.

14. REFERENCIAS

14.1. Bibliográficas

1. Smith M., Galan C., Damialis, A. Basic and Applied Aerobiology. [internet]. Suiza: Frontiers; 2021[Consultado 3 Ene 2022] Disponible en: <https://www.frontiersin.org/research-topics/24122/basic-and-applied-aerobiology>
2. Belmonte J., Gabarra E., Roure J. Aerobiología en Catalunya: Estación de Barcelona (1999). REA. Boletín de la Red Española de Aerobiología [internet]. 2000 [Consultado 3 Ene 2022]; 6: 75-78 Disponible en: [Aerobiología en Catalunya: Estación de Barcelona \(1999\) — Universitat Autònoma de Barcelona Research Portal \(uab.cat\)](#)
3. Tabor A. What is NASA 's Aerobiology Lab?. [internet] USA: NASA; 2019 [Consultado 11 Ene 2022] Disponible en: <https://www.nasa.gov/ames/aerobiology>
4. Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. J Pathogens. [internet]. 2013 [Consultado 11 Ene 2022]; 2013 Disponible en: [Aerobiology and Its Role in the Transmission of Infectious Diseases \(hindawi.com\)](#)
5. Cox C., Wathes C. Bioaerosols Handbook. [internet] Lewis Publishers; 1995 [Revisión 2020; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.routledge.com/Bioaerosols-Handbook/Cox-Wathes/p/book/9780367579739>
6. Noble W. The size distribution of airborne particles carryins microorganisms. Journal of Hygiene. [internet]. 1963 [Consultado 11 Ene 2022]; 61(4): 385–391. Disponible en: [The size distribution of airborne particles carrying micro-organisms \(nih.gov\)](#)
7. Stetzenbach L. Manual of Environmental Microbiology. [internet]. Washington: [Revisión 2020; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: [\(99+\) \(PDF\) Environmental Microbiology - 2nd Edition.pdf | Walter Joseph - Academia.edu](#)
8. OMM. Organización Meteorológica Mundial. [internet]. OMM; 2019 [Consultado 11 Ene 2022] Disponible en: http://www.wmo.int/pages/themes/weather/index_es.html
9. IPCC. (s.f.). Weather and climate. 1.1 Introduction to the Climate System 1.1.1 Climate.. Working Group I: The Scientific Basis. Consultado el: 26/10/2015. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-01.pdf>

10. El clima en la Ciudad de México. [internet] México: weatherspark.com; 2021 [Consultado 17 Dic 2021] Disponible en: [El clima en Ciudad de México, el tiempo por mes, temperatura promedio \(México\) - Weather Spark](#)
11. Calderon M., Et Al. Aerobiological study of bacterial and fungal community composition in the atmosphere of Mexico City throughout an annual cycle [internet] 2021 [Consultado 19 Ene 2022]; Environmental Pollution 278 Disponible en: [\(PDF\) Aerobiological study of bacterial and fungal community composition in the atmosphere of Mexico City throughout an annual cycle \(researchgate.net\)](#)
12. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. [internet] México: INAFED; 2016 [Consultado 02 Ene 2022] Disponible en: [Distrito Federal - Iztapalapa \(inafed.gob.mx\)](#)
13. Ronald M. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. 4ta. ed. Madrid: Pearson-Addison Wesley; 2002
14. Ministère chargé de la santé, Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé - Air, eaux et surfaces. DGH/DHOS; CTIN: 2002 [Microsoft Word - recofin2.doc \(inist.fr\)](#)
15. Tham K., Zuraimi M. Size relationship between airborne viable bacteria and particles in a controlled indoor environment study. Indoor Air [internet] 2015 [Consultado 11 Ene 2022]; 15, 48-57 Disponible en: [Size relationship between airborne viable bacteria and particles in a controlled indoor environment study - PubMed \(nih.gov\)](#)
16. UNDERWOOD, E. Ecology of microorganisms as it affects the pharmaceutical industry. [internet]. Londres: Blackwell Scientific Publication; 1992 [Revisión 2004; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: [Ecology of Microorganisms as it affects the Pharmaceutical Industry - Hugo and Russell's Pharmaceutical Microbiology - Wiley Online Library](#)
17. ASPEC. La biocontaminación - Salles propias, entornos controlados y zonas de confinamiento. [internet]. 2017 [Revisión 2004; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: [Livre La biocontaminación - Salles propias, entornos controlados y zonas de confinamiento \(afnor.org\)](#)
18. De la Rosa M. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Observatorio Medioambiental [Internet] 2002 [Consultado 11 Ene 2022]; 5, 375-402 Disponible en: [https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/download/OBMD0202110375](#)

29. Alcalá L., Muñoz P., Peláez T., Bouza E. Aspergillus y aspergilosis. [Internet]. Madrid: Control Calidad SEIMC. [Consultado 16 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/aspergillus.pdf>
30. Química.es. Penicillium. [Internet]. [Consultado 16 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Penicillium.html>
31. Rivas L. Alternaria spp. Rev Chilena Infecto [Internet] 2014. [Consultado 16 Ene 2022]; 31 (5): 605-606 Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n5/art13.pdf>
32. Reyes I., Pérez M., Morffi M., Barletta J. Aislamiento de Rhodotorula. Presentación de un caso en paciente con leucemia mieloide aguda. Medisur [Internet]. 2013 [Consultado 16 Ene 2022]; 11(5): 542-545. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2013000500009
33. Holguera J. Estudio de los mecanismos moleculares de entrada de los paramixovirus en la célula hospedadora: el RSV y el NDV. [Internet]. Salamanca: Departamento de Bioquímica y Biología Molecular; 2012. [Consultado 16 Ene 2022]. Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/121173/DBBM_HolgueraBaezJavier_Tesis.pdf;jsessionid=F07B3AA6691AAD930625D0DA5B9263AB?sequence=1
34. Sanclemente G. Poxvirus que causan enfermedad en los seres humanos. Rev Asoc Colomb Dermatol [Internet] 2010 [Consultado 16 Ene 2022]; 18: 67-7. Disponible en: https://revistasocolderma.org/sites/default/files/poxvirus_que_causan_enfermedad_en_los_seres_humanos.pdf
35. Carroll K. Picornavirus (grupos de enterovirus y rinovirus) [Internet]. Microbiología médica; 2016 [Revisión 2004; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1837§ionid=128960491>
36. Pereira A., Pérez M., Amebas de vida libre. ELSEVIER [Internet] 2003 [Consultado 16 Ene 2022]; 22 (6) : 114-117 Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-amebas-vida-libre-13049114>
37. Centro para el Control y Prevención de Enfermedades. Naegleria Hoja informativa [Internet]. USA: CDC; 2015 [Consultado 17 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/parasites/naegleria/es/faqs.html>

38. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Acanthamoeba spp. [Internet]. DATABIO; 2016 [Consultado 17 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/353183/Acanthamoeba+spp+-+A%C3%B1o+2017.pdf/05fee167-ede-46c1-a981-ea4619aa145f?version=1.2&t=1531841312267>
39. Starr J., Mason, B. The capture of airborne particles by water drops and simulated snow crystals. Quarterly Journal Review Meteorology Association 92. [Internet] 1966 [Consultado 17 Ene 2022]; 92: 490-499. Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49709239405>
40. Gregory P. The microbiology of the atmosphere. [Internet]. Londres: Polunin N.; 1961 [Revisión 2004; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/31014#page/9/mode/1up>
41. Potts, M. Desiccation tolerance of prokaryotes. Microbiological Reviews [Internet] 1994 [Consultado 17 Ene 2022]; 58(4):755-805. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7854254/#:~:text=The%20removal%20of%20cell%20bound,the%20evolution%20of%20the%20prokaryotes.&text=In%20the%20air%20dried%20state,%20C%20perhaps%20millions%20of%20years.>
42. Mohr A. Fate and transport of microorganisms in air. Environmental Microbiology [Internet] 1997 [Consultado 17 Ene 2022]; 641-650. Disponible en: <https://www.scirp.org/%28S%28vtj3fa45qm1ean45vffcz55%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1511181>
43. Organización Panamericana de la Salud. El control de las enfermedades transmisibles [Internet]. USA: James Chin; 2001 [Consultado 17 Ene 2022] Disponible en: [enfermedades.transmisibles.qxd \(paho.org\)](http://www.paho.org/en/enfermedades.transmisibles.qxd)
44. Flood J., Méndez M., Pérez E. Sistema inmune respiratorio y consecuencias de contaminación aérea por materia particulada. Rev Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social [Internet] 2019 [Consultado 17 Ene 2022]; 57(3):170-80. Disponible en: [Visor Redalyc - Sistema inmune respiratorio y consecuencias de contaminación aérea por materia particulada](http://www.redalyc.org/pdf/3810/381061010001.pdf)
45. Krissi M. Hewitt, Charles P., Sheri L. Maxwell, Scott T. Office Space Bacterial Abundance and Diversity in Three Metropolitan Areas. [Internet]. San Francisco: Plos One; 2012 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Office Space Bacterial Abundance and Diversity in Three Metropolitan Areas \(plos.org\)](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171181)

46. Ubillaa C., Yohannessenb K. Contaminación atmosférica: efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes* [Internet] 2017 [Consultado 17 Ene 2022]; 28(1): 111-118 Disponible en: [CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EFECTOS EN LA SALUD RESPIRATORIA EN EL NIÑO - ScienceDirect](#)
47. Martí M. Endotoxinas en ambientes laborales. Centro Nacional de Condiciones del Trabajo. [Internet] 1991 [Consultado 17 Ene 2022]; NTP 422. Disponible en: [NTP 422: Endotoxinas en ambientes laborales \(insst.es\)](#)
48. Berenguer M., Guardino X., Hernández A., Martí M., Nogareda C., Solé M. El síndrome del edificio enfermo. [Internet] Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [Revisión 2004; Consultado 11 Ene 2022]. Disponible en: [El síndrome del edificio enfermo \(insst.es\)](#)
49. Departamento de Salud. Infección del virus de Norwalk (calicivirus) [Internet]. Nueva York: New York State; 2004 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Infección del virus de Norwalk \(calicivirus\) \(ny.gov\)](#)
50. Centro para el Control y Prevención de Enfermedades. La Rabia [Internet]. USA: CDC; 2019 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [¿Cómo se transmite la rabia? | La Rabia | CDC](#)
51. Benito B. Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Santander. Relación de la agudización del asma bronquial con factores del ambiente exterior [Internet]. Santander: Universidad de Cantabria; 2003 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Santander. Relación de la agudización del asma bronquial con factores del ambiente exterior \(tdx.cat\)](#)
52. Belmonte J., Roure J. Métodos de muestreo [Internet]. España: PIA; 2022 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Métodos de muestreo - Punto de Información Aerobiológica \(aerobiologia.cat\)](#)
53. John L. Brief History of Marchantia from Greece to Genomics. *Plant and Cell Physiology* [Internet] [Consultado 18 Ene 2022]; 57(2): 210–229. Disponible en: [A Brief History of Marchantia from Greece to Genomics | Plant and Cell Physiology | Oxford Academic \(oup.com\)](#)
54. Osorio C.. Leeuwenhoek y sus animálculos. *Rev. chil. infectol.* [Internet]. 2020 [Consultado 18 Ene 2022]; 37(6): 762-766. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182020000600762&lng=es&nrm=iso](#)

55. Britannica. Ehrenberg [Internet]. Editors of Encyclopaedia: 2021 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: <https://www.britannica.com/biography/Christian-Gottfried-Ehrenberg>
56. Gillen A. Louis Pasteur's Views on Creation, Evolution, and the Genesis of Germs. Answers Research Journal [Internet] 2008 [Consultado 18 Ene 2022]; 1:43–52. Disponible en: [Louis Pasteur's Views on Creation, Evolution, and the Genesis of Germs.indd \(uv.mx\)](#)
57. William B., Coleman D., Wiebe W. Prokaryotes: The unseen majority [Internet] 1998 [Consultado 18 Ene 2022]; 95 (12) 6578-6583. Disponible en: [Prokaryotes: The unseen majority | PNAS](#)
58. Fredrickson J., Zachara J., Balkwill D., Kennedy D., Shu-mei W., Heather M., Michael J., Romine M., Brockman F. Geomicrobiology of High-Level Nuclear Waste-Contaminated Vadose Sediments at the Hanford Site, Washington State. ASM Journals [Internet] 2020 [Consultado 18 Ene 2022]; 70.7.4230-4241. Disponible en: [Geomicrobiology of High-Level Nuclear Waste-Contaminated Vadose Sediments at the Hanford Site, Washington State | Applied and Environmental Microbiology \(asm.org\)](#)
59. Sears C. A dynamic partnership: Celebrating our gut flora. Anaerobe [Internet] 2005 [Consultado 18 Ene 2022]; 11 (5): 247-51. Disponible en: [doi:10.1016/j.anaerobe.2005.05.001 \(arizona.edu\)](#)
60. Gill E., Brinkman f. The proportional lack of archaeal pathogens: Do viruses/phages hold the key?. Bioessays [Internet] 2011 [Consultado 18 Ene 2022]; 33: 248–254. Disponible en: [The proportional lack of archaeal pathogens: Do viruses/phages hold the key? - Gill - 2011 - BioEssays - Wiley Online Library](#)
61. Kulkarni H., Smith C., Lee, D., Hirst R., Easton A., O'Callaghan C. Evidence of respiratory syncytial virus spread by aerosol. Time to revisit infection control strategies? ATS Journals [Internet] 2016 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Evidence of Respiratory Syncytial Virus Spread by Aerosol. Time to Revisit Infection Control Strategies? | American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine \(atsjournals.org\)](#)
62. Tellier R., Li Y., Cowling B., Tang J. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. BMC Infect Dis [Internet] 2019 [Consultado 18 Ene 2022]; 19, 101. Disponible en: [Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary | BMC Infectious Diseases | Full Text \(biomedcentral.com\)](#)

63. Rosas R. Contaminaciones alimentarias. Elsevier [Internet] 2007 [Consultado 18 Ene 2022]; 26(6): 95-100. Disponible en: [Contaminaciones alimentarias | Offarm](#)
64. De la Rosa M. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Revistas Científicas Complutenses [Internet] 2002 [Consultado 18 Ene 2022]; 5: 375-402. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A#:~:text=La%20atm%C3%B3sfera%20no%20tiene%20una,%2C%20procedentes%20de%20otros%20ambientes.&text=Los%20microorganismos%20dispersados%20por%20el,gran%20importancia%20biol%C3%B3gica%20y%20econ%C3%B3mica>
65. US EPA O. What are biological pollutants, how do they affect indoor air quality? [Internet]. US: EPA; 2019. [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-biological-pollutants-how-do-t>
66. Britania. Sabouraud Glucosado Agar [Internet]. Argentina: Britania; 2011 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5af08a08a7afe.pdf
67. Britania. Tripteína Soya Agar [Internet]. Argentina: Britania; 2021 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e7678b1e3.pdf
68. Red Mexicana de Aerobiología. ¿Qué es el polen? [Internet]. México: UNAM [Consultado 08 Feb 2022] Disponible en: http://rema.atmosfera.unam.mx/rema/REMA_POLEN_INF.aspx
69. Britania. Lisina Hierro Agar [Internet]. Argentina: Britania; 2011 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [upl_6054e85d48c47.pdf](#)
70. Britania. T.S.I. Agar (Triple Sugar Iron Agar) [Internet]. Argentina: Britania; 2011 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070971eb11bd.pdf
71. Britania. Simmons Citrato Agar [Internet]. Argentina: Britania; 2011 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [upl_607092758cfa8.pdf](#)

72. Redalyc. Reactivo de Kovac para microbiología [Internet]. 2011 [Consultado 18 Ene 2022] Disponible en: [Redalyc.EVALUACION DE REACTIVO DE KOVAC MODIFICADO](#)
73. García J. Género *Streptococcus*: una revisión práctica para el laboratorio de microbiología [Internet]. España: Hospital Dinostia; 2007 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-genero-streptococcus-una-revision-practica-13111833>
74. BETELGEUX. *Escherichia Coli*: características, patogenicidad y prevención (I) [Internet]. España: BETELGEUX; 2016 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.betelgeux.es/blog/2016/01/19/escherichia-coli-caracteristicas-patogenicidad-y-prevencion-i/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20Escherichia%20coli.&text=coli%20se%20caracteriza%20por%20poseer,lactosa%20con%20producci%C3%B3n%20de%20gas>
75. Access Medicina. Neisserias [Internet]. [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1507§ionid=102892815>
76. Revillas E. Así es la '*Klebsiella*', una superbacteria que resiste a muchos antibióticos y se contagia en los hospitales [Internet]. 2019 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.20minutos.es/noticia/3397474/0/que-es-bacteria-klebsiella-bebes-pneumoniae/>
77. Manual MDS. Infecciones por enterococos [Internet]. Florida Atlantic: FACP; 2016 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-mx/professional/enfermedades-infecciosas/cocos-grampositivos/infecciones-por-enterococos#:~:text=Los%20enterococos%20son%20microorganismos%20anaerobios,heridas%2C%20as%C3%AD%20como%20bacteriemias%20concurrentes.>
78. SEIMC. CRIPTOCOCOSIS: DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO Y ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD IN VITRO [Internet]. Sevilla: SEIMC; 2016 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/cripto.pdf>
79. Naturalista. Género *Rhizopus* [Internet]. México: SEIMC; 2016 [Consultado 15 Jun 2022] Disponible en: <https://www.naturalista.mx/taxa/123765-Rhizopus>

80. Iañez E. Tinción Gram [Internet]. México: UGR; 2016 [Consultado 28 Jun 2022] Disponible en: [http://www.ugr.es/~pomif/pom-bac/pb-iii/pb-iii-3-gram.htm#:~:text=Fundamento%3A%20mucop%C3%A9ptido%2C%20etanol%20y%20diferencias%20de%20color.&text=La%20diferenciaci%C3%B3n%20se%20hace%20a%C3%B1adiendo,con%20otro%20colorante%20\(safranina\)](http://www.ugr.es/~pomif/pom-bac/pb-iii/pb-iii-3-gram.htm#:~:text=Fundamento%3A%20mucop%C3%A9ptido%2C%20etanol%20y%20diferencias%20de%20color.&text=La%20diferenciaci%C3%B3n%20se%20hace%20a%C3%B1adiendo,con%20otro%20colorante%20(safranina))
81. Durgesh, et al. Pollen viability and in vitro pollen germination studies in Momordica species and their intra and interspecific hybrids. [Internet] 2018. [consultado 19 ago 2022]] Disponible en: www.researchgate.net/figure/In-vitro-pollen-germination-test-using-10-sucrose-100ppm-Boric-acid_fig1_329359882
82. Sokolowska N. et al. Sunflower seed allergy. [Internet] 2016 [consultado 19 ago 2022]] Disponible en: [Sunflower seed allergy - PMC \(nih.gov\)](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4781111/)
83. Halbritter H., Heigl H., Svojtka N. 2020. *Helianthus annuus*. [Internet] 2021 [consultado 19 ago 2022] Disponible en: https://www.paldat.org/pub/Helianthus_annuus/304619
84. Halbritter H., Heigl H., Sonnleitner M. 2021. *Leucanthemum ircutianum*. [Internet] 2021 [consultado 19 ago 2022] Disponible en: https://www.paldat.org/pub/Leucanthemum_ircutianum/305078
85. Sam S., Halbritter H., Heigl H. 2020. *Ambrosia artemisiifolia*. [Internet] 2021 [consultado 19 ago 2022] Disponible en: https://www.paldat.org/pub/Ambrosia_artemisiifolia/304617
86. Bombosi P., Heigl H. 2021. *Taraxacum officinale*. [Internet] 2021 [consultado 19 ago 2022] Disponible en: https://www.paldat.org/pub/Taraxacum_officinale/305331
87. Dandelion Allergen Exposure. [Internet] 2020 [consultado 19 ago 2022] Disponible en: <https://www.thermofisher.com/diagnostic-education/hcp/mx/es/resource-center/allergen-encyclopedia/whole-allergens.html?key=w8>

14.2. Figuras

- a) http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/920/702825921538/702825921538.pdf
- b) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b9/Bacillus_subtilis_Gram.jpg/250px-Bacillus_subtilis_Gram.jpg
- c) <https://medicine.en-academic.com/pictures/medicine/323.jpg>
- d) https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQM4bM4TgclAInlj4CitDbjMzimdXuYh_eXorQyFwy5Z-gvAZ8kVXuWelWfzx25Qzt3MdI&usqp=CAU

- e) [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Corynebacterium diphtheriae Gram stain.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Corynebacterium_diphtheriae_Gram_stain.jpg)
- f) [https://40.media.tumblr.com/a98dd3a960ed1f551c448458c9f0ec04/tumblr inline o5v80icdwS1sj66vg_540.png](https://40.media.tumblr.com/a98dd3a960ed1f551c448458c9f0ec04/tumblr_inline_o5v80icdwS1sj66vg_540.png)
- g) <https://cdn.lecturio.com/assets/Staphylococcus-aureus.jpg>
- h) https://static.tuasaude.com/media/article/lx/kb/streptococcus_31991_1.jpg
- i) <https://www.laboratoriogedysa.com/wp-content/uploads/2019/12/bacteria-E.-coli-utilizada-para-generar-la-enzima-P450-1280x720.jpg>
- j) <https://previews.123rf.com/images/drmicrobe/drmicrobe1611/drmicrobe161100158/66212838-bacteria-neisseria-gonorrhoeae-o-neisseria-meningitidis-gonococos-y-meningococos-ilustraci%C3%B3n-3d-las-.jpg>
- k) https://www.webconsultas.com/sites/default/files/styles/wc_adaptive_curiosidad_small/public/media/2019/05/14/klebsiella_p.jpg
- l) <https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2018/09/enterococcus-faecalis.jpg>
- m) https://www.droscarcalderon.com/polenes-y-hongos/assets/uploads/aeroalergenos/1619561179_5d310f816c68bf933bd9.jpg
- n) https://imagenes.heraldo.es/files/image_990_v1/uploads/imagenes/2018/01/19/afumigatusmorphology_9c1f0405.jpg
- o) [https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2018/11/Penicillium sp. conidiophore.jpg](https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2018/11/Penicillium_sp._conidiophore.jpg)
- p) https://www.dinafem.org/uploads/alternaria20copia_blog_full.jpg
- q) [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c5/Mature sporangium of a Mucor sp. fungus.jpg/1280px-Mature sporangium of a Mucor sp. fungus.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c5/Mature_sporangium_of_a_Mucor_sp._fungus.jpg/1280px-Mature_sporangium_of_a_Mucor_sp._fungus.jpg)
- r) <https://controllab.com/wp-content/uploads/Cryptococcus-iStock-808708682.jpg>
- s) <https://atlasdemicologia.files.wordpress.com/2016/03/rhizopusazuldealgodon.jpg?w=676>
- t) [https://36.media.tumblr.com/716cd29c0c494035dae55b4345bc4fa3/tumblr inline o5v80icdwS1sj66vg_540.png](https://36.media.tumblr.com/716cd29c0c494035dae55b4345bc4fa3/tumblr_inline_o5v80icdwS1sj66vg_540.png)
- u) https://img.europapress.es/fotoweb/fotonoticia_20200218074938_420.jpg
- v) <https://staticsnews.medsbla.com/news-es/wp-content/uploads/2018/12/09075141/fa08747d4765ab6624dd1e8beabe89433f718245.jpg>
- w) <https://definicion.xyz/wp-content/uploads/2020/11/picornavirus-700x438.jpg>

- x) https://www.eluniversal.com.mx/sites/default/files/2018/02/23/amiba_albercas.jpg
- y) https://www.lavanguardia.com/files/og_thumbnail/uploads/2019/07/11/5fa5339f64e41.jpeg
- z) [AI-C1.png \(1624×824\) \(unam.mx\)](#)
- aa) [AI-C2.png \(1288×868\) \(unam.mx\)](#)
- bb) <https://m.media-amazon.com/images/I/71s02pndh5L. SL1024 .jpg>
- cc) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Klebsiella_oxytoca.jpg
- dd) https://es.wikipedia.org/wiki/Micrococcus_luteus
- ee) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Bacillus_subtilis_Gram.jpg
- ff) [Bioimagen: Micrografía de Aspergillus niger. Autor: Belén \(bioucm.es\)](#)
- gg) <http://bioimagen.bioucm.es/foto/6546>
- hh) <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/18/rhizopus-spp/>
- ii) https://www.paldat.org/pub/Taraxacum_officinale/305331
- jj) [In vitro pollen germination test using 10% sucrose + 100ppm Boric acid. | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)
- kk) https://www.paldat.org/pub/Helianthus_annuus/304619
- ll) https://www.paldat.org/pub/Ambrosia_artemisiifolia/304617
- mm) https://www.paldat.org/pub/Leucanthemum_ircutianum/305078

15. ANEXOS

15.1. Anexo 1: Reactivos

15.1.1. Agar Sabouraud ⁶⁶

15.1.1.1. Uso

Medio utilizado para el aislamiento, identificación y conservación de hongos patógenos y saprófitos. También es útil para el cultivo de levaduras.

15.1.1.2. Composición

- Peptona 5 g
- Tripteína 5 g
- Glucosa 40.0 g
- Cloranfenicol 0.05 g
- Agar 15.0 g
- Agua purificada 1000 ml

15.1.1.3. Fundamento

Medio de cultivo recomendado para el aislamiento y desarrollo de hongos, particularmente los asociados con infecciones cutáneas (piel, pelo). En el medio de cultivo, la peptona, la tripteína y la glucosa son los nutrientes para el desarrollo de microorganismos. El alto contenido de glucosa, la presencia de cloranfenicol y el pH ácido, inhiben el desarrollo bacteriano y favorecen el crecimiento de hongos y levaduras. El agar es el agente solidificante. Puede ser suplementado con otros agentes selectivos de crecimiento.

15.1.1.4. Preparación

Colocar los frascos cerrados en baño maría y llevar a ebullición para fundir el medio de cultivo sólido contenido en los mismos. Una vez que se ha fundido el medio de cultivo, retirar cuidadosamente los frascos del baño maría y dejar enfriar. Cuando alcanzan temperatura 45-50 °C, abrirlos y distribuir aproximadamente 15 ml en placas de Petri estériles.

15.1.2. Agar Soya tripticaseína ⁶⁷

15.1.2.1. Uso

Medio utilizado para propósitos generales, favorece el desarrollo y aislamiento de una gran variedad de microorganismos aerobios, y anaerobios facultativos y estrictos. Al ser suplementado con sangre permite el crecimiento de microorganismos exigentes y la clara visualización de reacciones de hemólisis.

15.1.2.2. Composición

- Tripteína 15.0 g

- Peptona de soya 5.0 g
- Cloruro de sodio 5.0 g
- Agar 15.0 g

15.1.2.3. Fundamento

En el medio de cultivo, la tripteína y la peptona de soya aportan nutrientes ricos en péptidos, aminoácidos libres, bases púricas y pirimídicas, minerales y vitaminas. La peptona de soya además es fuente de hidratos de carbono que estimulan el crecimiento de diversos microorganismos. El cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es el agente solidificante. Puede ser utilizado como base a la cual se suplementa con nutrientes o con antimicrobianos, lográndose un medio enriquecido o selectivo de acuerdo al aditivo. El agregado de 5-10 % sangre ovina desfibrinada estéril (Britasheep) promueve el desarrollo de bacterias exigentes en sus requerimientos nutricionales y la adecuada observación de las reacciones de hemólisis. El agregado de extracto de levadura en concentración 0,6 % favorece el crecimiento de especies de *Listeria spp.* Es un medio adecuado para cultivar y mantener cepas de *Aeromonas spp.*, y aumentando el porcentaje de cloruro de sodio, para mantener cepas de *Vibrio spp.* (excepto *V. cholerae*).

15.1.2.4. Preparación

Disolver 40 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Mezclar y dejar reposar 5 minutos. Calentar agitando suavemente y hervir durante 1 o 2 minutos hasta su disolución total. Distribuir en recipientes apropiados y esterilizar en autoclave a 118-121 °C durante 15 minutos. Preparación de Agar Sangre: agregar 5-10 % de sangre ovina desfibrinada estéril (Britasheep) al medio esterilizado, fundido y enfriado a 45-50 °C. Homogeneizar y distribuir en placas de Petri estériles.

15.1.3. Agar Lisina Hierro ⁶⁹

15.1.3.1. Uso

Es un medio de diferenciación para su uso en la identificación de bacilos entéricos basados en su capacidad de descarboxilación o desaminación de lisina y la formación de ácido sulfhídrico.

15.1.3.2. Composición

- Digerido pancreático de gelatina 5.0 g
- Extracto de levadura 3.0 g
- Dextrosa 1.0 g
- L-Lisina 10.0 g
- Citrato férrico de amonio 0.5 g
- Tiosulfato sódico 0.04 g
- Púrpura de bromocresol 0.02 g
- Agar 13.5 g

15.1.3.3. Fundamento

La dextrosa es la fuente de carbohidratos. El púrpura de bromocresol actúa como indicador de pH siendo amarillo en pH ácidos y morados en pH neutro y básicos. El citrato y el tiosulfato tienen la función de indicadores de la formación de ácido sulfhídrico, mientras que la lisina es el sustrato que se usa para la detección de enzimas.

Los cultivos de bacilos entéricos producen ácido sulfhídrico causando oscurecimiento del medio debido a la producción de sulfuro férrico. Los organismos que producen descarboxilación de lisina producen una reacción alcalina tornando el medio a un color morado mientras que aquellos que desaminan la lisina causan tornan el medio a un color rojo.

15.1.3.4. Preparación

Suspender 35 g de polvo en 1 litro de agua purificada. Reposar 5 minutos. Calentar agitando con frecuencia y hervir durante un minuto hasta la disolución completa. Distribuir en tubos y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Enfriar y dejar solidificar en posición inclinada (pico de flauta profundo)

15.1.4. Agar Triple Azúcar Hierro ⁷⁰

15.1.4.1. Uso

Medio universalmente empleado para la diferenciación de enterobacterias, en base a la fermentación de los hidratos de carbono glucosa, lactosa y sacarosa y a la producción de ácido sulfhídrico.

15.1.4.2. Composición

- Extracto de carne 3 g
- Pluripeptona 20 g
- Cloruro de sodio 5 g
- Lactosa 10 g
- Sacarosa 10 g
- Glucosa 1 g
- Sulfato de hierro y amonio 0.2 g
- Tiosulfato de sodio 0.2 g
- Rojo de fenol 0.025 g
- Agar 13 g

15.1.4.3. Fundamento

En el medio de cultivo, el extracto de carne y la pluripeptona, aportan los nutrientes adecuados para el desarrollo bacteriano. La lactosa, sacarosa y glucosa son los hidratos de carbono fermentables. El tiosulfato de sodio es el sustrato necesario para la producción de ácido sulfhídrico, el sulfato de hierro y amonio, es la fuente de iones Fe^{3+} , los cuales se combinan con el ácido sulfhídrico y producen sulfuro de hierro, de color negro. El rojo de

fenol es el indicador de pH, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico. El agar es el agente solidificante. Por fermentación de azúcares, se producen ácidos, que se detectan por medio del indicador rojo de fenol, el cual vira al color amarillo en medio ácido. El tiosulfato de sodio se reduce a sulfuro de hidrógeno que reacciona luego con una sal de hierro proporcionando el típico sulfuro de hierro de color negro.

15.1.4.4. Preparación

Suspender 62,5 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Dejar reposar 5 minutos. Mezclar bien, calentar con agitación frecuente y hervir 1 o 2 minutos hasta disolución total. Distribuir en tubos, llenándolos con un volumen que ocupe hasta la tercera parte de los mismos. Esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos. Enfriar y dejar solidificar el agar en pico de flauta profundo.

15.1.5. Agar Citrato de Simmons ⁷¹

15.1.5.1. Uso

Medio utilizado para la diferenciación de enterobacterias en base a la capacidad de usar citrato como única fuente de carbono y energía.

15.1.5.2. Composición

- Citrato de sodio 2.0 g
- Cloruro de sodio 5.0 g
- Fosfato dipotásico 1.0 g
- Fosfato monoamónico 1.0 g
- Sulfato de magnesio 0.2 g
- Azul de bromotimol 0.08 g
- Agar 15.0 g

15.1.3.3. Fundamento

El fosfato monoamónico es la única fuente de nitrógeno y el citrato de sodio es la única fuente de carbono. Ambos componentes son necesarios para el desarrollo bacteriano. Las sales de fosfato forman un sistema buffer, el magnesio es cofactor enzimático. El cloruro de sodio mantiene el balance osmótico, el azul de bromotimol es el indicador de pH, que vira al color azul en medio alcalino y el agar es el agente solidificante. El medio de cultivo es diferencial en base a que los microorganismos capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono usan sales de amonio como única fuente de nitrógeno, con la consiguiente producción de alcalinidad.

El metabolismo del citrato se realiza, en aquellas bacterias poseedoras de citrato permeasa, a través del ciclo del ácido tricarbóxico. El desdoblamiento del citrato genera progresivamente, oxalacetato y piruvato. Este último, en presencia de un medio alcalino, da origen a ácidos orgánicos que, al ser utilizados como fuente de carbono, producen carbonatos

y bicarbonatos alcalinos. El medio entonces vira al azul indicando la producción de la enzima citrato permeasa

15.1.3.4. Preparación

Suspender 24.2 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Dejar reposar 5 minutos. Calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición durante 1 o 2 minutos para disolución total. Distribuir en tubos y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Enfriar y solidificar en posición inclinada (pico de flauta).

15.1.6. Reactivo de Kovac ⁷²

15.1.6.1. Uso

Reactivo para detección de la producción de indol por enterobacterias que tienen la enzima triptofanasa, en medios teniendo triptofano.

15.1.6.2. Composición

- Alcohol isoamílico 750.0 mL
- Paradimetilaminobenzaldeído 50.0 g
- Ácido clorhídrico 37% 250.0 mL

15.1.6.3. Fundamento

Determina la habilidad de los microorganismos de romper el aminoácido triptófano mediante la enzima triptofanasa dando lugar a la formación del indol. Esta prueba se basa en la formación de un colorante rojo oscuro cuando el indol reacciona con el paradimetilaminobenzaldeído. Una reacción positiva se distingue por la aparición de un color rojo rosado en la parte superior del tubo. Las reacciones negativas permanecen incoloras o ligeramente amarillas.

15.1.7. Tinción de Gram ⁸⁰

15.1.7.1. Uso

Tinción diferencial para detección de bacterias de acuerdo con el tipo de pared celular que presenten.

15.1.7.2. Componentes

- Agua destilada
- Cristal violeta
- Lugol
- Decolorante (Etanol, metanol o mezcla etanol-acetona 1:1)
- Safranina

15.1.7.3. Fundamento

Clasifica las bacterias de acuerdo con el tipo de pared celular que posean en Grampositivas y Gramnegativas. Esta tinción se basa en la coloración de la bacteria en un color violeta (Grampositivo) cuando el complejo Lugol-Cristal violeta no logra salir de la envoltura celular o rosa (Gramnegativo) cuando el complejo es extraído por el alcohol y la safranina actúa como colorante de contraste dándole su tonalidad.