

**Evaluación de Bioaerosoles Bacterianos Resistentes a Antibióticos Presentes en una
Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal**

Mariden del Carmen Imitola Yepes y

Daniela Carolina Vizcaíno Guerra



Universidad de la Costa

Departamento Civil y Ambiental

Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

16 de septiembre de 2021

Evaluación de Bioaerosoles Bacterianos Resistentes a Antibióticos Presentes en una

Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal

título de Ingeniero Ambiental

Mariden del Carmen Imitola Yépez

Daniela Carolina Vizcaíno Guerra

Tutora de trabajo de grado:

Andrea Moreno Ríos

Cotutora:

Wendy Morgado Gamero

Asesor en investigación:

Martha Mendoza

Universidad de la Costa

Departamento de Civil y Ambiental

Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

16 de septiembre de 2021

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, 16 de septiembre de 2021

Dedicatoria

“Nuestra mayor debilidad reside en rendirnos. La forma más segura de tener éxito es intentarlo una vez más. Thomas A. Edison”

A mi abuelo, Juan de la Cruz Imitola Villanueva (QEPD): por recordarme siempre cuán difícil es el camino al éxito, que jamás puedo darme por vencida y seguir así no tenga fuerzas. Que en cada esfuerzo es un paso más cerca para la verdadera felicidad y realizar cada uno de mis sueños; por enseñarme a afrontar cada obstáculo de la vida con una sonrisa y así entender que serían el miedo y la inseguridad los que escaparían de mí, por ser siempre esa fábrica de ánimo cuando más lo necesité y por nunca juzgar quien era.

“No me he ido del todo”

Mariden del Carmen Imitola Y.

Dedicatoria

*A **Mi Madre**, A Belquis Judith Guerra Zabaleta (QEPD) por el gran amor y la devoción que tuviste conmigo, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre nos diste, por esa fortaleza que te caracterizaba para siempre salir adelante independientemente de los obstáculos, por haberme formado como una mujer correcta y por ser la mujer que me dio la vida... No hay palabras en este mundo para agradecerte, mamá.*

*A **mi padre**, José Rafael Vizcaino Navarro, por tu valor y coraje que has tenido para levantarte ante cualquier adversidad, por las enseñanzas que me has dado y por darme ánimos siempre diciéndome lo orgulloso que estas de mí, por esa sonrisa que te caracteriza y por apoyarme durante todo este proyecto, muchas gracias, papá*

*A **Mis Hermanos**, Steffany Vizcaino Guerra y Jose Vizcaino Guerra, que son la luz de mis ojos y mi motor para seguir adelante.*

*A **Mi Pareja y Mejor Amigo**, Andrés De La Cruz, por tu ayuda y acompañamiento incondicional y por siempre motivarme a lograr las metas que me propongo, muchas gracias.*

*A **Mi Compañera y Amiga**, Mariden Imitola, por el apoyo y la paciencia que tuvo durante este largo proceso.*

*A **Mis Tutoras**, por su acompañamiento, asesoría, consejos y su disposición durante proceso de formación y a todos aquellos docentes que compartieron sus conocimientos conmigo y contribuyeron en mi formación académica y profesional, muchas gracias.*

Daniela Vizcaino G

Agradecimientos

A Dios: Por ser el creador de todo y darme la sabiduría y las capacidades para aprender.

A mis padres: Por confiar y ayudarme a cumplir mis sueños.

A mis hermanas: Por su apoyo incondicional, y por la paciencia.

A mis tutoras: Por acompañarme a llevar a cabo esta investigación.

A mi amiga y compañera: Daniela vizcaíno, por no abandonarme en este camino y animarme a seguir cuando quise rendirme.

A Marta Hernández y Erica Arbeláez: Por ayudarnos a resolver las dudas presentadas en este camino.

A todos infinitas GRACIAS.

*Mariden del Carmen Imitola Y.
Daniela Vizcaino G.*

Resumen

Los bioaerosoles bacterianos se aglomeran y transportan en partículas microscópicas respirables con mayor facilidad en comparación con otros microorganismos, esto se debe a que las corrientes de aire ayudan a su proliferación puesto que tienen mayor tiempo de resistencia en el aire. Dependiendo del grado de penetración en el sistema respiratorio y la especie puede generar mayores efectos nocivos en la salud pasando a ser inofensivas o mortales en las personas, acorde al tipo de bacterias que estén presentes. En esta investigación se evaluó la composición y concentración de las bacterias en una unidad de cuidados intensivos neonatal (UCIN) de la ciudad de Barranquilla, ubicada en un centro de atención médica de alta complejidad. Para tal fin, se realizaron tres campañas de toma de muestras en dos horarios (antes y después de las jornadas de aseo) y cinco puntos de muestreo, acorde con la extensión de la UCIN. Las muestras fueron recolectadas usando un impactador de cascada Andersen Thermo Scientific de seis etapas haciendo replicas duales cada cinco minutos. Seguidamente, se realizó la identificación y resistencia a los antibióticos de las familias de bacterias presentes con el equipo automatizado BD Phoenix™100. Las mayores concentraciones de bacterias se presentaron en las etapas 6,5 y 4 del impactador, asociadas con partículas de menor tamaño que pueden llegar a las secciones más profundas del sistema respiratorio. Las bacterias encontradas se resumen a ocho familias *Bacillus subtilis*, *Streptococcus gordonii*, *Staphylococcus aerous*, *Eikenella corrodens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella dysenteriae*, *Bacillus Cereus*, *Eikenella Corrodens*. Estas familias salieron resistentes a la ampicilina, a la ceftarolina, a la gentamicina, entre otros antibióticos, los resultados obtenidos servirán de insumo al personal de salud de la clínica, para la detección de patologías asociadas a estos microorganismos que podrían influir en el desarrollo de infecciones intrahospitalarias al personal laboral de la UCIN.

Palabras clave: bioaerosoles bacterianos, resistencia a los antibióticos, identificación bacteriana, infecciones intrahospitalarias

Abstract

Bacterial bioaerosols agglomerate and transport into respirable microscopic particles more easily compared to other microorganisms. This is because air currents help their proliferation since they have a longer resistance time in the air, depending on the degree of penetration into the respiratory system and the species can generate greater harmful effects on health becoming harmless or deadly in people, depending on the type of bacterial bioaerosols transported. This research evaluated the composition and concentration of bacterial bioaerosols in a neonatal intensive care unit (NICU) in the city of Barranquilla, located in a highly complex medical care center. To this end, three sampling campaigns were carried out at two times (before and after the cleaning days) and five sampling points, according to the extension of the NICU. Samples were collected using a Six-stage Andersen Thermo Scientific waterfall impactor doing dual replicas every five minutes. Next, the identification and antibiotic resistance of the families of bacteria present was performed with the automated equipment BD Phoenix™ 100. The highest concentrations of bacterial bioaerosols were presented in stages 5,6 and 4 of the impactor, associated with smaller particles that can reach deeper sections of the respiratory system. The bacteria found are summarized to eight large families *Bacillus subtilis*, *Streptococcus gordonii*, *Staphylococcus aerous*, *Eikenella Corrodens*, *Pseudomonas aerugionsa*, *Shigella dysenteriae*, *Bacillus Cereus*, *Eikenella Corrodens*. These families came out resistant to ampicillin, ceftarolin, gentamicin, among other antibiotics. The results obtained will serve as input to the health staff of the clinic, for the detection of pathologies associated with these microorganisms that could influence the development of nosocomial infections to the Labor staff of the NICU.

Key words: Aerobacteria, cascade impactor, bacterial identification, nosocomial infections

Contenido

Lista de Figuras.....	12
Introducción.....	18
Planteamiento del problema.....	21
Justificación.....	24
Objetivos.....	27
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos.....	27
Estado del arte.....	28
Antecedentes.....	28
<i>Asia</i>	28
<i>Europa</i>	28
<i>América Latina</i>	30
<i>Colombia</i>	31
Marco teórico.....	34
<i>Resistencia de las bacterias a los antibióticos</i>	34
<i>Infecciones intrahospitalarias</i>	34
<i>Bioaerosoles</i>	35
<i>Efectos en la salud por exposición a bioaerosoles bacterianos</i>	38
<i>Unidades de cuidados intensivos</i>	38
<i>Principales bacterias y causas encontradas en UCI</i>	40
<i>Comportamiento de bioaerosoles en la UCI neonatal</i>	42
<i>Método para el análisis de riesgo</i>	43
<i>Metodologías experimentales para el muestreo de bioaerosoles bacterianos</i>	44
- Sedimentación.....	44
- Impactación.....	45
- Centrifugación.....	46
- Borboteo.....	46
Metodología.....	47
Área de estudio.....	47
Muestreo.....	49
Cuantificación e identificación de bioaerosoles bacterianos.....	51
Metodología de riesgo.....	52
Tratamiento de resultados obtenidos.....	53

EVALUACIÓN DE BIOAEROSOLES BACTERIANOS RESISTENTES	11
Resultados y discusión.....	55
Conteo e identificación de bioaerosoles bacterianos.....	55
Concentración de bioaerosoles bacterianos.....	57
Bioaerosoles bacterianos y su resistencia a los antibióticos.....	67
Gestión gradual de riesgo laboral por la exposición de bioaerosoles bacterianos.....	71
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	76
Referencias.....	78
ANEXOS.....	94

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1. Bacterias y causas. Autores.....	41
Tabla 2. Identificación de las bioaerosoles bacterianos encontradas.....	47
Tabla 3. regresiones logísticas, y pruebas de verosimilitud.....	68
Tabla 4. Matriz de análisis. (l’Institut de recherche Robert-Sauvé en santéet en sécurité du travail, 2018)	71
Tabla 5. comportamiento de los bioaerosoles bacterianos en cada campaña. Autores.....	94
Tabla 6. Bacterias identificadas en cada jornada de las campañas. Autores.....	95

Figuras

Figura 1. Alojamiento de los bioaerosoles en la cavidad nasal (a) partículas retenidas en las primeras fases del sistema respiratorio. (b) microorganismos suspendidos en la atmósfera (Ngweme, Laffite, Otamonga, Mulaji, & Poté, 2014)	36
Figura 2. Mapa de la ciudad y ubicación del lugar de estudio.....	47
Figura 3. Distribución espacial del área de estudio.....	48
Figura 4. impactador de cascada marca Thermo Fisher.....	49
Figura 5. Etapas del impactador.....	50
Figura 6. Preparación de cajas de Petri previa al monitoreo.....	51
Figura 7. Conteo de concentraciones de familias en cada jornada y cada campaña.....	54
Figura 8. Tinción de Gram de cultivo de 48 h de Eikenella corrodens (Foto: gentileza de Benjamín Rivera, Laboratorio MTU 2012).	55
Figura 9. Porcentajes de bacterias encontradas en las tres campañas de monitoreo.....	57
Figura 10. Concentraciones en porcentajes de bacterias sedimentadas por campaña.....	60
Figura 11. Crecimiento de bioaerosoles bacterianos Vs Etapas del impactador.....	61
Figura 12. Comportamiento de bacterias en las jornadas de monitoreo.....	65
Figura 13. Bacillus cereus identificación microscópica.....	66
Figura 14. Aparición de resistencia de los antibióticos para los diferentes microorganismos	69
Figura 15. Comportamiento de concentraciones por jornadas en cada campaña.....	96
Figura 16. Especies de bioaerosoles bacterianos encontradas en cada campaña.....	97
Figura 17. Preparación de medio de cultivo para monitoreos.....	98
Figura 18. Cajas de preti para monitoreo.....	98
Figura 19. Equipos y materiales para monitoreo.....	99

Figura 20. Identificación macroscópica de las muestras.....	100
Figura 21. Identificación microscópica de las muestras.....	100
Figura 22. Identificación macroscópica.....	101
Figura 23. Identificación macroscópica de las muestras encontradas en la UCIN.....	101
Figura 24. Identificación macroscópica.....	102
Figura 25. Identificación macroscópica.....	102
Figura 26. Identificación de las muestras.....	103
Figura 27. Rotulado de las muestras.....	103
Figura 28. Identificación macroscópica de las muestras.....	104
Figura 29. Aparición de la resistencia bacteriana para la ampicilina.....	104
Figura 30. Aparición de la resistencia bacteriana para la cefoxitina.....	105
Figura 31. Aparición de la resistencia bacteriana para la ceftarolina.....	105
Figura 32. Aparición de la resistencia bacteriana para la penicilina g.....	106
Figura 33. Aparición de la resistencia bacteriana para la gentamicina.....	107
Figura 34. Aparición de la resistencia bacteriana para la amikacina.....	107

Lista de anexos

Anexo A. Tablas de complemento.....	94
Anexo B. Registro fotográfico del desarrollo experimental.....	98

Glosario

Agar: Sustancia mucilaginosa que se extrae de algunas algas, utilizada como medio de cultivo, en farmacia, en bacteriología y en ciertas industrias. (RAE, 2021) (Clínica Universidad de Navarra, 2017)

Agente Biológico: Son seres vivos, con un determinado ciclo de vida que, al penetrar en el ser humano, ocasionan infecciones de tipo infeccioso o parasitario. (García, y otros, 2001)

Bronquiolos terminales. Bronquiolos terminales Es una división de los bronquios, son los conductos cuyos diámetros son de 0,5mm o menos. (RAE, Real academia española, 2021) (Hassoun Kheir, y otros, 2020).

Colonias: Agrupación de bacterias/hongos formada a partir de la reproducción de una Unidad Formadora de Colonia (UFC) sobre un medio sólido, y su tamaño dependerá para ser visto a simple vista. (Bonilla, Mónica; Pajares, Pajares; Viguera, Juan Gabriel; Sigala, Juan Carlos; Le Borgne, Sylvie, 2016)

Campañas: Conjunto de actividades o de trabajos que se realizan en un período de tiempo determinado y están encaminados a lograr un fin. (Morgado W., 2017)

Contaminantes: Son aquellos elementos, sustancias ya sean en medio sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas. (secretaría distrital de ambiente, 2015)

Exposición: frecuencia con la que las personas o la estructura entran en contacto con los factores de riesgo. Para calcularla se puede considerar el tiempo promedio diario en horas de exposición o el tiempo semanal acumulado. (Amaya, Alberto, 2019)

Exposición Laboral: Llamamos exposición a la medida conjunta de la intensidad de ese contacto y su duración. Así, por ejemplo, para el caso de un agente químico por vía inhalatoria, la exposición vendrá dada por el producto de la concentración del agente en la zona de respiración del trabajador y el tiempo que dura. De modo análogo a lo que antes se establecía para el riesgo, sólo podrá concluirse la ausencia de exposición para un determinado sujeto cuando no exista contacto entre él y el agente. (INSHT, 2014)

Factor de riesgo biológico: Conjunto de microorganismos, toxinas, secreciones biológicas, tejidos y órganos corporales humanos y animales, presentes en determinados ambientes laborales, que al entrar en contacto con el organismo pueden desencadenar infecciones infectocontagiosas, reacciones alérgicas, intoxicaciones o efectos negativos en la salud de los trabajadores. (Díaz, Amalfi, 2018)

Fuente de emisión: actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire, agua y suelo. Infección: invasión y multiplicación de microorganismos en los tejidos corporales, produciendo enfermedad. (Batres, Arturo; Buescher, Stephen; Calvari, Miriam, 2010)

Infección intrahospitalaria: infección adquirida en ambientes intrahospitalarios, transmitida de persona a persona. (Blanco & Macedo, 2012)

Inmunosupresión: estado de un organismo en el cual la formación de anticuerpos se ve dificultada y se disminuye la capacidad de reacción frente a ciertas infecciones. (Bush, 2003)

Impactador de cascada: Equipo empleado para la medición de la concentración y distribución de tamaños de partículas en el aire, el cual simula el aparato respiratorio recolectando las partículas más respirables por el ser humano. (Hernández & López, 2017)

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (INSHT, 2014)

IRA (Infecciones Respiratorias Agudas): Se entiende por infección respiratoria aguda (IRA) una enfermedad o trastorno de las vías respiratorias, de comienzo repentino, producido por un microorganismo patógeno. En muchas partes del mundo en desarrollo, las IRA se han convertido en la principal causa de defunción de los niños menores de cinco años y, especialmente, de los menores de un año, la gran mayoría de las defunciones por IRA se pueden evitar. (Clínica universidad de navarra, 2017)

Medidas Preventivas: Acciones que se toman para prevenir posibles problemas y evitar su probable aparición. (Hassan, 2015)

Medio de cultivo: solución acuosa que se solidifica y contiene diversos nutrientes para facilitar el crecimiento de diversos microorganismos y por modificaciones en su composición inhibir algunos de ellos. (Castillo Ruiz, Petoyme Aguilera, & García Escoga, 2019)

Microorganismos: organismo que a simple vista no es visible y se requiere de un microscópico para su observación. Están conformadas por una célula o grupo de células. (Iolanda, 2015)

Monitoreo: Proceso que consiste en una serie de actividades que apuntan a medir el cambio en los recursos de manera consistente. (INSHT, 2014)

Nivel de Riesgo: Valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio. (Lanza, 2018)

Peligro: es la inminencia de sufrir un accidente o una enfermedad. Se diferencia del riesgo de manera conceptual, por lo que no deben confundirse los dos términos. (Heredia Álvarez, 2005)

Riesgo Laboral: Son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Así, entre los riesgos laborales están las infecciones profesionales y los accidentes laborales. (MINSALUD, 2015)

UFC (Unidades formadoras de Colonias): significa que puede ser que un solo microorganismo o un grupo de los mismos especificado por género o especie. Aplica para microorganismos hongos y bacterias. (Jiang, Shi-dongWang, Fengb, & Zhang, 2013)

Unidad de Cuidados Intensivos (UCI): es una instalación especial dentro de nuestra área hospitalaria que proporciona soporte vital a los pacientes que están críticamente enfermos, quienes por lo general requieren supervisión y monitoreo intensivo por medicina de alta complejidad. (Pete, 2014)

La contaminación del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y el ambiente. La exposición al aire contaminado puede generar o agravar afecciones respiratorias, cardíacas y ser especialmente dañina para personas con enfermedades pulmonares o cardíacas crónicas, embarazadas, adultos mayores y niños. Los problemas de salud causados por la contaminación pueden verse influidos por factores tales como: magnitud, alcance y duración de la exposición, edad y susceptibilidad de cada persona, entre otros. (Khalil, 2017) (Majumdar, 2012)

La calidad de aire en ambientes interiores ha tomado gran interés en los últimos años, debido a que es en estos espacios donde las personas pasan entre el 58 y 90% de su tiempo exponiéndose a diferentes grados de contaminación (Higuero, tomas. Silvestre, Elizabet, 2016) (Breza Boruta, 2016).

Generalmente, el termino aire interior hace referencia a ambientes no industriales: edificios residenciales, de oficinas y edificios públicos como hospitales, colegios, restaurantes, etc. (Becerra, 2015) (Bacera, marcos. Fiestas, Solorzano. Tantalean, Vincent., 2019).

Dentro de los contaminantes presentes en ambientes interiores se incluyen los procedentes de la contaminación atmosférica exterior y los liberados dentro de los edificios. (Estañ-Capella, Javier; Alarcón-Torresa, Beatriz; Bermúdezc, José Domingo, 2017). Se estima que el aire interior está entre 2 y 5 veces más contaminado que el aire exterior, contrariamente a lo que se piensa, la EPA (Environmental Protection Agency). Así mismo, las personas sufren el 72% de la exposición a los contaminantes químicos cuando están en espacios interiores. (Foundation, European Lung, 2015).

Entre los que se incluye una amplia variedad de microorganismos como las bacterias y los hongos, que se pueden encontrar suspendidos en el aire y moverse como Bioaerosoles (Abreu-y Abreu, 2021). Los bioaerosoles típicamente pueden causar dificultad respiratoria, infección microbiana, reacciones alérgicas, sensibilización respiratoria y posibles reacciones toxicológicas (Zhenqiang, 2011).

Específicamente en los centros de atención médica, los bioaerosoles son de gran preocupación, ya que contribuyen con muchas infecciones intrahospitalarias adquiridas durante la estancia en un centro de atención médica en el momento del ingreso del paciente. (Valls Martínez, 2017).

Estas infecciones se dan principalmente por microorganismos resistentes a los antibióticos que pueden estar presentes tanto dentro como fuera de los centros de atención médica (Chen, 2019).

Además de lo anterior, algunos microorganismos patógenos u oportunistas transportados por el aire en los hospitales promueven deterioro de condiciones de salud clínica preexistentes en los pacientes, así como a efectos negativos para la salud en personas con deficiencia en el sistema inmunitario (Maldonado-Vega, 2014). Dentro de este último grupo se encuentran los neonatos, cuyo sistema inmunológico aún se encuentra en crecimiento y formación.

Por lo anterior, es importante determinar la composición y concentración de las bacterias aerotransportadas presentes en el entorno hospitalario, para que de este modo se puedan encontrar las posibles fuentes que generan estos agentes patógenos (Guimaraes, 2014).

Unas de las principales zonas de un hospital donde se debe evitar la presencia de cualquier microorganismo patógeno, es la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), debido a que ahí se encuentran los pacientes con un pronóstico reservado, y que son

propensos a contraer infecciones producto de bacterias originarias de cualquier fuente (Jenkins, 2015).

En ese orden de ideas, este trabajo tiene por objetivo principal, la evaluación de la concentración y composición de los bioaerosoles bacterianos presentes en una unidad de cuidados intensivos neonatal en una clínica de Barranquilla y su resistencia a los antibióticos. Lo anterior, teniendo en cuenta la problemática de los riesgos que puede causar la exposición a los bioaerosoles bacterianos en los trabajadores de la unidad de cuidado intensivos neonatal en centros de atención médica. (Iolanda, 2015). Por último, es importante mencionar que este estudio se encuentra enmarcado en la línea de investigación Gestión y Sostenibilidad Ambiental de la Universidad de la costa y hace parte del Grupo de Investigación en Aerobiología y Microbiología Ambiental GIAMA, así como del grupo Gestión y Sostenibilidad Ambiental GESSA.

Planteamiento del problema

Los hospitales son centros en los que se originan diferentes tipos de infecciones por la exposición a contaminación microbiológica presente dentro de sus instalaciones (Archibole, 2015). Entre los factores que agudizan este problema se encuentran las variaciones en el grado de patogenicidad y en la resistencia, proveniente del uso indiscriminado de antibióticos (Fontaine, 2021). Al punto que, mientras la atención hospitalaria refleja el progreso de las ciencias médicas, paradójicamente se ha dado un incremento de estas infecciones conocidas como infecciones intrahospitalarias (IIH), que son reconocidas como un problema de salud pública (Morgado-Gamero, 2019)

Las Infecciones intrahospitalarias (IIH) son infecciones contraídas por un paciente durante su tratamiento en un hospital u otro centro sanitario y que dicho paciente no tenía ni estaba incubando en el momento de su ingreso (Hassan, 2015). Estas infecciones se encuentran entre las principales causas de morbilidad en los pacientes hospitalizados y pueden afectar a pacientes en cualquier tipo de entorno en el que reciban atención sanitaria. Así mismo, pueden aparecer también después de que el paciente reciba el alta (Simon, 2016). Según los datos, se calcula que cada año cientos de millones de pacientes de todo el mundo se ven afectados por IIH (OMS, 2015).

Una encuesta de prevalencia realizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005) en 55 hospitales de 14 países mostró que un promedio de 8,7% de los pacientes hospitalizados presentaba IIH. Cada día estas infecciones causan la prolongación de las estancias hospitalarias, discapacidad a largo plazo y una mayor resistencia de los microorganismos a los antimicrobianos. Además de enormes costos adicionales para los sistemas de salud, elevados costos para los pacientes y sus familias, y muertes innecesarias (Cristian Díaz-Vélez, 2016).

La presencia de bacterias en el aire de las unidades médicas reviste gran importancia, puesto que el aire se puede convertir en una ruta rápida de transmisión entre potenciales fuentes y hospederos presentes en la unidad, tales como pacientes, personal médico, equipos, entre otros (Andrés, 2015). Lo que denota mayor relevancia en las unidades de asistencia enfocadas en atender a pacientes con enfermedades crónicas como cáncer, pacientes inmunodeprimidos, pacientes con trasplante, neonatos con complicaciones de salud, entre otros, que requieren una intervención masiva para su tratamiento como son salas de cirugía y unidades de cuidados intensivos (UCI) (Andrés Vélez-Pereira, 2016) (Ugalde Trejo, 2020).

Los recién nacidos, lactantes y niños en estado crítico comúnmente son atendidos en unidades de cuidados intensivos neonatales (UCIN). Estos pacientes son considerados vulnerables y susceptibles a adquirir IIH debido a que su capacidad pulmonar es menor en comparación a la de los adultos y por tal razón están más expuestos a contraer infecciones relacionadas a la contaminación del aire por microorganismo (Frank Wenceslao Castro López, 2017) (Rodríguez Eguizabal, 2021).

Por otra parte, la aplicación no controlada de antibióticos de amplio espectro en los pacientes que se encuentran en las UCI, por el desconocimiento inmediato del lugar de la infección, el agente infeccioso y su respuesta a un grupo de antibióticos, favorecen el desarrollo de resistencia bacteriana y predisponen a infecciones por patógenos oportunistas (Valdés, Scielo, 2017). En el caso particular de las UCI, los estudios de este tipo permiten, de manera conjunta con la sintomatología del paciente, identificar el posible agente causante de la infección intrahospitalaria con un mayor grado de precisión, para agilizar la aplicación de un adecuado tratamiento que reduzca el tiempo de hospitalización y la

aparición de la resistencia y aumente las probabilidades de una respuesta favorable al tratamiento médico aplicado (Cortés, 2019)

Por lo anterior, se hace imprescindible la identificación de las diferentes bacterias patógenas presentes en el aire de las UCI neonatales para generar mecanismos que permitan controlar o disminuir la presencia de estos. De esta manera, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué bioaerosoles bacterianos están presentes en una unidad de cuidados intensivos neonatal en una clínica de Barranquilla y cuál es su resistencia a antibióticos?

Justificación

La contaminación del aire se evalúa bajo parámetros convencionales identificados como contaminantes criterio: partículas, gases, metales y contaminantes secundarios formados en el aire. Si bien las bacterias no son catalogadas como contaminantes criterio, es importante su evaluación puesto que están presentes en ambientes interiores como las UCI y pueden ser fuente de infecciones intrahospitalarias tanto para pacientes, como para el personal de salud.

La contaminación del aire al interior de hospitales y centros de salud constituye un problema de salud pública, a esta se atribuyen infecciones intrahospitalarias generadas a partir de bacterias y partículas patógenas capaces de dispersarse por el aire, entre ellas muchos tipos de bioaerosoles (Hassoun Kheir, 2020). De esta manera, cuando una clínica o un hospital posee una calidad del aire pobre, puede ser el comienzo del síndrome del hospital enfermo, provocando patologías intrahospitalarias y enfermedades ocupacionales que pueden afectar al personal laboral y a los pacientes de estos centros de atención médica (Abou-Kandil, 2107)

Lo más preocupante de las infecciones intrahospitalarias, es que su propagación es a través del aire afectando a personas inmunodeprimidas, las cuales son frecuentes en los centros de atención médica, los brotes de infección al año causan un número importante de casos de morbimortalidad (Ali Alharbi, 2014). Se ha encontrado que los niños suelen ser los más vulnerables por su poca capacidad de combatir infecciones por sí mismos, siendo así factores de población en riesgo, por tal razón se escogió una unidad de cuidados intensivos neonatal (UCIN) para este estudio.

Se han realizado pruebas de control de la atmósfera interna en la unidad de cuidados intensivos neonatales, donde el personal médico y los pacientes están expuestos a varios tipos de bioaerosoles bacterianos todos los días. Estas pruebas determinan efectivamente la calidad del aire en la UCI. (Yuan, 2015) (Bing Yuan. Zhangb Yun-Hui. Leungc, 2018).

Normalmente para las campañas de monitoreo de calidad del aire, se deben seleccionar puntos estratégicos donde se concentre la mayoría de los agentes patógenos. Principalmente áreas con humedad alta y temperaturas cálidas, que son las condiciones ideales para la proliferación de microorganismos (Accini Mendoza, 2020). También se debe tener en cuenta que los monitoreos sean periódicos y en los mismos puntos seleccionados como puntos clave. (Zaragoza, 2014) (Morgado-Gamero, 2019) (Medina, Jhorman; De la hoz, Stephanie, 2018).

Algunas bacterias pueden causar enfermedades, la mayoría son beneficiosas para los seres vivos, pero muchas son dañinas. Hay millones de bacterias en el cuerpo humano, por ejemplo, en los intestinos o en la piel. La cantidad de bacterias es inimaginable, aunque en algunos casos pueden enfermarnos o producir complicaciones de salud, pero en la mayoría de los casos son las encargadas de mantener el equilibrio de nuestro organismo (Takeaki, 2018).

Unas condiciones adecuadas en la calidad del aire de cualquier centro hospitalario garantizan una gran reducción de las infecciones intrahospitalarias, infecciones respiratorias bacterianas e infecciones causadas por diferentes patógenos (Geehan, 2016). El en presente trabajo se justifica la necesidad de establecer medidas de prevención, mitigación y control orientadas a reducir el riesgo por exposición a Aero bacterias resistentes a antibióticos del personal asistencial y medico de las UCIN (INSHT, 2014).

Los resultados de esta investigación ayudarán a los centros médicos de alta complejidad para que el personal no pueda transmitir enfermedades infecciosas a sus familias y comunidades, mejorando así sus servicios y atención. Este estudio

pertenece a la línea de investigación Gestión y Sostenibilidad Ambiental de la Universidad de la costa y hace parte del Grupo de Investigación en Aerobiología y Microbiología Ambiental GIAMA, así como del grupo Gestión y Sostenibilidad Ambiental GESSA.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar las bioaerosoles bacterianos presentes en una unidad de cuidados intensivos neonatal en una clínica de Barranquilla.

Objetivos específicos:

- Determinar la concentración y las especies de bioaerosoles bacterianos presentes en el aire de una unidad de cuidados intensivos neonatal en una clínica de Barranquilla.
- Establecer la relación entre la resistencia, susceptibilidad que tienen los bioaerosoles bacterianos con respecto a los antibióticos.
- Analizar la gestión gradual de riesgos, basada en el peligro asociado con los bioaerosoles bacterianos y el nivel de exposición de los trabajadores.

Estado del arte

Antecedentes

Asia

En china se realizó una investigación, donde se estudiaban la resistencia de ciertas bacterias a los antibióticos en el agua. Para eso se seleccionaron y evaluaron nueve ecosistemas acuáticos con respecto a la ocurrencia de los genes de resistencia a los antibióticos (ARG) en el período de 2018 a 2019. Treinta y tres se detectaron tipos y 242 subtipos de ARG en los nueve cuerpos de agua estudiados, con la mayor cantidad de subtipos en Wohushan (242), y la menor cantidad de ARG en Datun (213). Entre los nueve tipos principales de ARG, *mycobacterium avium* (MacB), fue el ARG más dominante en estas muestras. Se distinguieron cuatro grupos de los sitios de estudio mediante análisis de conglomerados, lo que indica diferentes características de distribución de ARG en estos cuerpos de agua y diferencias regionales en la contaminación por ARG. (Hou, Wei; Hu, Fang; Sun, Shaohua; Dong, Xiaotong, 2020)

Europa

En un hospital de Málaga, se analizaron 102 aislamientos microbiológicos: el 50% en infecciones comunitarias, el 36% en asociadas a los cuidados de la salud y el 14% en nosocomiales. *Escherichia coli* fue el germen más frecuentemente aislado (29,4%). La tasa de multiresistencia fue del 28,4%. El análisis univariante mostró que la infección por gérmenes multirresistentes (28,4%) se asoció a infección nosocomial respecto a las asociadas a los cuidados de la salud. Esto causó que la tasa de infecciones por gérmenes multirresistentes en el centro de investigación es comparable con la de otros centros europeos de características similares. Los resultados obtenidos hacen recomendable la adopción de las pautas de tratamiento antibiótico contempladas en las guías de práctica clínica actuales, limitando el uso de carbapenemes a las infecciones nosocomiales y a las asociadas a los

cuidados de salud con otros factores de riesgo de multiresistencia o con signos de gravedad. Un tratamiento empírico adecuado de forma precoz se correlaciona con un mejor pronóstico (Sergio Béjar, 2019).

En Francia (Ciotti, 2021) realizaron una investigación la cual consistió en un estudio que se llevó a cabo utilizando el método de dilución-neutralización, descrito en la norma NF EN 13727 + A2 en diciembre de 2015, y tuvo como objetivo determinar el impacto bactericida de la fórmula comercial destinada a su uso en desinfectantes de manos en condiciones habituales. Las bacterias multirresistentes (MRB) y las bacterias altamente resistentes a los antibióticos emergentes (BHRe) se aíslan cada vez más en los hospitales, pero también en la comunidad en general. Estos gérmenes disminuyen diversos mecanismos de resistencia frente a varias familias de antibióticos, lo que limita las opciones terapéuticas en caso de infección. Hoy en día, los problemas de salud pública implican prevenir la aparición de estas bacterias resistentes mediante un uso razonado de antibióticos para frenar su diseminación siguiendo estrictamente las precauciones estándar y más, y en particular la desinfección de nuestras manos. Los productos hidroalcohólicos (HAP) se introdujeron en la década de 1990. (Marie-He´le`ne, 2012). Han cambiado profundamente los métodos de higiene de manos en términos de eficacia, velocidad y tolerancia de la piel, en comparación con lavarse las manos con un jabón suave o antiséptico. Una muestra de HAP inalterada se diluyó en agua y se preparó para inyección, se añadió una suspensión bacteriana. Los productos se mezclaron en condiciones limpias, es decir en presencia de una sustancia interferente (solución de albúmina bovina, 0,3 g / L) reproduciendo las condiciones más auténticas para el uso normal del producto. (Ciotti, 2021)

En Austria, (Rodríguez García, 2020) se estudiaron todos los pacientes diagnosticados de EI (enfermedades intrahospitalarias) en hospitales de tercer nivel entre enero de 2015 y diciembre de 2018, y su diagnóstico se estableció de acuerdo con los

criterios revisados de Duke. Estos estudios se realizan en muestras microbianas de sangre y / o válvulas cardíacas que se conservan y procesan en servicios de microbiología clínica. Las bacterias fueron aisladas e identificadas por MALDI-TOF MS o fueron detectadas sobre muestra directa mediante amplificación por PCR del gen que codifica el ARN ribosomal 16S y la secuenciación posterior del amplicón generado. En todos los casos en los que se obtuvo crecimiento bacteriano, se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) de la ceftarolina y el ceftobiprole utilizando tiras E-test o el Sistema Microscan. Los resultados fueron interpretados de acuerdo con las directrices del Instituto de Normas Clínicas y de Laboratorio (CLSI). Las bacterias fueron aisladas mediante MALDI-TOF MS o mediante PCR amplificando el gen que codifica el ARN ribosómico 16S y luego secuenciando los amplicones generados para detectar bacterias en muestras directas. En todos los casos en los que se obtenga crecimiento bacteriano, se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) de la ceftarolina y el ceftobiprole utilizando tiras E-test o el Sistema Microscan. Los resultados se interpretan de acuerdo con las directrices del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI).

América Latina

En América latina se han realizado varios estudios con el objetivo de obtener nuevo conocimiento sobre las complicaciones por infecciones nosocomiales causadas por bioaerosoles en ambientes interiores (Batres, Arturo; Buescher, Stephen; Calvari, Miriam, 2010) (Borrego Alonso, Sofía; Perdomo Amistad, Ivette, 2014). Se ha evaluado la presencia de estos en el aire de ambientes hospitalarios como los quirófanos, áreas de cuidados intensivos de adultos y neonatales, entre otros. En una investigación realizada en la ciudad de México en el año 2014, se determinó la concentración y tipo de bioaerosoles en dos centros de atención médica. Principalmente se hallaron bacterias como *Escherichia coli*, *Enterobacter cancerogenus* y *Acinetobacter sp.* (Maldonado-Vega, 2014).

Otro estudio similar fue realizado en Venezuela en el año 2011, en el cual se

evaluaron los bioaerosoles presentes en zonas críticas como los quirófanos de 6 centros de atención médica de la ciudad de Valencia. (Izzeddin A., 2011).

Los bioaerosoles también se han investigado en lugares como museos (Chmiel, 2019), rellenos sanitarios (Sánchez-Manubens, Judith; Antón, Jordi; Iglesias, Estibaliz, 2017), sectores residenciales dentro de las ciudades, entre otros. Esto en específico se mostró en una investigación en Argentina, donde se hallaron diferentes agentes fúngicos y bioaerosoles en un depósito delgado momificado (Chmiel, 2019).

En este estudio utilizaron encuestas y dos métodos de monitoreo: muestreo aerobiológico viable y no viable en el aire exterior del repositorio, en el aire interior dentro del mismo y dentro de 3 gabinetes que contienen restos humanos; y un estudio y cultivo del microbiota asociada a la superficie de materiales con signos evidentes de biodeterioro) (Chmiel, 2019). Estas investigaciones nos demuestran que no es un tema solo para la preocupación de personas que están trabajando en hospitales, sino que también es una preocupación para todos los que laboran en diferentes sectores.

En un estudio realizado en Venezuela por (Izzeddin A., 2011) se encontraron altas concentraciones de microorganismos patógenos como lo son *Staphylococcus spp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus spp.*, *Acinetobacter lowfii*, *Aspergillus nidulans*, *A. terreus* y *Geotrichum candidum* en ambientes críticos como los quirófanos, siendo éstos los ambientes de mayor atención para la investigación, con esto se muestra la atención relativa que se necesita para la calidad de aire.

Colombia

En Colombia se ha optado por investigaciones sobre el tema de bioaerosoles. En un estudio realizado por (Becerra, 2015) en la ciudad de Bogotá el estudio incluyó un método de observación transversal realizado en tres edificios administrativos, mostró la presencia de bioaerosoles. Encontraron la presencia de bioaerosoles como: *Aspergillus sp.*: 77,2 % de las muestras tomadas para el edificio uno, 91 % para el dos y 100 % para el tres; *Penicillium sp.*:

60,8 % de las muestras para el edificio uno, 87,9 % para el edificio dos y 94,7 % para el edificio tres. Otro género encontrado en porcentajes altos en los tres edificios fue el *Cladosporium sp.* Una de las recomendaciones principales de esta investigación fue que los sistemas de ventilación mecánica necesitan un constante mantenimiento y aseo. (Becerra, 2015)

En el departamento del Atlántico, se evaluó el comportamiento de bioaerosoles específicamente hongos realizado por (morgado gamero, 2017), durante un periodo de 12 meses (desde el 24 de abril de 2015, al 29 de abril de 2016); se utilizaron equipos como un impactador de cascada de 6 etapas operado a 28,3 L/min por 5 min con Agar Sabouraud como medio de cultivo. Para registrar las condiciones meteorológicas se utilizó un anemómetro KESTREL 4500. Los aerosoles fúngicos tendieron a concentrarse en mayor medida en las últimas etapas del impactador donde los microorganismos afectan los bronquios, siendo *A. fumigatus*, el taxón de mayor predominancia.

En el corregimiento de Cuatro Bocas - Tubará, Atlántico, se evaluó el comportamiento de bioaerosoles bacterianos por (Carvajal, Claudia Andrea, 2016), este propósito se realizó en ocho (8) campañas de monitoreo durante dos jornadas, matutina y vespertina ubicándose dos (2) estaciones de monitoreo. La concentración máxima de bioaerosoles bacterianos reportadas en la jornada de la mañana se obtuvo en la estación ubicada en la Finca #2 (866,902 UFC/m³) mientras que la menor concentración se registró durante la tarde en la Finca #1 (75,382 UFC/m³). Así mismo, se observó durante las diferentes campañas realizadas, una concentración elevada de bioaerosoles bacterianos Gram positivas con respecto a las Gram negativas, con altos registros en horas de la mañana. Se encontraron grupos bacterianos relacionados con afecciones en las cavidades pulmonares. Consideradas en todas las campañas de monitoreo, se destacan las máximas concentraciones de *estreptococos* (1081 UFC/m³) y *de bacilos* (346 UFC/m³) en los alveolos.

En la ciudad de Barranquilla se realizó un estudio de resistencia a antibióticos de

bacterias viables en el aire y distribución de tamaño en UCIN, en donde se compararon dos UCIN, una de régimen privado y otra de régimen público, en la UCIN de régimen público (UCIN #1) se revelaron mayores concentraciones de bacterias viables en el aire (53.00 a 214.37 UFC/m³) que la UCIN de régimen privado (UCIN #2) (151.94–466.43 UFC/m³), lo que indica una posible amenaza para la salud.

En la UCIN #1 de estilo público, hubo mayor presencia de los géneros *Staphylococcus*. Donde predominó *Staphylococcus saprophyticus* y *Staphylococcus epidermidis*, especialmente en los segundos rangos de tamaño de bronquios y alvéolos. *Alloiococcus otitidis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Kocuria rosea* y *Pseudomonas pseudoalcaligene*, se identificaron en el rango de tamaño de los alvéolos (Carvajal, 2016).

En la UCIN # 2, se identificaron ocho especies en el rango de tamaño de los alvéolos: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Eikenella corrodens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Streptococcus gordonii*. Se encontraron organismos resistentes a múltiples fármacos (MDRO) en ambas UCIN (Carvajal, Claudia Andrea, 2016) (Morgado Gamero, 2019).

En la ciudad de Santa Marta se realizó un estudio que evaluó la concentración de hongos asociados a procesos en el Relleno Sanitario Palangana. En él se realizaron seis campañas de monitoreo en dos jornadas (mañana y tarde) en seis estaciones: tres ubicadas en las unidades del proceso del relleno sanitario, sobre el trazado del eje imaginario en dirección del viento (Celda Activa, Celda Pasiva y Piscinas de Lixiviados), y tres en las comunidades aledañas (Fundadores, Bastidas y Altos de Bahía Concha). La gestión integral de residuos contribuye a la emisión de Bioaerosoles fungí y bacterianos por descomposición de materia orgánica durante la disposición final en rellenos sanitarios, esto deja con expectativas altas para la realización de investigaciones constituyentes a bioaerosoles, en esta investigación se mostraron resultados con predominancia de *Aspergillus spp.* (45%), *Penicillium spp.* (23%) y *Geotrichum spp.* (18%); además se reportaron alta concentración de hongos respirables resultandos perjudiciales a la salud (Vélez Pereira, 2009)

Marco teórico.

Resistencia de las bacterias a los antibióticos.

Desde que se observó actividad antimicrobiana a fines del siglo XIX y se produjeron antibióticos a gran escala en la década del 40, los microorganismos han desarrollado múltiples mecanismos de resistencia, dificultando el tratamiento de enfermedades infecciosas (Correa, 2016). Por ejemplo, varias bacterias Grampositivas y Gramnegativas redujeron su sensibilidad a los antibióticos como resultado de su uso inadecuado y abuso (Daza Pérez, 2016). Por esta razón, la resistencia microbiana a los medicamentos representa un problema de salud creciente en el mundo debido a la aparición de cepas bacterianas resistentes a los medicamentos (Schwermer, Carsten Ulrich; Uhl, Wolfgang, 2020) (Dias-Gonçalves, 2019). Los genes de resistencia a los antibióticos que se reportan principalmente en las zonas urbanas del mundo son los que confieren resistencia a los antibióticos más utilizados en la práctica clínica, lo que constituye un problema para la salud humana y animal (Schwermer, Carsten Ulrich; Uhl, Wolfgang, 2020).

Infecciones intrahospitalarias

Las infecciones intrahospitalarias (II), son aquellas adquiridas durante la estancia en un centro de atención médica y que suponen un aumento de la estancia hospitalaria, de los agentes asociados, de las resistencias a los antibióticos, de la morbilidad y mortalidad. (Lorenzo-Gómez, y otros, 2020). Las II, continúan siendo uno de los retos más importantes en salud pública a nivel mundial (Pete, 2014) (Amaya, alberto, 2019).

Las infecciones intrahospitalarias se ven favorecidas por la presencia de dispositivos o procedimientos invasivos. Las bacterias representan las tres cuartas partes de los microorganismos aislados en estas infecciones. Las más habituales son *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (J. Salvador Marín, 2021). Algunas de estas bacterias plantean el problema grave de la resistencia a los antibióticos (por ejemplo, *S. aureus* resistente a la meticilina). (Romero Pisonero, 2019)

La prevención de las infecciones nosocomiales se basa en un mejor respeto de las precauciones de higiene, la aplicación de protocolos de antibioticoterapia y la instauración de programas de vigilancia. (Riu Camps, 2016)

Los riesgos y los agentes patógenos responsables son diferentes en función del tipo de población en este caso neonatos (prematuros, recién nacidos, otros) (Ceburek, 2005).

Además, esta población, comparte los mismos factores de riesgo e infecciones nosocomiales que la población adulta (hospitalización en reanimación, cateterismos, etc.), se distingue no sólo por la inmadurez del sistema inmunitario de los recién nacidos, sino también por la multiplicidad de los participantes (visitantes de todo tipo, etc.) (morgado gamero, 2017). Además, es importante subrayar el aumento del riesgo ligado a los contactos frecuentes, cercanos e íntimos que están parciales e incluso totalmente ausentes en el ámbito hospitalario «adulto». (López-Cerero, 2014)

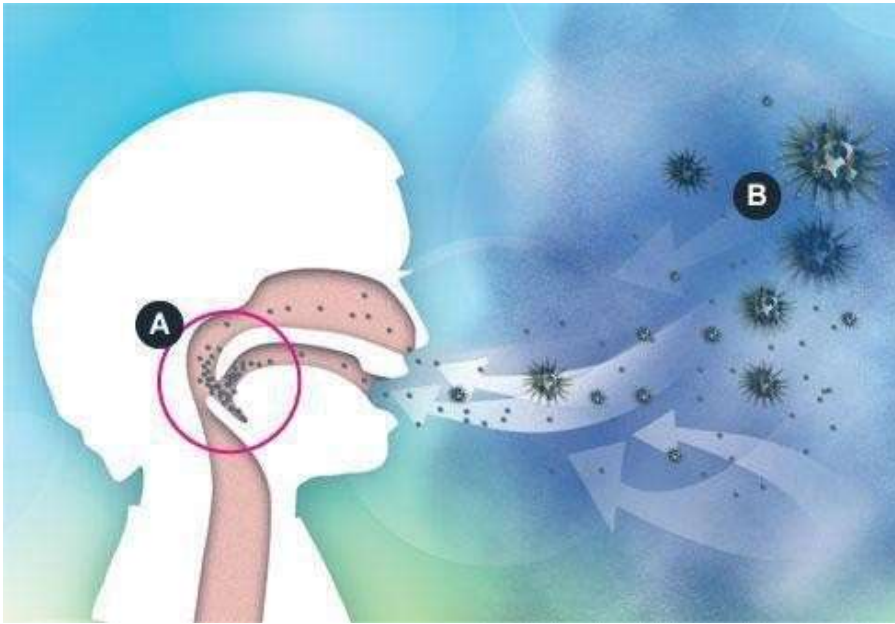
Bioaerosoles

La contaminación microbiológica en los hospitales es una de las principales preocupaciones, ya que las bacterias y los hongos constituyen una amenaza para la propagación de las infecciones nosocomiales. (Rodríguez-Niklitschek, 2015) Los microorganismos transportados por el aire en los hospitales pueden causar efectos negativos para la salud en personas inmunocomprometidas (Ceburek, 2005).

En la **figura 1**, se puede observar la forma de transmisión de los diferentes agentes patógenos, siendo el punto A la aglomeración de partículas y virus; y el punto B los microorganismos respirables ingresando al conducto respiratorio. Los bioaerosoles de diversos materiales biológicos que se encuentran suspendidos como partículas en el aire tienden a comprender diámetros entre 0.1 y 10 μm (Hernández & López, 2017).

Figura 1

Alojamiento de los bioaerosoles en la cavidad nasal



Nota. (a) partículas retenidas en las primeras fases del sistema respiratorio. (b) microorganismos suspendidos en la atmósfera, por Ngweme, Laffite, Otamonga, Mulaji, & Poté, 2014.

Los “bioaerosoles” son contaminantes atmosféricos subvalorados, ya que “Según su naturaleza y concentración, las bacterias y hongos en suspensión que se encuentran presentes en el aire pueden contribuir o agravar la nocividad de las micropartículas químicas y biológicas para las vías respiratorias” tanto en pacientes inmunocomprometidos como para el personal laboral de las diferentes áreas de unidades de cuidados intensivos neonatales (Frączek, 2016).

La contaminación atmosférica por Bioaerosoles es evaluada en función de la concentración de partículas finas presentes en el aire (microorganismos), este procedimiento ha tomado importancia pues cada día se publican más investigaciones y estudios con respecto a este tema (Breza-Boruta B., 2016). Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión (Araujo, 2009).

Se ha visto que muchas infecciones y alergias que están asociadas a la exposición de bioaerosoles, principalmente causadas por bacterias y hongos que no solo están presentes en el entorno hospitalario sino también en otros ambientes interiores (Lanza, 2018). Un gran número de bacterias y propágulos fúngicos son capaces de dispersarse vía aérea, creando de esta manera la necesidad de controlar la exposición a estos patógenos potenciales y para ello es necesario determinar la composición y concentración de microorganismos aerotransportados en interiores, al aire libre y en ambientes ocupacionales (Castañeda Roldán, 2016).

En ambientes como hospitales, el análisis de la calidad de aire es recomendado para obtener información sobre bioaerosoles relacionados con infecciones intrahospitalarias (Herr, 2014). La estimación de la concentración y diversidad de estos microorganismos en hospitales es un indicador de la calidad del ambiente (Ochmański, 2013). Por lo tanto, el control de la calidad del aire en el interior de los hospitales adquiere un papel importante en

la prevención de infecciones intrahospitalarias y puede ser útil para el diseño de estrategias que protejan tanto a los empleados del hospital, como a los pacientes (Fuhrman, 2009).

Efectos en la salud por exposición a bioaerosoles bacterianos

Los bioaerosoles bacterianos son seres vivos que contienen sólo una célula. Bajo un microscopio, se ven como pelotas, varas o espirales. Los bioaerosoles bacterianos principalmente de carácter infeccioso se reproducen rápidamente dentro del cuerpo y pueden provocar enfermedades (Abreu-y Abreu, 2021). Muchas desprenden sustancias químicas llamadas toxinas, que pueden dañar los tejidos y así causan enfermedades. Entre los ejemplos de bacterias que causan infecciones se incluyen el *estreptococo*, el *estafilococo* y la *E. coli*. (Yingying, 2016).

Los efectos en la salud por bioaerosoles bacterianos pueden variar iniciando con la inocuidad hasta enfermedades severas, dependiendo del agente y de los factores de susceptibilidad de cada persona (Román Rodríguez, 2021). Uno de los mecanismos que emplean los patógenos para persistir en el hombre es modular la respuesta inmune del huésped (Llamares, Esquivel, & Merino, 2013). Por ello, conocer estos mecanismos es indispensable tanto, para entender la transmisión y el avance de la enfermedad que causan, como para estudiar nuevas cepas terapéuticas en la lucha contra dichos patógenos (Macedo, 2010).

Unidades de cuidados intensivos

Las unidades de cuidados intensivos (UCI) son servicios dentro del marco institucional hospitalario que poseen una estructura diseñada para mantener las funciones vitales de pacientes en riesgo de perder la vida, creadas con la finalidad de recuperación (Canova-Barrios, 2021). En la UCI se encuentran los pacientes que requieren cuidado constante y atención especializada durante las 24 horas del día debido a que su estado es crítico (Castillo Ruiz, Petozme Aguilera, & García Escoga, 2019). En estas áreas laboran

médicos, enfermeras y distintos técnicos y paramédicos entrenados en medicina intensiva.

Los pacientes que ingresan a la UCI tienen un orden de prioridad. La primera prioridad es para los pacientes inestables que requieren ayuda intensiva que fuera de la unidad no es posible ofrecer. La prioridad dos es para aquéllos que precisan monitoreo intensivo y que podrían ameritar intervención inmediata (Martinez, 2002). La prioridad tres es para pacientes que pueden recibir tratamiento intensivo para mejorar o estabilizar agudizaciones de infecciones crónicas, pero que es posible limitar su tratamiento y soporte. Por último, la prioridad cuatro es para los pacientes que no se beneficiarían de los cuidados intensivos (Bush, 2003). Se incluyen personas que pueden recibir cuidados fuera de la UCI y pacientes con daños o infecciones irreversibles, es decir están demasiado graves o enfermos para beneficiarse de los cuidados intensivos (Vijayasekaran D. K., 2012).

La población de enfermos candidatos a ser atendidos en las unidades de cuidados intensivos se selecciona de manera variable dentro de cada institución, dependiendo de las características de esta, pero suele incluir una valoración objetiva, reproducible y cuantificable de la gravedad de los pacientes, la necesidad de esfuerzo terapéutico y los resultados medidos como supervivencia y calidad de vida posterior (Vijayasekaran D. G., 2010).

En general, según (Gien López, 2006) dichos métodos se clasifican en:

- Índices de gravedad en pacientes críticos (APACHE, en inglés: *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation*) que permite evaluar la probabilidad de muerte.
- Puntajes dinámicos o de disfunción (MODS-SOFA) que permite analizar la evolución del paciente.
- Índices de esfuerzo terapéutico precisado (TISS) que además de establecer pronóstico, esto cuestiona si el enfermo puede con seguridad ser egresado a otra sala.
- Escalas de valoración de la evolución, calidad de vida y productividad social post-alta hospitalaria.

Cada paciente que está en la Unidad de Cuidados Intensivos tiene un médico

intensivista asignado en la mañana, tarde y noche y es él quien diariamente estará dispuesto a brindar la información de la evolución de su familiar durante la visita (Van Veen, 2006).

Principales bacterias y causas encontradas en UCI

Los “bioaerosoles” son contaminantes atmosféricos subvalorados, ya que “Según su naturaleza y concentración, las bacterias y hongos en suspensión que se encuentran presentes en el aire pueden contribuir o agravar la nocividad de las micropartículas químicas y biológicas para las vías respiratorias” tanto en pacientes inmunocomprometidos como para el personal laboral de las diferentes áreas de unidades de cuidados intensivos neonatales (Frączek, 2016).

La resistencia bacteriana constituye un problema relevante de salud pública que ha cobrado cada vez más importancia, tanto por un aumento en su incidencia, como por la aparición de nuevos mecanismos de resistencia que limitan las alternativas terapéuticas (Piresneto, 2021). Esto tiene especial repercusión en UCI, que concentran la mayor incidencia de bacterias multirresistentes y las infecciones clínicas de mayor gravedad, lo que determina un mayor consumo de antimicrobianos (Zhao, 2008). En la **tabla 1**, se relacionan las bacterias y causas más relevantes encontradas en UCI. Cada una de ellas son casos publicados en diferentes centros médicos como soporte a la investigación posterior.

Tabla 1*Bacterias y causas*

Principales bacterias encontradas en UCI y sus afecciones a los humanos.					
Bacterias	Causas	Lugar de exposición	Ciudad o país	Año de investigación	Citas
<i>Campylobacter jejuni.</i>	Pancreatitis	Hospital de Basurto	Cuba	2014	(García, Castillo, & Ortega, 2014)
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Neumonía	Hospital de Galdakano	Madrid	2010	(P. Ruiz, 2010)
<i>Proteus y Klebsiella</i>	Infecciones urinarias	No se registra	México	2016	(Intituto Aragonés de ciencias de la salud, 2016)
<i>Bacillus cereus</i>	endocarditis	Hospital patricio lumunba	Cuba	2011	(Pérez Portuondo, 2011)
<i>Bacillus subtilis</i>	vómitos o diarrea acuosa profusa	No se registra	México	2010	(Hernández Suárez, 2010)
<i>Streptococcus gordonii</i>	Infección en el torrente sanguíneo (bacteriemia)	No se registra	México	2019	(Castillo Cano, 2019)
<i>Staphylococcus aerous</i>	Dermatitis exfoliativa neonatal o estafilocócica	Infectious Diseases Institute	Estambul	2020	(Erge Akkaya, y otros, 2020)
<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarrea ensangrentada	No se registra	Asturias	2019	(Vacas, 2019)
<i>Eikenella corrodens</i>	Infecciones cutáneas y dermatológicas	Clínica Universidad de Navarra	Pamplona	2017	(Leiva & Del Pozo, 2017)
<i>Helicobacter pylori</i>	90% de las úlceras en el duodeno y hasta el 80% de las úlceras gástricas.	No se registra	Toronto	2016	(Fallone, Chiba, Veldhuyzen, Fischbach, & Gisbert, 2016)

Nota. Principales bacterias encontradas en UCI y sus afecciones a los humanos, por M. Imítola y DC Vizcaíno, 2014-2016.

Comportamiento de bioaerosoles en la UCI neonatal

Los bioaerosoles, partículas muy pequeñas que poseen comportamiento aerodinámico gobernado por sus propiedades físicas (forma, tamaño y densidad), los principios de gravitación, electromagnetismo, turbulencia y difusión y por las condiciones medioambientales (Xavier Solans, 2007). Mientras que, su supervivencia, reproducción y dispersión al aire dependen del tipo de microorganismo y en gran medida, de las condiciones atmosféricas del entorno en que se encuentran, incluyendo factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la radiación UV, la concentración de oxígeno y las fuentes de alimento (Miao Wang, 2016).

Una de las variables más influyentes son la temperatura y la humedad, que afectan directamente el tamaño y controlan la liberación activa (Giraldo Sanchez, 2017). Otra variable que ocupa un papel fundamental al momento de la dispersión de los bioaerosoles es la velocidad del viento, porque afecta directamente la liberación del material, ya que este material inerte es emitido al aire cuando la superficie seca reduzca lo suficiente las fuerzas de unión y cuando el movimiento del aire sea lo suficientemente fuerte (Yixiao, 2019).

Por esto, la medición y control de bioaerosoles en lugares abiertos o ambientes exteriores tiene un alto grado de dificultad, pero en sitios cerrados o en ambientes interiores existe la posibilidad de controlar la presencia y la concentración de los estos, impidiendo la entrada de contaminantes hacia el interior o si esto se ha producido, proceder a eliminar el material contaminado con el fin de eliminar la fuente que seguiría produciendo la amplificación y diseminación de los bioaerosoles que se encuentren al interior (Guzmán, 2009).

Método para el análisis de riesgo.

Los bioaerosoles son partículas aerotransportadas que contienen microorganismos, vivos o muertos, o fragmentos, metabolitos o toxinas de microorganismos (virus, bacterias, mohos y protozoos) o sustancias o productos que se originan a partir de estos organismos (por ejemplo: toxinas, microorganismos muertos o fragmentos de microorganismos) (Ayodele & Douglas, 2019).

Los bioaerosoles se encuentran en el medio ambiente, por lo que presentes en cada sitio, incluyendo el lugar de trabajo. Estos pueden provenir de personas, animales, plantas y material manipulado, o ser generados por un proceso, por ejemplo (Hernández Calleja, 2001). Si bien la mayoría de ellos son inofensivos para la salud humana, algunos plantean problemas para la salud de los trabajadores de los diferentes centros de salud. (LégisQuebec, 2020)

Los microorganismos se clasifican en cuatro grupos de riesgo (GR) según su carácter patógeno. Esta clasificación también tiene en cuenta la dosis infecciosa, el modo de transmisión, el huésped, así como la disponibilidad de medidas preventivas y un tratamiento eficaz. Hay tres grupos de riesgo infeccioso (GR 2 a GR 4) y un grupo de riesgo no infeccioso (GR 1). A pesar de su naturaleza no infecciosa, la exposición prolongada y continua a grandes concentraciones de bioaerosoles GR 1 puede provocar problemas de salud graves e irreversibles como la sensibilización y el desarrollo de enfermedades profesionales (Ej., Alveolitis alérgica extrínseca, asma, síndrome tóxico de exposición a polvo orgánico, pulmón de panadero, pulmón de granjero, pulmón de cultivador de hongos, síndrome de alcantarillado, etc.) (Sangrim, 2019).

Metodologías experimentales para el muestreo de bioaerosoles bacterianos

Los métodos para la toma de muestra de bioaerosoles persiguen la captación de estas partículas de origen biológico. La mayoría de las técnicas de toma de muestra en aire dependen del diámetro aerodinámico equivalente de las partículas aerotransportadas, de sus propiedades de adhesión, del movimiento browniano, de los gradientes térmicos y de la inercia de las partículas (Takayama, Taki, & Toshimitsu, 2013).

De forma general, todas las técnicas de toma de muestra de bioaerosoles a describir en el presente procedimiento se basan en la aspiración de un volumen de aire para posteriormente retener su contenido (partículas aerotransportadas) en distintos soportes de muestreo (Manso, 2105).

En función del fundamento teórico específico, existen diferentes mecanismos de toma de muestras de bioaerosoles, siendo estos métodos:

- Sedimentación

Se trata de un método simple de toma de muestra del material particulado presente en el aire (bioaerosoles entre otros). Consiste en que las partículas aerotransportadas son recogidas sobre una superficie adherente (para bioaerosoles agar en una placa Petri o recubriendo un portaobjetos, placas de contacto denominadas RODAC) por su capacidad de sedimentar por gravedad. (Sundin, 2013)

El método de sedimentación es un método económico que no necesita equipos auxiliares, sin embargo, se debe tener cuidado de que el punto identificado para realizar la toma de muestras no se vea afectado por la existencia de corrientes de aire que favorezcan la

sedimentación de las partículas de mayor tamaño en detrimento de aquellas inferiores sesgando el resultado final (Calaf, 2011)

Debido al fundamento del método de sedimentación, donde la toma de muestra no se realiza a partir de un volumen de aire conocido, no es posible obtener como resultado una concentración de microorganismos por volumen de aire en aire ambiente o aire de interiores. (González, 2016)

Sin embargo, como variables conocidas, durante la toma de muestra empleando el método de sedimentación, se encuentran el área de toma de muestra y el tiempo de toma de muestra, permitiendo realizar un análisis cuantitativo en base a estas variables (el resultado se da en concentración de microorganismos por unidad de área y unidad de tiempo). Por ello, el método de sedimentación es útil para estudios iniciales y para la estimación aproximada de la carga microbiológica desde un punto de vista cualitativo, siempre que se elijan de forma adecuada los medios de cultivo. (Ayodele & Douglas, 2019)

- **Impactación**

Este es un mecanismo de toma de muestra de partículas aerotransportadas donde un volumen de aire es aspirado por una bomba de aspiración que forma parte de los equipos de toma de muestra (Moya Sánchez, 2018). Así, el aire aspirado pasa a través de un orificio de entrada siendo dirigido durante la toma de muestra de bioaerosoles a la superficie del medio de cultivo, pudiendo tratarse éste de medio agar sobre una placa Petri, placa RODAC o un portaobjetos (Diego Vélez, 2012). Dicho orificio puede consistir en una rendija o en un cabezal con un elevado número de orificios de igual diámetro. Las partículas con suficiente momento de inercia abandonan la corriente de aire e impacta sobre la superficie del medio de cultivo. El método de impactación permite realizar toma de muestras de material particulado, bien sobre una superficie única o bien sobre superficies sucesivas con base a diferentes

fracciones de tamaño (diámetro aerodinámico equivalente), catalogándose, en este último caso, como método de impactadores de cascada (González Fernández J. I., 2020).

- **Centrifugación**

Se trata de una variante del método de toma de muestras por impactación. En este caso, la toma de muestra de partículas aerotransportadas (bioaerosoles entre otras) está basada en el uso de la fuerza centrífuga para ayudar a la separación del material particulado de la corriente de aire de aspiración (González Fernández J. I., 2020). Se basa en la creación de un remolino en el cual el material particulado, con suficiente inercia, deja la corriente de aire aspirada para impactar sobre la superficie del medio de cultivo de recogida.

- **Borboteo**

Este método de toma de muestra fuerza al aire aspirado a pasar a través de un volumen conocido de solución captadora (suero salino, agua de peptona con agentes humectantes, medios líquidos) (Cano-Jiménez, y otros, 2016). El material particulado abandona la corriente de aire por disolución en la solución captadora o por impactación en la misma, quedando así retenidas en dicho medio (Hernández Suárez, 2010)

- **Filtración**

Se trata de un método de toma de muestra de material particulado en suspensión que se fundamenta en forzar al aire aspirado a pasar a través de un medio de filtración, filtros o soportes de toma de muestra, medio donde quedan depositadas las partículas aerotransportadas. (Delclòs, 2012). El filtro más utilizado es el filtro de membrana de policarbonato, dado que el material particulado puede ser extraído fácilmente por agitación en líquidos adecuados, procediéndose posteriormente en el caso de bioaerosoles a la siembra de la suspensión formada en medios de cultivos específicos (González Fernández, 2020)

Metodología

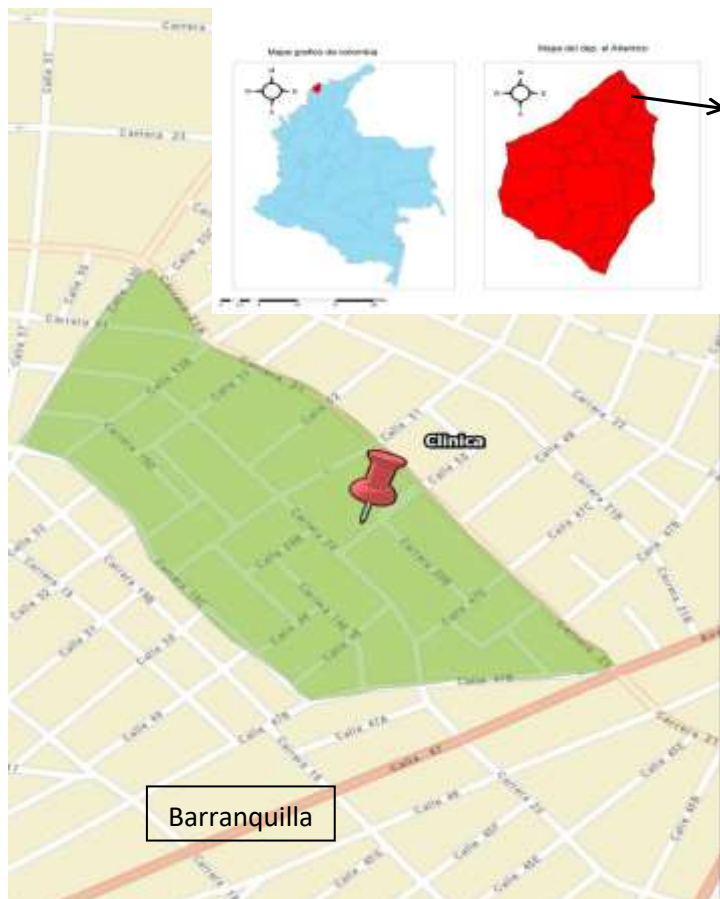
Área de estudio

Barranquilla es una ciudad caribeña ubicada en el norte de Colombia con una población aproximada de 1.200.000 habitantes (Agudelo-Castañeda, y otros, 2020). El clima predominante en la ciudad es el clima tropical seco con temperaturas medias anuales mínimas y máximas de 24,5 ° C y 32,4 ° C, respectivamente (Gallego-Cartagena, y otros, 2020).

El monitoreo se realizó en la ciudad de Barranquilla, específicamente en la IPS Camino universitario distrital Adelita de Char, la cual se encuentra ubicada en la parte suroccidente de la ciudad con coordenadas de latitud 10°57'54.51"N, longitud 74°47'52.65"O (*Figura 2*).

Figura 2

Mapa de la ciudad y ubicación del lugar de estudio



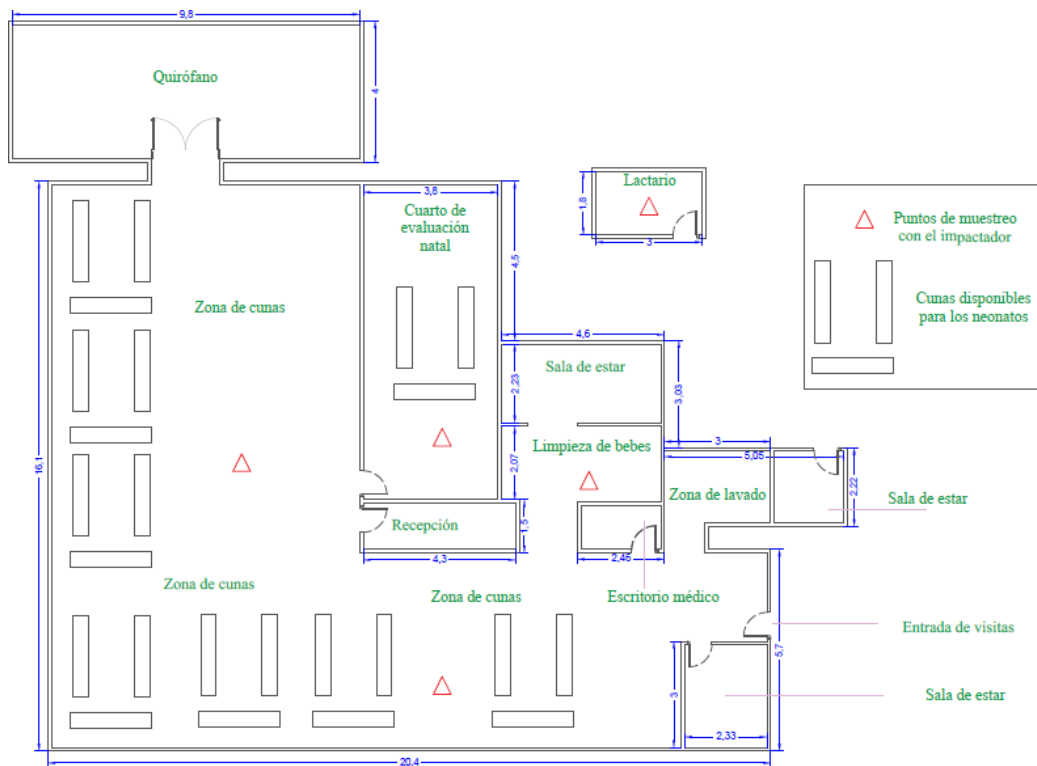
Nota. Mapa de la ciudad y ubicación del lugar de estudio, Camino universitario distrital Adelita de Char, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Esta IPS es una institución de salud de segundo nivel de atención médica donde se prestan servicios de internación en servicios básicos: Clínica Médica, Pediatría, Cirugía General, Guardia y Maternidad, además de la infraestructura necesaria para realizar exámenes complementarios y los diagnósticos básicos correspondientes a este nivel. También incluye la atención ambulatoria de especialidades para problemas de salud más específicos como: neurología, traumatología, cardiología, etc. (Prada-Ríos, 2017)

Específicamente, la toma de muestras se realizó en la UCIN ubicada dentro de las instalaciones de la IPS Camino universitario distrital Adelita de Char. Esta UCIN tiene una capacidad de 24 incubadoras o cunas para los neonatos en la (Figura 3) se muestran las disposiciones de cada una de ellas.

Figura 3

Distribución espacial del área de estudio



Nota. Distribución espacial del área de estudio. Instalaciones de la IPS Camino universitario distrital Adelita de Char, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021

La UCI neonatal de la clínica estudiada (**Figura 3**), posee un área aproximada de 300 m², valor calculado a través de las medidas tomadas durante la visita para el premuestreo. Así mismo, cuenta con una (1) zona de recepción, una zona (1) de evolución/incubadoras, dos (2) salas de estar, una (1) zona de trabajo sucio, una (1) zona de trabajo limpio, una (1) zona de lactario y un (1) cuarto médico

Muestreo

La toma de muestras se realizó con el impactador de cascada marca Thermo Fisher Scientific (**Figura 4**), el cual está diseñado para simular el aparato respiratorio, por lo que dispone de 6 placas que permite coleccionar las partículas que son sedimentables en la etapa (1) y respirables en la etapa (6) (Velez-Pereira & Camargo, 2011) (Morgado-Gamero, Parody, Medina, Rodríguez-Villamizar, & Agudelo-Castañeda, 2021). Este equipo cuenta con varios orificios perforados con precisión, además cada diámetro de la placa disminuye sucesivamente de forma ascendente, para que cuando el aire circule dentro de éste la velocidad del aire se incremente de una etapa a la siguiente.

Figura 4

Impactador de cascada marca Thermo Fisher

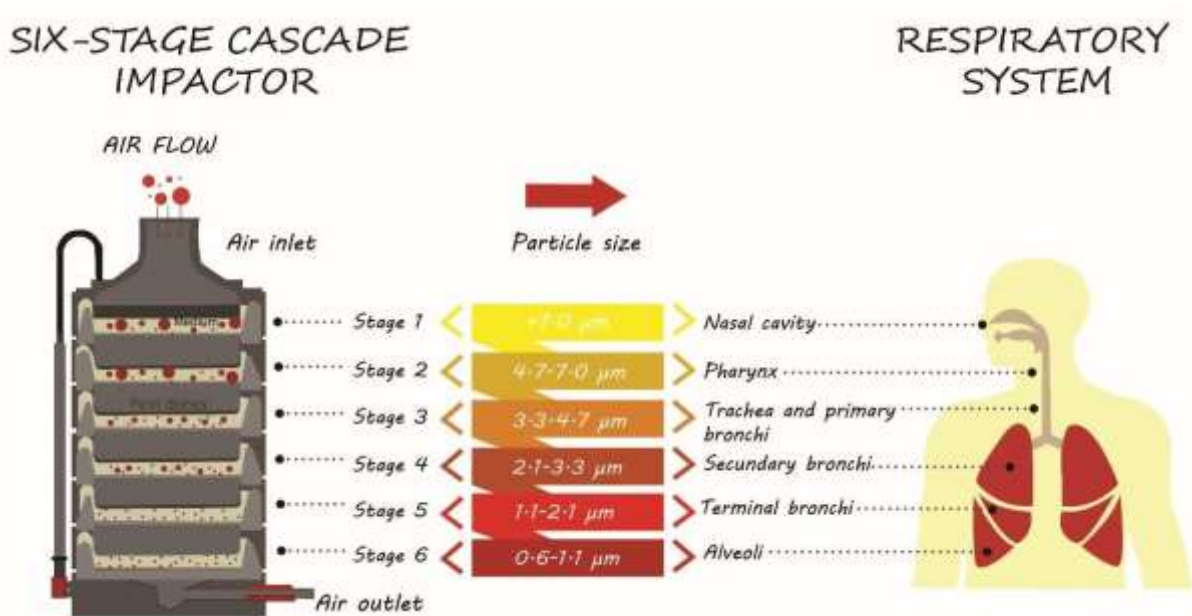


Nota. Impactador de cascada marca Thermo Fisher, por Scientific, 2009.

Una vez recolectadas las partículas, las de mayor diámetro se acentúan en la etapa 1 (etapa superior), mientras que las de tamaños menores se depositan en las siguientes etapas dependiendo de su diámetro, a su vez estas impactan sobre la superficie de colecta de las siguientes etapas (**Figura 5**). Bajo cada placa se coloca una caja Petri con Agar, en cuya superficie se desarrollarán las partículas viables (Wanfu Wang, 2010).

Figura 5

Etapas del impactador



Nota. Etapas del impactador, por Morgado-Gamero, 2019

El muestreo de los bioaerosoles bacterianos se realizó en las fechas comprendidas entre 16 de octubre del 2017 (**campaña 1**), 7 de noviembre del 2017 (**campaña 2**), y el 26 de noviembre del 2017 (**campaña 3**), con un total de tantos 3 monitoreos.

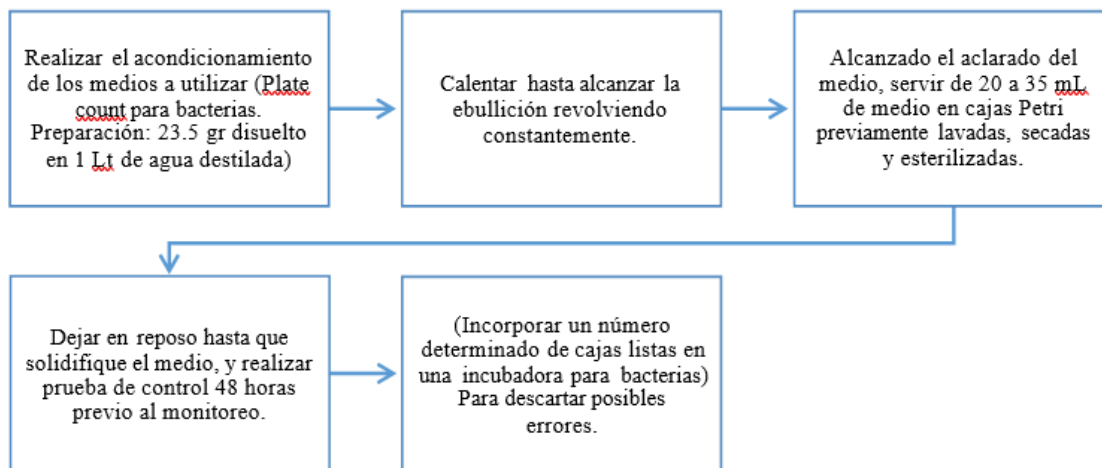
La metodología implementada para la toma de muestras fue basada en lo propuesto en la investigación de (morgado gamero, 2017). De esta manera, la recolección de las muestras se realizó en un impactador de cascada Andersen Thermo Scientific (mencionado previamente), ubicado a una altura de 1.5m con un caudal de 28,3 L/min. El caudal de aire succionado por la bomba de vacío fue calibrado previamente a la toma de muestra por medio

de un rotámetro Dwyer modelo RMB-53- SSV (Carvajal, 2016). Las muestras se tomaron por un lapso (establecido en un premuestreo) de 5 minutos por cada punto de monitoreo, por la extensión de la UCI trabajada se tomaron 5 puntos para el impactador de cascada como se muestra en el esquema (Figura 3).

Se tomaron muestras por triplicado en cajas de agar Plate count, en dos jornadas (mañana y tarde) durante 3 campañas de monitoreo. Para la preparación del material requerido para la toma

Figura 6

Preparación de cajas de Petri previa al monitoreo



Nota. Proceso de preparación de cajas de Petri previa al monitoreo, por Mendoza & López, 2017

Se escogieron 5 puntos para la toma de muestras. Estos puntos se tomaron como estratégicos ya que fueron sectores en donde más se circulaba tráfico de personas cada uno de ellos están relacionado en la **figura 3**.

Cuantificación e identificación de bioaerosoles bacterianos.

Posterior al monitoreo se procedió a incubar las muestras a una temperatura de a 37°C, para bacterias mesófilas durante 48 horas; luego fue realizado conteo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) presentes en las cajas de Petri de acuerdo con las características macroscópicas de las bacterias que previamente se establecieron en un primer premuestreo.

Para determinar la concentración de los bioaerosoles bacterianos en la UCIN, se utilizó las unidades formadoras de colonia por metro cúbico del aire muestreado en un lapso determinado, por lo cual se aplicó la ecuación:

$$\text{Concentración de bioaerosoles} \left(\frac{UFC}{m^3} \right) = \frac{(N^{\circ}C * 1000)}{(Q * t)} \quad \text{Ec. 1}$$

En donde N°C es la cantidad de colonias por placa; 1000 es un factor de conversión de unidades; Q es el caudal del aire que ingresa en el impactador de cascada (28,3 L/min-1) y t el tiempo de colecta de los bioaerosoles (5 min).

Una vez contadas las colonias de microorganismos se procedió a realizar la tinción de Gram a las colonias de bacterias obtenidas lo cual permitió conocer la morfología y la Gram predominante. Previo al procedimiento de tinción, las bacterias fueron fijadas por calor que es lo más usado en este tipo de procesos, La fijación se realiza habitualmente en células que han sido fijadas sobre un portaobjetos, tratando después éste con el agente fijador, y siguiendo inmediatamente el proceso de tinción (González, 2016).

La identificación de las muestras se realizó con el equipo BD phonex 100, que es un sistema automatizado de pruebas para identificación y susceptibilidad, el BD Phoenix TM proporciona una detección rápida, precisa y confiable de la resistencia antimicrobiana conocida y emergente. También permite la eficiencia del flujo de trabajo al utilizar la nefelometría automatizada, lo que resulta en un inóculo de aislamiento estandarizado y una reducción en el error potencial del tecnólogo. Además, la gestión de datos de última generación supervisa, analiza y comunica resultados procesables directamente a laboratorios y médicos. (BioSystems S.A.S, 2008)

Metodología de riesgo

Para llevar a cabo esta metodología se aprovechó una herramienta de acceso remoto

(herramienta de medios electrónico por medio de una página web), esta herramienta consiste en un proceso de seis pasos que utiliza una gestión de riesgos graduada, basada en el peligro

asociado con los bioaerosoles y el nivel de exposición de los trabajadores.

Por medio de una serie de datos que posteriormente se mostrarán en una matriz, evaluando con unos estándares previamente establecidos el nivel de exposición y riesgo que tienen las personas en los centros médicos. (Travail, 2018)

Tratamiento de resultados obtenido

Para la organización, tabulación e interpretación de los datos obtenidos en campo durante las jornadas de cada campaña, se utilizó una hoja de cálculo en Excel, del paquete de Microsoft Office versión 2017. En esta se organizaron los datos referentes a las campañas realizadas (días de monitoreo), jornada (antes y después de la limpieza), replica (1 y 2), especies encontradas en cada etapa del impactador, antibióticos que mostraban resistencia, susceptibilidad y los que no registraban antibióticos. Así mismo, se recolectaron los registros fotográficos de cada muestra encontrada después de tres días de incubación en el laboratorio tanto como micro y macroscópicamente y se realizaron tablas dinámicas que ayudaron en el análisis del comportamiento de los bioaerosoles y los microorganismos presentes en la unidad de cuidados intensivos neonatales.

Para establecer la relación entre cada tipo de bacteria y los antibióticos se utilizó el modelo estadístico ANOVA, que es el básico para evaluar la influencia de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles de investigación) sobre el valor promedio de los valores continuos. Es también una herramienta de variables, esta técnica también se puede utilizar para estudiar la posible influencia de factores en la varianza de variables. También gracias a la prueba de razón de verosimilitud, se puede conocer la relación que existe en mirar la posibilidad del desenlace del paciente con la enfermedad en cuestión y la posibilidad del

desenlace del paciente sin adquirir la patología, en este caso la interacción de la bacteria con

los diferentes antibióticos estudiados.

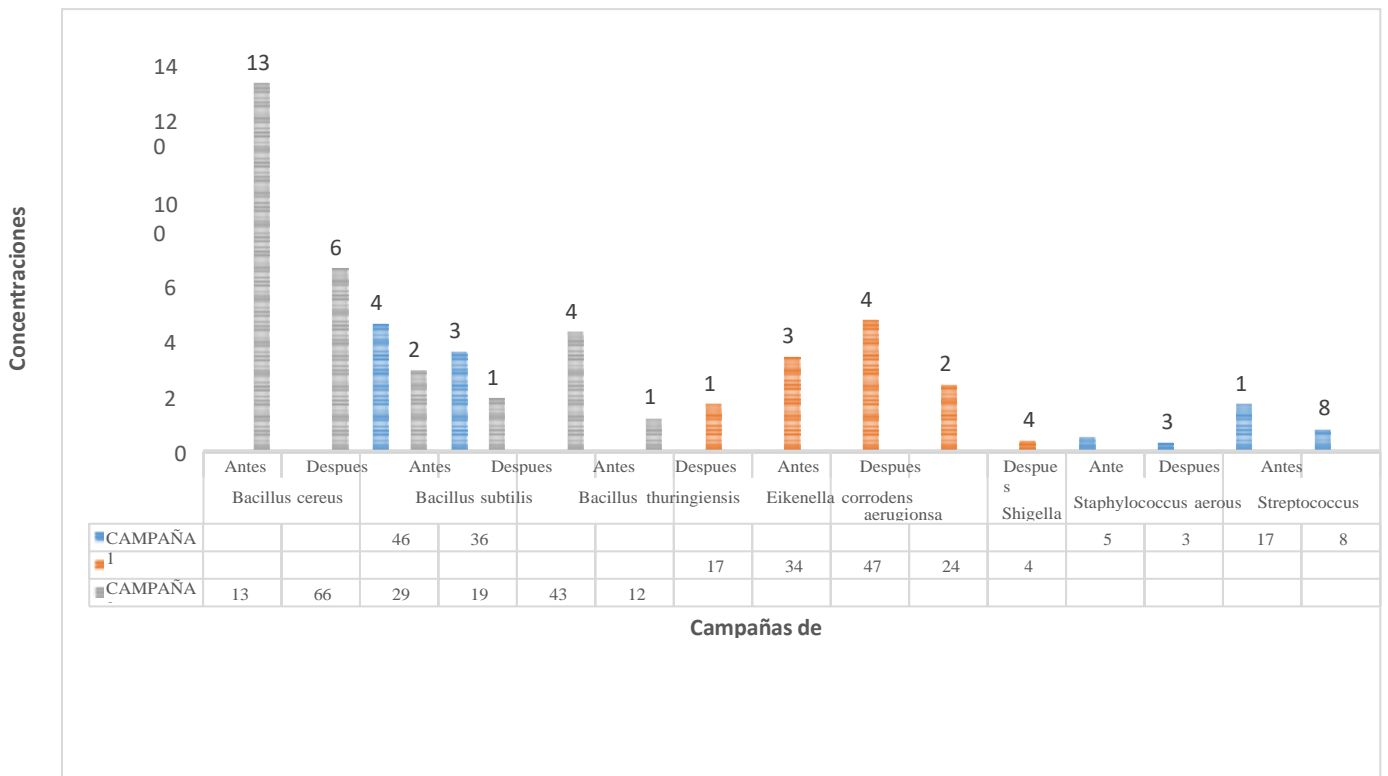
Resultados y discusión

Conteo e identificación de bioaerosoles bacterianos

En la **Figura 7**, se presentan las concentraciones de los bioaerosoles bacterianos identificados en las tres campañas de monitoreo realizadas, dentro de las familias identificadas quienes tuvieron mayor predominancia fueron: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aerugiionsa* teniendo en cuenta que para estas campañas nuestra variable de atención fue la jornada de la limpieza, se escogió esta variable ya que en la UCIN no había establecido un horario para visitas o un horario para hacer cambio del personal laboral, por lo que estos fueron descartados para ser nuestra variable a evaluar.

Figura 7

Conteo de concentraciones de familias en cada jornada y cada campaña



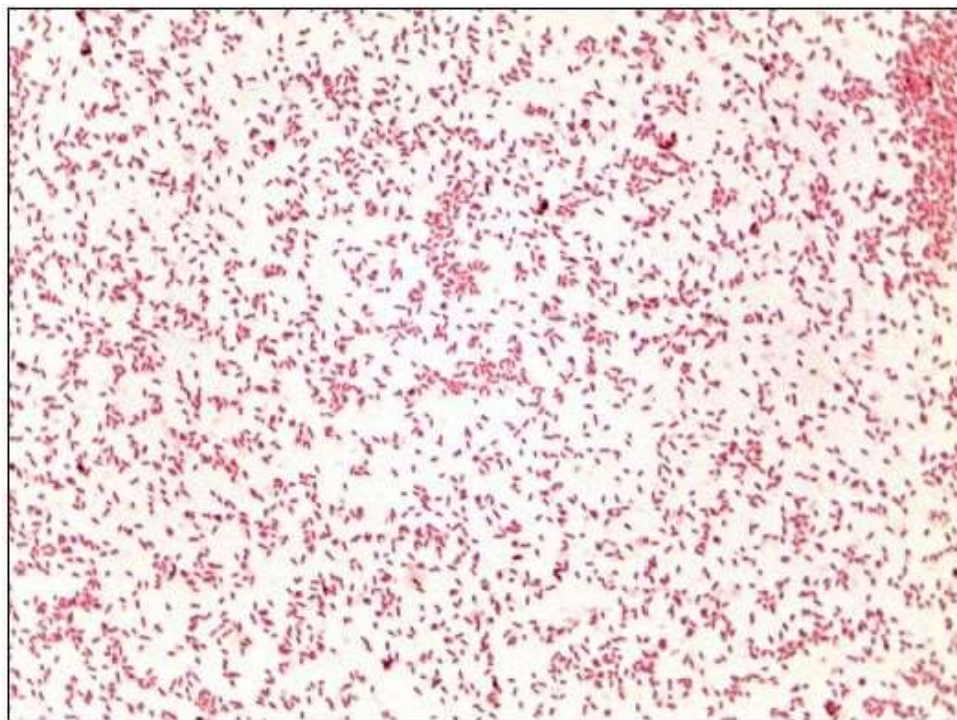
Nota. Gráfico de barra donde se muestra el Conteo de concentraciones de familias en cada jornada y cada campaña, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Las bacterias que tuvieron menor concentración durante la jornada ‘después’ fueron *Bacillus thuringensis*, *Staphylococcus aerous*, *Shigella dysenterae*. En la campaña #1 y #3 se tuvo mayor presencia de especies de bacterias, y en la campaña #3 hubo mayor concentración de microorganismos de dichas especies.

De la misma manera se observa una disminución significativa de la concentración de los microorganismos después de la jornada de limpieza. A excepción de la *Eikenella corrodens*, la cual estuvo presente solo durante la campaña #2 y presentó mayor concentración después de la jornada de limpieza, esta bacteria puede ser casual primario o secundario de osteomielitis o infecciones de cabeza y cuello, en las infecciones intraabdominales y en las infecciones del sistema nervioso central (Rubén Darío Jaramillo, 2016)

Figura 8

Tinción de Gram de cultivo de 48 h de Eikenella corrodens



Nota. Fotografía Tinción de Gram de cultivo de 48 h de *Eikenella corrodens*. Laboratorio MTU2012, por B. Rivera, 2013.

Esta especie forma parte de la microbiota orofaríngea, del tracto respiratorio superior y mucosas; se considera un patógeno oportunista que causa diversas infecciones, principalmente enfermedades de cabeza y cuello. La mayoría de las infecciones son leves y benignas, pero en condiciones especiales, pueden causar infecciones invasivas graves. (Mühlhauser, 2013)

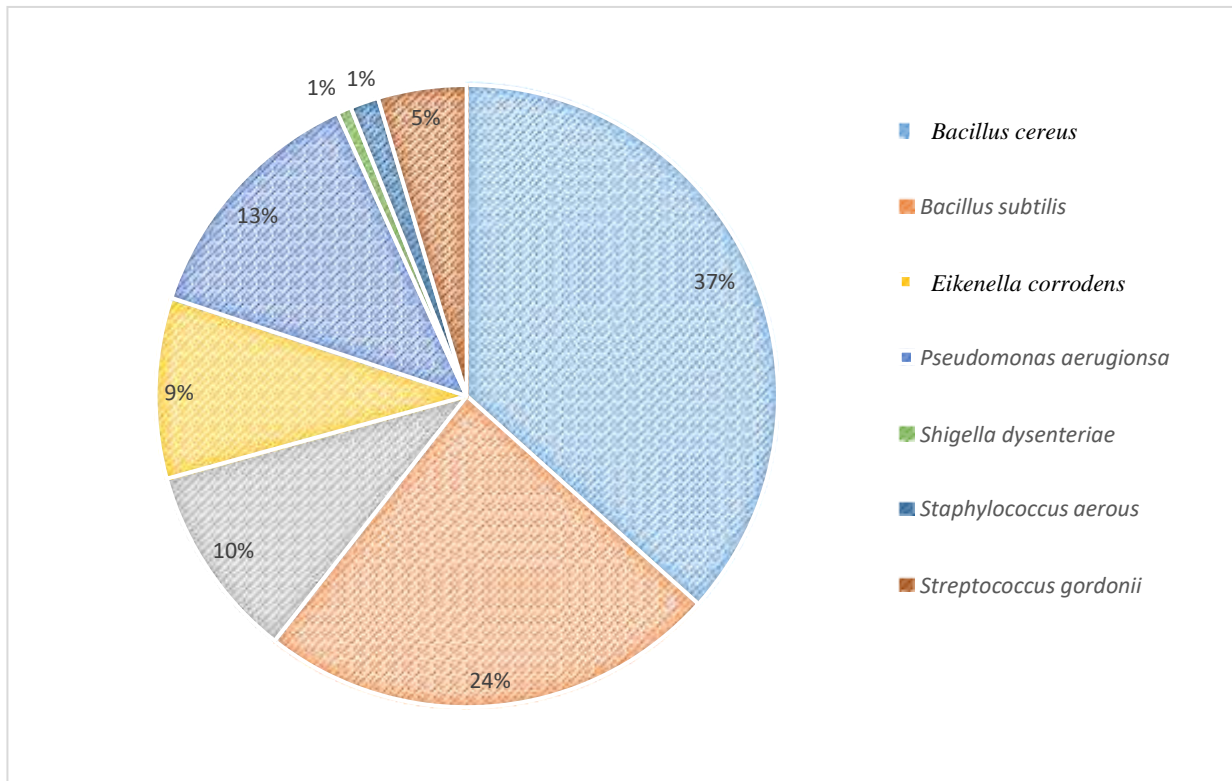
La mayoría de las cepas de *E. corrodens* son susceptibles a la penicilina, ampicilina, amoxicilina, cefalosporinas de segunda y tercera generación, carbapenémicos, fluoroquinolonas y tetraciclinas. Estos bioaerosoles bacterianos son resistentes a aminoglucósidos, clindamicina, eritromicina, metronidazol y vancomicina (Abou-Kandil, 2107).

Concentración de bioaerosoles bacterianos

En la **figura 9**, se presentan los porcentajes de bioaerosoles bacterianos identificadas en las tres campañas de monitoreo realizadas. Se observa que, dentro de las familias identificadas, las de mayores porcentajes fueron *Bacillus cereus* y *Bacillus subtilis* con valores de 37% y 24% respectivamente. Estas familias de bacterias son de gran importancia, ya que el primero de ellos es una bacteria responsable del síndrome emético y del diarreico, y además se ha vinculado a otras infecciones como endocarditis, endoftalmitis, por lo que se le reconoce su carácter de patógeno oportunista (Medina, Jhorman; De la hoz, Stephanie, 2018).

Figura 9

Porcentajes de bacterias encontradas en las tres campañas de monitoreo



Nota. Gráfico donde se muestran los diferentes porcentajes de bacterias encontradas en las tres campañas de monitoreo, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Lo anterior es coherente con lo manifestado de forma verbal por el personal laboral de la unidad en entrevistas informales previas a los monitoreos. Donde, mencionaron que muchas de las afecciones relacionadas a las bacterias encontradas ya se presentaban en algunos de los neonatos y en algunas de los trabajadores de la UCIN.

La segunda familia de bacterias hallada en mayor porcentaje fue *Bacillus subtilis*, esta no es considerada patógeno humano; sin embargo, puede contaminar los alimentos, pero raramente causa intoxicación alimenticia (Correa, 2016). Sus esporas pueden sobrevivir la calefacción extrema que a menudo es usada para cocinar los alimentos, y es responsable de causar la fibrosidad en el pan estropeado (Pérez, 2012).

El contenido de *Pseudomonas aeruginosa* fue del 13% para esa investigación. La bacteria es un bacilo gramnegativo, que no fermenta la glucosa y puede estar en líquidos y

superficies por una prolongación de tiempo bastante grande (como antisépticos, alimentos parenterales, equipos de inhalo terapia, fluidos de diálisis, grifos de agua, etc.) (Cisneros herreros, 2007)

Además, suele encontrarse en agua recogida artificialmente, como piscinas, depósitos, calentadores o baños de vapor (Gómez Álvarez, 2005). La *p. aeruginosa* se distribuye ampliamente en la naturaleza debido a su alta adaptabilidad fisiológica y alto nivel de resistencia a los medicamentos y a varios agentes antibacterianos (Dheda, 2017). Por estas razones, constituye uno de los patógenos hospitalarios más comunes y está reconocido como un importante problema de salud en todo el mundo (Fariñas, 2013) (Vallés, 2005). Las sepsis por *P. aeruginosa* pueden aparecer en muchos lugares anatómicos, incluyendo piel, tejido subcutáneo, huesos, oídos, ojos, tracto urinario y válvulas cardíacas (Yan, 2019). La localización varía con la puerta de entrada y la vulnerabilidad del paciente. (Paz Zarza, 2018)

Entre las infecciones causadas por este patógeno se encuentran bacteriemias, neumonías, meningitis y absceso cerebral, infecciones urinarias e infecciones cutáneas como abscesos subcutáneos, vesículas y petequias, infecciones oftálmicas como las conjuntivitis y queratitis, infecciones otorrinolaringológicas como otitis externa, otitis media y mastoiditis, infecciones del aparato digestivo (diarreas), así como, infecciones en quemaduras y heridas traumáticas o quirúrgicas (Fuentes Fernández, 2014) (Zhang, tuqiao. Wang, lili.Liu, xiaowei, 2019)

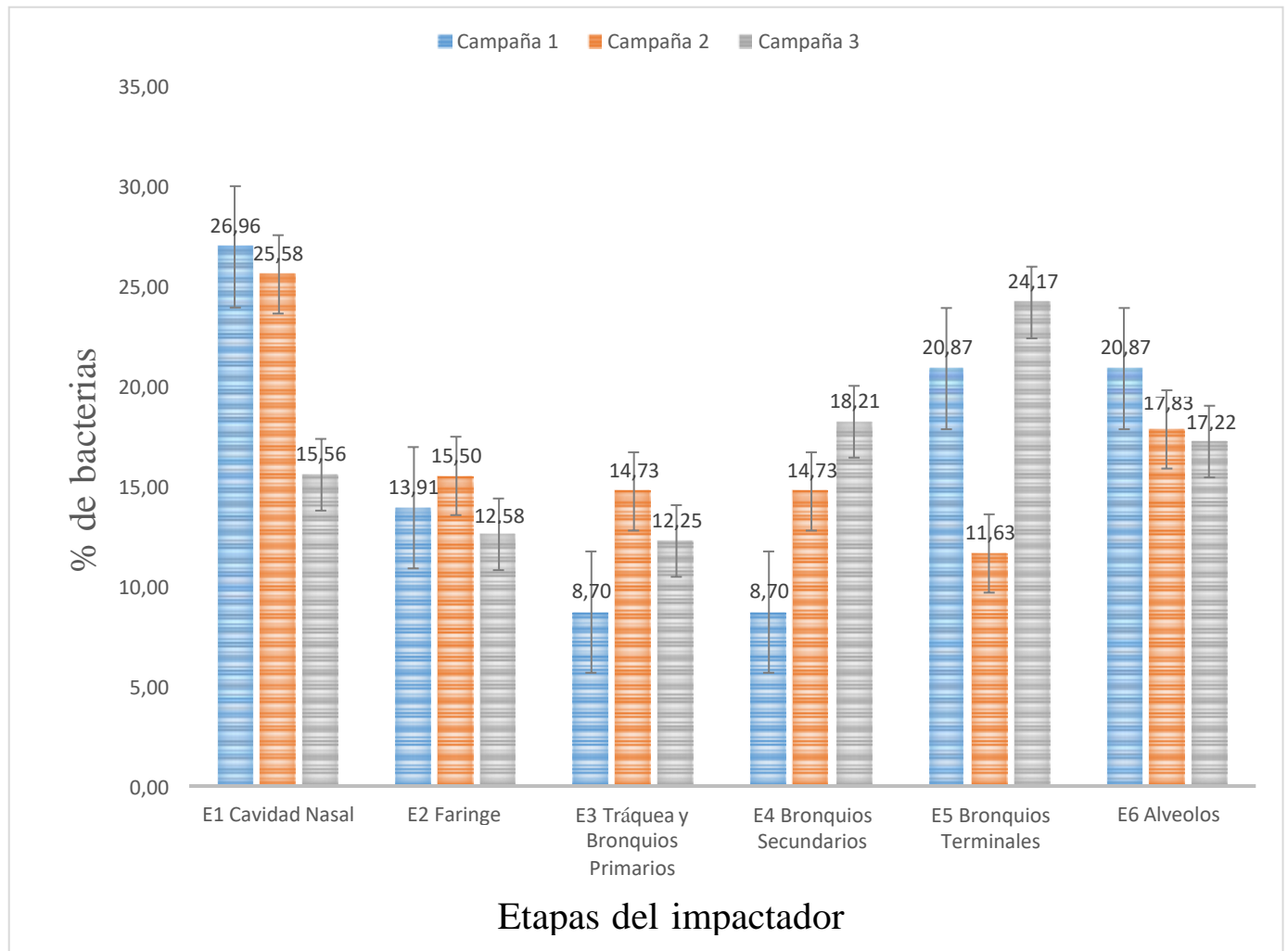
Por otro lado, la bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) se presentó con un porcentaje de 10% bastante preocupante, es una bacteria Grampositiva, aerobia estricta, morfológicamente relacionada con *Bacillus cereus* y *Bacillus anthracis* (Akhtar, 2021). Estas tres especies bacterianas, durante su ciclo de vida, presentan dos fases principales, la fase de crecimiento vegetativo en donde las bacterias se duplican por bipartición cada 30-90 min dependiendo del medio de cultivo y la fase de esporulación, la cual es un programa de diferenciación de bacteria a espora (Khalil, 2017) (Mohammadipour, 2018).

El programa de diferenciación consta de siete estados que se dispara cuando la bacteria se encuentra en limitación de nutrientes. La espora es una forma de vida latente que puede permanecer en el ambiente por periodos de tiempo muy largos (años) en ausencia de humedad y nutrientes. Cuando la espora se encuentra de nuevo en un medio rico que contenga los nutrientes necesarios puede germinar para comenzar de nuevo el crecimiento vegetativo (Herman Sauka, 2021) (Ragno, 2016).

En la **figura 10** se observa el porcentaje de bacterias encontradas en cada campaña según las etapas del impactador, en la campaña 1 se observa que hubo mayor predominancia en la etapa 6 que simula los alveolos. Esto genera preocupación, ya que estos bioaerosoles pueden ser fagocitados por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolo - capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea pudiendo generar enfermedades cardiovasculares (Gustuve, 2018).

Figura 10

Concentraciones en porcentajes de bacterias sedimentadas por campaña



Nota. Gráfico de barras donde se muestran las Concentraciones de bacterias sedimentadas en porcentajes por campaña, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

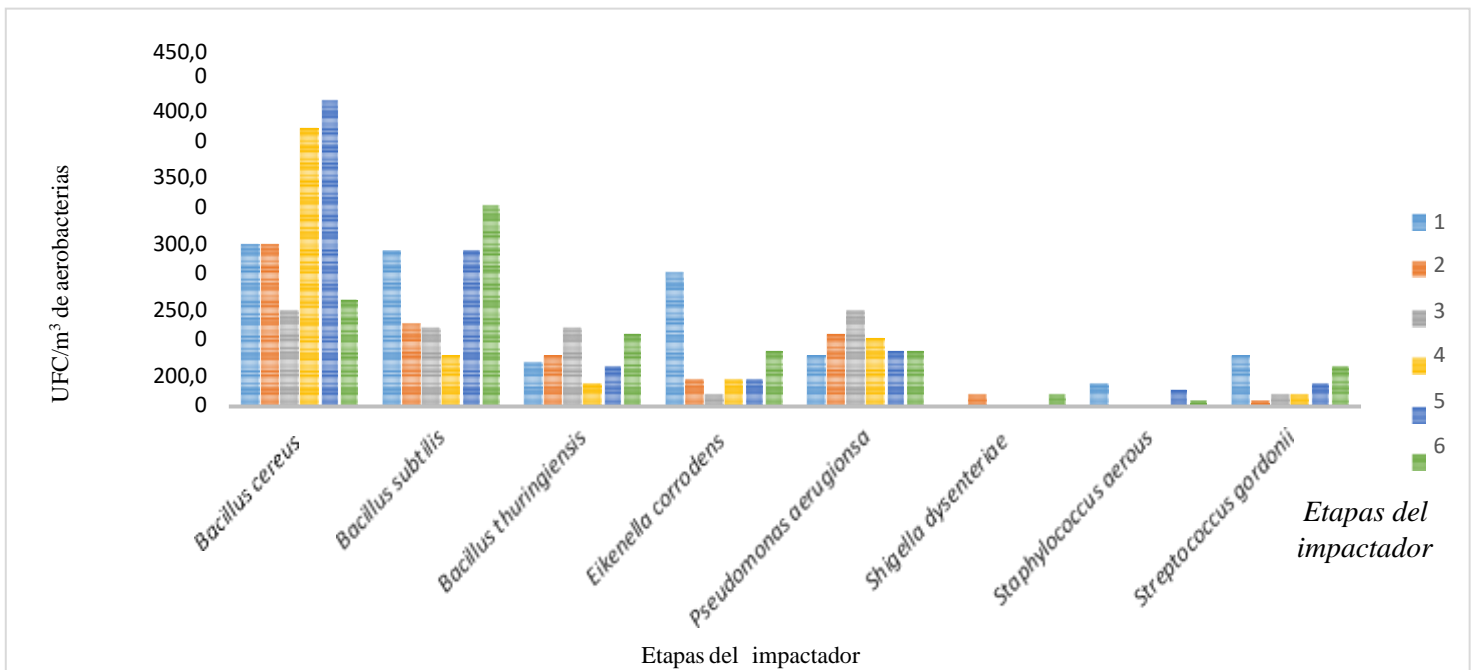
Del mismo modo, en la campaña 1 se observa que hubo mayor predominancia en la etapa 6 que simula los alveolos. Esto figura preocupación, ya que estos bioaerosoles pueden ser fagocitados por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolo - capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea pudiendo generar enfermedades cardiovasculares (Gustuve, 2018). Tampoco podemos dejar fuera Enfermedades del tejido pulmonar, estas con frecuencia afectan la estructura del tejido pulmonar como fibrosis y la sarcoidosis. (Breza Boruta, B, 2016) La cicatrización o la inflamación del tejido hacen que los pulmones no se puedan expandir totalmente (enfermedad

pulmonar restrictiva) (Gines Ortiz, 2007), esto hace que para los pulmones sea más difícil captar oxígeno y liberar dióxido de carbono.

Los pulmones constituyen a la vez un blanco para las enfermedades ambientales y una importante vía de penetración para los bioaerosoles bacterianos, que pueden ser responsables, además, de patología extra respiratorias, pues cerca del 70% del aire inspirado llega hasta los alvéolos, franqueando las defensas del aparato respiratorio (Cardona, 2020), Las bacterias prosperan en el aire cálido estancado, estas inciden directamente en personas con alguna enfermedad pulmonar o alérgicas. La infección se presenta habitualmente por la inhalación del bioaerosol presente en el ambiente y si bien no se multiplica en el aire, ésta es la vía por la que se transmiten, esta se transmite más fácil al estornudar, toser o simplemente respirar o hablar por medio de gotas microscópicas de líquido mucoso bronquial. (Cardona, 2020)

Figura 11

Crecimiento de bioaerosoles bacterianos Vs Etapas del impactador



Nota. Gráfico de barras donde se muestra el Crecimiento de bioaerosoles bacterianos Vs Etapas del impactador, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Es justo en esta área del sistema respiratorio donde se maduran afectaciones respiratorias que posteriormente se convierten en problemas mayores (Heredia Álvarez, 2005)

Es importante mencionar, que las infecciones presentadas en los bronquios terminales y áreas más internas del sistema respiratorio congestionan y deterioran los conductos (vías aéreas o respiratorias) que transportan el oxígeno y otros gases dentro y fuera de los pulmones. (Agostini, 2018)

Tabla 2

Identificación de los bioaerosoles bacterianos encontrados

Campaña <i>T</i>	Especie antes de identificación	Nombre de la especie luego de identificación	Antibiótico		
			Resistencia	Susceptible	No registra antibiótico
<i>a</i>	Sp1	<i>Bacillus subtilis</i>			X
Campaña 1	Sp4	<i>Streptococcus gordonii</i>	Gentamicina		
<i>l</i>	Sp9	<i>Staphylococcus aerous</i>	Ampicilina Penicilina G		
<i>a</i>	Sp1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		➤ Amikacina ➤ Cefepima ➤ Ceftazidima ➤ Ciprofloxacino ➤ Gentamicina ➤ Imipenem ➤ Levofloxacino ➤ Meropenem ➤ Piperacilina- Tazobactam	
<i>2</i>					
<i>.</i>					
<i>I</i>					
<i>d</i>	Sp6	<i>Bacillus subtilis</i>			X
	Sp11	<i>Eikenella corrodens</i>			X
Campaña 2	Sp12	<i>Shigella dysenteriae</i>	➤ Amikacina ➤ Cefazolina ➤ Cefotaxima ➤ Gentamicina	➤ Ampicilina ➤ Ampicilina- Sulbactam ➤ Cefepima ➤ Ceftriaxona ➤ Ciprofloxacino ➤ Ertapenem ➤ Imipenem ➤ Levofloxacino ➤ Meropenem ➤ Piperacilina – tazobactam ➤ Tigeciclina Trimetoprim – sulfametoxazo	
Campaña 3	Sp1	<i>Bacillus cereus</i>	➤ Ampicilina ➤ Cefoxitina ➤ Ceftarolina ➤ Penicilina G		
<i>n</i>	Sp2	SALIO A MISMA ESPECIE SP1 (BACILLUS CEREUS)			
	Sp4				
	Sp5				
<i>d</i>	Sp6	<i>Bacillus thuringiensis</i>			X
<i>e</i>	Sp8	<i>Bacillus subtilis</i>			X

Nota. Tabla de Identificación de las bioaerosoles bacterianos encontrados en las 3 campañas realizadas, por M.

Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

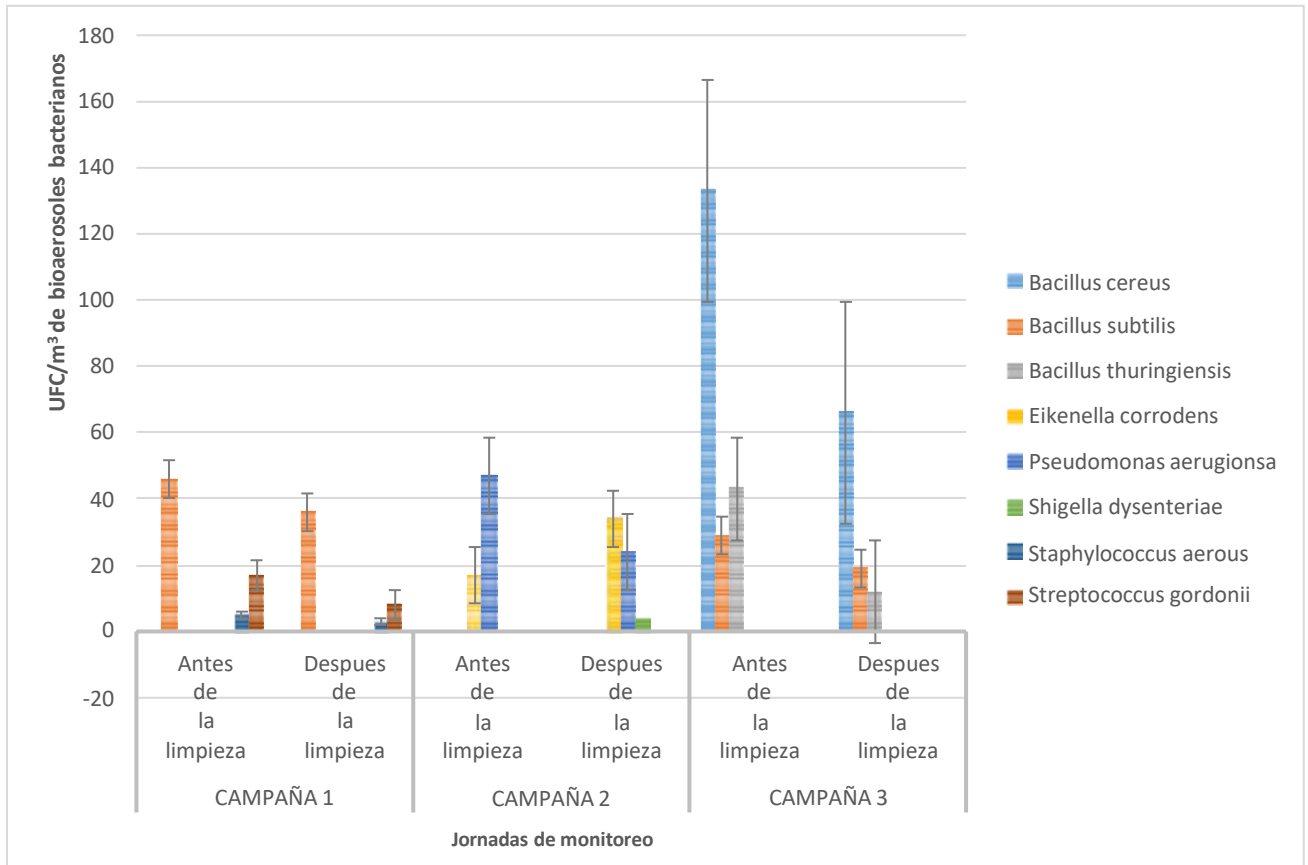
En la **tabla 2**, se exponen las diferentes especies de bacterias encontradas en las tres campañas en la UCIN de la ciudad de Barranquilla.

La razón fundamental de evaluar y estudiar la presencia o la ausencia de los microorganismos alojados en el aire en forma de bioaerosoles, reside principalmente en poder determinar a qué tipo de microorganismos están expuestos no solo los neonatos de esta zona sino también al personal laboral de la unidad médica y los visitantes o familiares de los neonatos.

Dentro de las bacterias encontradas, las *Pseudomonas aeruginosa* es considerada una de las de mayor cuidado pues este microorganismo además de tener una proliferación rápida causa fuente de infecciones intrahospitalarias y puede producir complicaciones graves. (Acosta Gnass, 2017)

Se han aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras de hidromasaje. (Breza Boruta, B, 2016)

Causa infecciones en distintos sitios anatómicos: órganos y sistemas, puede causar infecciones de vías aéreas superiores, como por ejemplo otitis; infecciones de las válvulas cardíacas (endocarditis bacteriana), infecciones de vías urinarias, infecciones de herida quirúrgica en pacientes post-operados, infecciones pulmonares (neumonía) en pacientes que utilizan ventilación mecánica. (Breza Boruta, 2016) Este tipo de infecciones suelen presentarse en pacientes susceptibles con defensas disminuidas incluyendo pacientes con cáncer. (Von Meijenfeldt, 2019).

Figura 12*Comportamiento de bacterias en las jornadas de monitoreo*

Nota. Gráfico de barras donde se muestra el Comportamiento de bacterias en las jornadas de monitoreo, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Las cepas de *B. cereus* aisladas mostradas de manera predominante en la **figura 12** se han destacado por ser sensibles a cloranfenicol, clindamicina, vancomicina, gentamicina, estreptomina, eritromicina y son usualmente resistentes a los antibióticos *b-lactámicos* incluidas las cefalosporinas de 3ra. Generación (Suberviola Cañas, 2014). La explicación se halla en que esta bacteria produce tres tipos diferentes de *b-lactamasas*: la *b-lactamasa* I o tipo A, es una penicilinas extracelular con una serina en el sitio activo; *b-lactamasa* II o tipo C, que se activa con la unión de los iones cinc y cobalto y la III, que es una lipoproteína de clase A unida a membrana que tiene además una forma secretada. (Miao Wang, 2016)

Figura 13*Bacillus cereus* identificación microscópica

Nota. Se muestra ilustración de la identificación microscópica de *Bacillus cereus*, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Bioaerosoles bacterianos y su resistencia a los antibióticos.

A continuación, se muestra la base de datos para los resultados de resistencia bacteriana, donde 1 equivale a (resistencia), y no resistente se manejan como 0. Se identificó con ayuda del equipo BD Phoenix™ este es un instrumento de preparación de inóculo automatizado que se está desarrollando para su empleo (Fagundo-Sierra, 2007), la utilización de este equipo no fue directamente, las muestras fueron llevadas a otro laboratorio y con esa ayuda se logró llevar a cabo esta parte de la investigación. Con este equipo solo se presentó resistencia bacteriana ante los siguientes antibióticos: *Ampicilina*, *Cefoxitina*, *Ceftarolina*, *Penicilina G*, *Gentamicina* y *Amikacina*.

Regresiones y análisis estadístico.

En la **tabla 3** se muestran las compilaciones de las regresiones logísticas que se aplicaron a 6 antibióticos, esta indica cuales fueron los valores estadísticos que se obtuvieron; También se muestran pruebas de razón de verosimilitud cuya función es mostrar como son los comportamientos y reacciones de las bacterias estudiadas a los diferentes antibioticos, presentando así cuál bacteria es resistente o susceptible a un determinado antibiótico. Se reorganizo la base de datos para los resultados de resistencia bacteriana, en donde se establecieron limites siendo a 1 (resistencia y susceptibilidad), y 0 (no resistente), posteriormente se demostró que la mayoría de las bacterias presentaron resistencia a siguientes antibióticos: Ampicilina, Cefoxitina, Ceftarolina, Penicilina G, Gentamicina y Amikacina.

Como paso siguiente se generaron modelos de regresión logística ya que la variable dependiente era del tipo cualitativa dicotómica (resistente y no resistente) correspondiente al registro de resistencia bacteriana para cada uno de los 6 antibióticos, y las variables independientes correspondían a la campaña, jornada, temperatura, humedad, estación, concentración y clasificación.

Tabla 3

Regresiones logísticas, y pruebas de verosimilitud

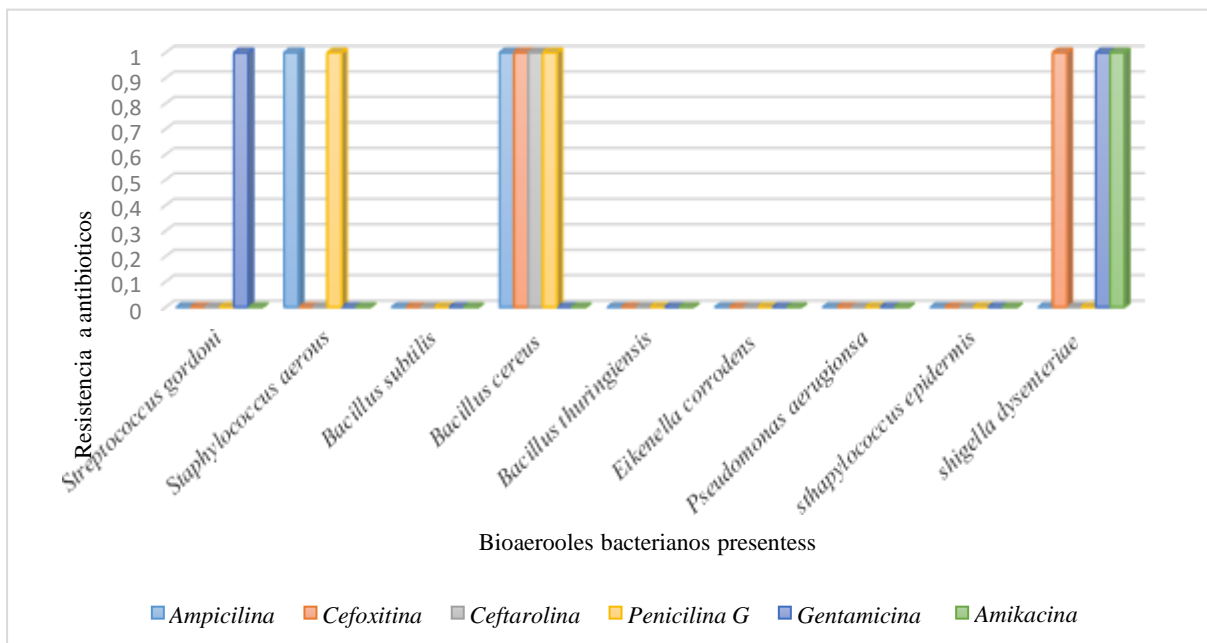
Modelos de regresión logística					
Antibiótico	Análisis de desviación				
	<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
	<i>Modelo</i>	261,8287	8	0	
	<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1	
	<i>Total (corr)</i>	261,8287	241		
	Pruebas de razón de verosimilitud				
	<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
	<i>Clasificación</i>	261,8287	8	0	
	Análisis de desviación				
	<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
Ampicilina	<i>Modelo</i>	246,5653	8	0	
	<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1	
	<i>Total (corr)</i>	246,5653	241		
	Pruebas de razón de verosimilitud				
	<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
	<i>Clasificación</i>	246,5653	8	0	
	Análisis de desviación				
	<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
	Cefoxitina	<i>Modelo</i>	241,0816	8	0
		<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1
<i>Total (corr)</i>		241,0816	241		
Pruebas de razón de verosimilitud					
<i>Factor</i>		<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
<i>Clasificación</i>		241,0816	8	0	
Análisis de desviación					
<i>Fuente</i>		<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
Ceftarolina		<i>Modelo</i>	261,8287	8	0
		<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1
	<i>Total (corr)</i>	261,8287	241		
	Pruebas de razón de verosimilitud				
	<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
	<i>Clasificación</i>	261,8287	8	0	
	Análisis de desviación				
	<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
	Penicilina G	<i>Modelo</i>	138,0278	8	0
		<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1
<i>Total (corr)</i>		138,0278	241		
Pruebas de razón de verosimilitud					
<i>Factor</i>		<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
<i>Clasificación</i>		138,0278	8	0	
Análisis de desviación					
<i>Fuente</i>		<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
Gentamicina		<i>Modelo</i>	23,16659	8	0,0032
		<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1
	<i>Total (corr)</i>	23,16659	241		
	Pruebas de razón de verosimilitud				
	<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
	<i>Clasificación</i>	23,16659	8	0,0032	
	Análisis de desviación				
	<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-p</i>	
	Amikacina	<i>Modelo</i>	23,16659	8	0,0032
		<i>Residuo</i>	2,57E-11	233	1
<i>Total (corr)</i>		23,16659	241		
Pruebas de razón de verosimilitud					
<i>Factor</i>		<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>GI</i>	<i>Valor-P</i>	
<i>Clasificación</i>		23,16659	8	0,0032	

Nota. Tabla de modelos de Regresión logística, y pruebas de verosimilitud, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

A continuación, se expone en el **grafico 14** en donde se evidencia como interactuaban los antibióticos con las diferentes bacterias, mostrando que en la **figura 14** se recalca que la resistencia a la ampicilina se encuentra asociada las cepas de *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aerous*. De la misma manera se muestra la resistencia a la cefoxitina se encuentran asociadas a las cepas de *Bacillus cereus* y *Shigella dysenteriae*. Y así mismo para los demás antibióticos, como resistente a la ceftarolina se encuentra asociada a la cepa de *Bacillus cereus*. Así mismo como resistente a la penicilina g se encuentran asociadas a las cepas de *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aerou*. Se recalca que la resistencia a la gentamicina se encuentra asociada a las cepas de *Shigella dysenteriae* y *Streptococcus gordonii* y muestra la resistencia a la amikacina se encuentra asociada a la cepa de *Shigella dysenteriae*.

Figura 14

Aparición de resistencia de los antibióticos para los diferentes microorganismos



Nota. Gráfico de barras que muestra la Aparición de resistencia de los antibióticos para los diferentes microorganismos, por M. Imitola y DC Vizcaíno, 2021.

Gestión gradual de riesgo laboral por la exposición de bioaerosoles bacterianos

Debido al reiterado turno rotativo del personal laboral en la UCIN mencionado por el mismo jefe de área; cerca de 25 personas, hacían cambios rotativos diarios, cada turno se realizaba en horarios puntuales de (6am, 2pm, 10pm) esto hizo complejo la realización de cuestionarios para las evaluaciones presenciales; debido a esto y el tiempo limitado que se tenía, se optó por la escogencia de la plataforma “Choisir une protection respiratoire contre les bioaérosols”, (una matriz en línea), dicha plataforma ayuda a estimar el riesgo laboral que se presenta en determinados sitios (en este caso, el área de la salud) teniendo en cuenta variables como el nivel de exposición del personal laboral y el peligro asociado al bioaerosol presente. Con el resultado obtenido se escogió la protección más adecuada para la prevención de los bioaerosoles bacterianos que se mostraron a través de la presente investigación. (Assia, 2014)

En la **Tabla 4**, se establece la matriz donde se muestra el factor de protección característica (FPC) que indica el nivel de protección que se espera que brinden estos respiradores o formas de protección para los trabajadores del área estudiada, en buenas condiciones y debidamente ajustados. El FPC es la relación entre la concentración de un contaminante medido en el aire fuera del respirador purificador de aire (RPA) y su concentración dentro del RPA. En la matriz, el FPC se obtiene cruzando el grupo de riesgo seleccionado y el nivel de exposición obtenido al combinar el nivel de control y la tasa de generación, como en la siguiente figura (Communiquer avec le Répertoire, 2016).

Tabla 4*Matriz de análisis*

		Nivel de exposición				
		Muy débil	Bajo	Moderado	Elevado	Muy elevado
Grupo de riesgo	1	No	FPC 10	FPC 10	FPC 10	FPC 10
	2	No	FPC 10	FPC 10	FPC 25	FPC 50/100 ₁
	3	No	FPC 10	FPC 25	FPC 50/100 ₁	FPC ≥ 1000
	4	FPC ≥ 1000	FPC ≥ 1000	FPC ≥ 1000	FPC ≥ 1000	FPC ≥ 1000

Nota. Matriz de análisis, nivel de exposición, por *l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2018*

Para este cálculo la herramienta de acceso remoto para generar la matriz anterior se basó en las siguientes opciones:

- El grupo de riesgo (etapa 2): GR 3: Alto riesgo para el individuo, bajo para la comunidad (microorganismos infecciosos, que causan infecciones generalmente graves para los que en ocasiones existen medios y tratamientos preventivos; bajo riesgo de propagación en la comunidad) El nivel de control: 2 <CAH ≤ 6; ventilación general. (Acosta Gnass, 2017) (Agostini, 2018)
- Tasa de generación: Moderada: Aero-socialización moderada del contaminante biológico; distancia distante de la fuente; paciente infeccioso que tose o estornuda con la boca tapada (Delclòs, 2012).
- Es importante señalar que un microorganismo que normalmente no se transmite por el aire aún puede presentar un riesgo para la salud de los trabajadores que lo inhalen si se encuentra en forma de bioaerosol (Dheda, 2017) (Communiquer avec le Répertoire, 2016). Este puede ser el caso de los patógenos gastrointestinales si se ingieren en cantidad suficiente después de la inhalación (Weizel, 2011).

Por tanto, se recomienda considerar todos los microorganismos con potencial de Aero suspensión en el trabajo y pertenecientes al mismo grupo de riesgo que presentan un riesgo equivalente para la salud de los trabajadores, independientemente del modo de transmisión.

También puede suceder que el modo de transmisión de ciertos agentes infecciosos emergentes no se comprenda bien o no sea objeto de un consenso científico (por ejemplo, el virus del Ébola). Se recomienda precaución en estos casos (Meng, 2017).

En esta matriz los resultados obtenidos se ofrecen únicamente a título informativo y se da como recomendación que su interpretación se realice por un profesional crítico que tenga experiencia en la materia. La herramienta solo debe utilizarse cuando una evaluación de riesgos previa haya demostrado la necesidad de protección respiratoria contra los bioaerosoles en el trabajo. El uso de esta herramienta no reemplaza el enfoque general del higienista ocupacional en cada centro de atención médica.

Conclusiones

Esta investigación permitió determinar que los bioaerosoles bacterianos que se presentaron en mayor concentración en una UCI neonatal estudiada fueron *Pseudomonas aeruginosa* con un 37% y las *Bacillus subtilis* 24% respectivamente, la primera presentada mayormente en la fase 3 del impactador y la segunda 5, al mismo tiempo se encontraron otras bacterias durante los monitoreos las cuales fueron: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Eikenella corrodens*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aerous*, *Streptococcus gordonii*.

Por otra parte, en cuanto a la retención en cada etapa del equipo impactador de cascada, se evidenció que las etapas 2 y 3 relacionadas con faringe, tráqueas y bronquios primarios, fueron las que más retuvieron concentración de bioaerosoles bacterianos durante el tiempo de monitoreo, sin embargo, la etapa 6 correspondiente a los alveolos, a pesar de no ser una de las que más retuvo presentó un alto porcentaje al momento de la recolección durante el tiempo del seguimiento.

La ubicación de los puntos de muestreo se presentó influyente a diferentes factores, como lo son las recurrentes visitas de los familiares de los neonatos y el tráfico de personal laboral por los constantes cambios de turno de la UCIN, y esto pudo tener incidencia en el aumento de las concentraciones y la dispersión de los bioaerosoles bacterianos.

Dentro de las bacterias identificadas, algunas presentaron resistencia a los antibióticos, entre las cuales se pueden destacar:

Shigella dysenteriae y *Streptococcus gordonii*, las cuales fueron altamente resistentes a la gentamicina. *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aerous*., fueron altamente resistentes a la penicilina g. Lo que posiblemente puede afectar tanto a los neonatos como al personal de la salud,

Del mismo modo, se identificaron microorganismos que hasta la fecha no cuentan con un registro de antibióticos para tratarlos, como lo son: *Bacillus subtilis*, *Eikenella corrodens*, y *Bacillus thuringiensis*.

Una de las bacterias con mayor porcentaje que se encontraron en monitoreo antes de la jornada de limpieza, fue la *Bacillus cereus*, siendo esta bacteria responsable del síndrome emético y del diarreico, además se ha identificado vinculada a otras infecciones como endocarditis, endoftalmitis. Esta bacteria es regularmente encontrada en el suelo y en el aire, por lo fácilmente puede ingresar al cuerpo de los neonatos o del personal de la UCIN. De igual modo, la bacteria que se encontró en mayor porcentaje después de la jornada de limpieza corresponde a la mencionada con anterioridad.

Recomendaciones

Para evaluar los bioaerosoles bacterianos presentes en la UCIN, en primera instancia se debe fortalecer el departamento de gestión ambiental y seguridad en el trabajo ya que se considera importante examinar el estado de esta, para el beneficio tanto en los trabajadores como en los pacientes. Este mismo departamento sería el encargado de programar y realizar los monitoreos y evaluaciones que se deban llevar a cabo para conocer el estado de la UCIN y establecer los controles necesarios.

Para estudios posteriores, se recomienda establecer no solo un día de monitoreo, pues las jornadas de proliferación de bioaerosoles bacterianos suelen cambiar con respecto a muchos factores, y si bien; en esta investigación solo se presentaron los monitoreos con respecto a las jornadas de aseo de la UCIN, también se podría evaluar en días de comportamiento solo con los cambios de turno del personal y probar si este factor es influyente o no.

Aumentar el número de puntos de monitoreo teniendo las cuentas todas las corrientes de aire presentes en la UCIN (ventanas, salidas, entradas, etc.) con esto podemos realizar modelo estadístico que nos ayude a ver el crecimiento y la dispersión de los bioaerosoles.

Es conveniente a la hora de elegir equipo de trabajo tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Implementar el programa conocido como ‘mamá canguro’ donde se da a comprender de las condiciones microbiológicas internas y de este modo tener una mejor gestión en las medidas implementadas para la reducción de las IIH en la UCIN y la salud de los neonatos.
- Seguimiento al cumplimiento de las normas de protección personal.

- Evaluar la condición de salud de los trabajadores cada 6 meses, por el departamento de SST (Seguridad, Salud en el Trabajo).
- Exigir el carné de vacunación a todos los trabajadores que ingresan a laborar a la empresa, y regular la vigencia de cada una de las vacunas.

Finalmente es recomendable como se mencionó antes, la realización de los monitoreos, pero sería conveniente que no solo sea dentro del área de trabajo, sino que también a los alrededores o zonas de mayor influencia, con el fin de llevar un control sobre la existencia de estos bioaerosoles bacterianos y aplicar el debido procedimiento para disminuir o eliminar su presencia.

Referencias

- Agudelo-Castañeda, D., De Paoli, F., Morgado-Gamero, W., Mendoza, M., Parody, A., Maturana, A., & Teixeira, E. (2020). Assessment of the NO₂ distribution and relationship with traffic load in the Caribbean coastal city. *Science of The Total Environment*, 720, 25-40. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137675
- Ali Alharbi, S. (2014). Isolation of ultrasmall (filterable) bacteria from patients suffering from ME, and patients and staff of a paediatric hospital. En F. Alshammari, *Saudi Journal of Biological Sciences* (Vols. 27, págs. 1566-1568). Shenzhen, China: ISSN 1319-562X.
- Cano-Jiménez, E., Acuña, A., Botana, M. I., Hermida, T., González, M. G., & Leiro, V. (2016). *Revisión de la enfermedad del pulmón de granjero* (Vols. 52, Issue 6). ISSN 0300-2896. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2015.12.001>.
- Fallone, C., Chiba, N., Veldhuyzen, S., Fischbach, L., & Gisbert, J. (2016). The Toronto Consensus for the Treatment of Helicobacter pylori Infection in Adults. *Gastroenterology*, 51-69.
- l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. (diciembre de 2018). *Choisir une protection respiratoire contre les bioaérosols*. Recuperado el noviembre de 2020, de Choisir une protection respiratoire contre les bioaérosols: <https://www.irsst.qc.ca/bioaerosol/accueil.aspx>
- Mühlhauser, M. (2013). Eikenella corrodens. *Revista chilena de infectología*, 10-18. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182013000200007
- Rivera, B. (2013). Eikenella corrodens. *Revista chilena de infectología*, 10 -18. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182013000200007
- Rodríguez-Niklitschek, C. (2015). Clinical implications of Enterococcus faecalis microbial contamination in root canals of devitalized teeth: Literature review. *Revista Odontológica Mexicana*, 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.rodMex.2015.04.002>
- Abou-Kandil, A. S. (2107). Fate and removal of bacteria and antibiotic resistance genes in horizontal subsurface constructed wetlands: Effect of mixed vegetation and substrate type. *Science of the Total Environment*, 759-765. 10.1016/j.scitotenv.2020.144193
- Abreu-y Abreu, A. T.-A. (2021). Dietary fiber and the microbiota: A narrative review by a group of experts from the Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista de Gastroenterología de México*, 287-304.
- Accini Mendoza, J. L. (2020). Declaración de consenso en medicina crítica para la atención multidisciplinaria del paciente con sospecha o confirmación diagnóstica de COVID-19. En *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* (págs. 287-333). Colombia: ISSN 0122-7262. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.04.003>.
- Accini Mendoza, José Luis, Nieto Estrada, Víctor Hugo, Beltrán López, Nelly, Ramos Bolaños, Elisabeth. (2020). Actualización de la Declaración de consenso en medicina crítica para la atención multidisciplinaria del paciente con sospecha o confirmación diagnóstica de COVID-

19. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo, Volumen 20, Supplement 1*, 1-112. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.09.004>.
- Acosta Gness, S. (2017). Exposición del empleado a enfermedades infecciosas. En *Manual de control de infecciones y epidemiología hospitalaria* (págs. 245-258). Washington,: 525 Twenty-third Street, N.W.
- Agostini, V. O. (2018). Bacteria-invertebrate interactions as an asset in developing new antifouling coatings for man-made aquatic surfaces. *Environmental Pollution*, 271-278. doi: 10.1016/j.envpol.2020.116284
- Akhtar, M. M. (2021). Enhanced insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* using a late embryogenesis abundant peptide co-expression system. En *Journal of Microbiological Methods* (págs. 106 - 207). Rusia: Elsevier B.V. doi.org/10.1016/j.mimet.2021.106207
- Álvarez Martins, Marlene; Giménez Pérez, Montserrat; Reynaga, Esteban; Carabias Ané, Lydia; Mòdol Deltell, Josep. (2020). Novedades en la duración recomendada de los tratamientos antibióticos. En *FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, (págs. 247-253). Barcelona: ISSN 1134-2072.
- Amaya, Alberto. (2019). *Instituto de turismo*. Recuperado el junio de 2020, de http://intranet.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/TH-P13%20%20Procedim%20identifi%20de%20peligros%2C%20valoracion%20de%20riesgos%20e%20indef%20de%20conroles%20V2.docx_.pdf
- Andrés Vélez-Pereira, M. Y. (sep. de 2016). *Scielo*. Obtenido de <https://www.scielo.org/article/rcsp/2014.v40n3/362-368/>
- Andrés Vélez-Pereira, M. Y. (SEP de 2016). *SCIELO*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662014000300006
- Andrés, V. P. (2015). Aerobacterias en las unidades de cuidado intensivo del Hospital Universitario "Fernando Troconis", Colombia. *scielo*.
- Araujo, R. A. (2009). Microbial forensics: ¿Do *Aspergillus fumigatus* strains present local or regional differentiation? *Forensic Science International*, 297-299.
- Archibole, A. (2015). *Max Schmidheiny Strasse* (Rheintal ed.). Heerbrugg, Kantons St. Gallen, Suiza: Leica Microsystems. Obtenido de https://www.leica-microsystems.com/fileadmin/downloads/Leica%20DM750/User%20Manuals/Leica_DM750_UserManual_ES.pdf
- Assia, M. A. (2014). Genomic analysis of a multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* ST11 strain recovered from Barbary deer (*Cervus elaphus barbarus*) in Akfadou Forest, Algeria,. En B. Olivier, *The emergence and worldwide spread of carbapenemase-producing Enterobacterales (CPE) is a great public-health concern. This study aimed to screen for the presence of CPE isolates from Barbary deer in Akfadou Forest, Béjaïa (Algeria)*. (págs. 515-518). ISSN 2213-7165.
- Ayodele, A., & Douglas, C. (julio de 2019). Molecular analysis of florfenicol-resistant bacteria isolated from drinking water distribution systems in Southwestern, Nigeria,. *Bacteria isolates*, ISSN 2213-7165, 22-47.

- Bacera, marcos. Fiestas, Solorzano. Tantalean, Vincent. (6 de mayo de 2019). Viral etiology of severe acute respiratory infections in a pediatric intensive care unit. *36*, 231-238. Lima, Peru.
- Batres, Arturo; Buescher, Stephen; Calvari, Miriam. (2010). Manual de microbiología. En J. T. Rodríguez, & D. P. Cohrs, *microbiología: lo esencial y lo básico* (págs. 218-230). Guatemala: Organización paramericana de la salud.
- Becerra, R. C. (2015). Characterization of Bioaerosols in Administrative Buildings in Bogotá 2012-2013. *Ciencia en Desarrollo*, 74 - 88. Recuperado noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882015000100006
- Bing Yuan. Zhangb Yun-Hui. Leungc, N. H. (2018). Role of viral bioaerosols in nosocomial infections and measures for prevention and control. *Contents lists available at ScienceDirect*, 200-211.
- BioSistems S.A.S. (2008). En m. Loveton, *BD Phoenix automated microbiology system* (págs. 3-11). Estados Unidos: Sparks MD.
- Blanco, J., & Macedo, m. (2012). Infecciones hospitalarias. En *TEMAS DE BACTERIOLOGÍA Y VIROLOGÍA MÉDICA* (págs. 245-254). España: Geneva.
- Bonilla, Mónica; Pajares, Pajares; Viguera, Juan Gabriel; Sigala, Juan Carlos; Le Borgne, Sylvie. (2016). INOCULACIÓN DE MEDIOS SÓLIDOS Y AISLAMIENTO DE CULTIVOS PUROS. En M. Bonilla, P. Pajares, J. G. Viguera, J. C. Sigala, & S. Le Borgne, *MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA BÁSICA* (págs. 29-38). Cuajimalpa: Iztapalapa.
- Bonneau, A., Roche, B., & Schalk, I. (15 de marzo de 2000). Scopus. *Scientific Reports*, 87-94. Recuperado el 4 de marzo de 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077694283&doi=10.1038%2fs41598-019-56913-x&partnerID=40&md5=e3259d2594246892c1a7b12c27bde537>
- Borrego Alonso, Sofía; Perdomo Amistad, Ivette. (2014). Caracterización de la microbiota aérea en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista Iberoamericana de Micología*, 182-187. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2013.09.004>.
- Breza Boruta, B. (2016). *La evaluación de la contaminación bacteriana y fúngica en el aire emitida por un vertedero municipal en el norte de Polonia*. Polonia: PinguinRan.
- Breza Boruta, B. (9 de abril de 2016). The assessment of airborne bacterial and fungal contamination emitted by a municipal landfill site in Northern Poland. Łódź, Polonia: ISSN 1309-1042. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S130910421630037X>
- Breza-Boruta, B. (2016). The assessment of airborne bacterial and fungal contamination emitted by a municipal landfill site in Northern Poland. *Atmospheric Pollution Research*, 1043-1052.
- Breza-Boruta, B. (2018). *La evaluación de la contaminación bacteriana y fúngica en el aire emitida por un vertedero municipal en el norte de Polonia*. Polonia: PinguinRan.
- Bush, A. (2003). Bronchoscopy in paediatric intensive care. *Paediatric Respiratory Reviews*, 67-73.
- Calaf, R. C.-C. (2011). *Determination of uremic solutes in biological fluids of chronic kidney disease patients by HPLC assay*, (Vols. 879, Issue 23). ISSN 1570-0232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2011.06.014>.

- Canova-Barrios, C. O.-S. (2021). Health-related quality of life among intensive care unit workers. En *Enfermería Intensiva* (págs. 69-82). Buenos aires: ISSN 1130-2399. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2020.11.002>.
- Cardona, J. D. (2020). *Contaminación Ambiental y Enfermedad Respiratoria*. Santiago de Chile: Scielo. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482010000100004&script=sci_arttext&lng=en
- Carvajal, C. A. (19 de mayo de 2016). Universidad de la Costa CUC. Tubará: RETAKVN. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/641/1140866374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carvajal, Claudia Andrea. (19 de mayo de 2016). Evaluación del comportamiento de aerobacterias en el corregimiento de Cuatro Bocas. Tubará, Atlántico, Colombia.
- Castañeda Roldán, E. M. (2016). *Quantification of airborne microorganisms in the areas of process in a shoe factory and its relation to workers' health*. Recuperado el 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-80052763612&partnerID=40&md5=12413a2c6f53e5ec987c548804957007>
- Castellanos Lorduy, Héctor; Casadiego Rincón, Elkin Javier; Henao-Riveros, Sandra Consuelo;. (2021). Cutibacterium Acnes Tetracycline Resistance Profile in Patients with Acne Vulgaris, in a Colombian Dermatologic Center. En *Actas Dermo-Sifiliográficas* (págs. 245-270). Bogotá: ISSN 0001-7310. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2021.05.004>.
- Castillo Cano, F. J. (junio de 2019). EFECTIVIDAD ANTIBIOFILM INTRACONDUCTO DE UN HIDROGEL CARGADO CON CLINDAMICINA Y AMFOTERICINA B SOBRE UN BIOFILM MULTIESPECIE DE ENTEROCOCCUS FAECALIS, STREPTOCOCCUS GORDONII Y CANDIDA ALBICANS". Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.
- Castillo Ruiz, E., Petoyme Aguilera, P., & García Escoga, S. G. (2019). Bronchoscopies in neonatal intensive care units. *Archivos de Bronconeumología*, 119-121.
- Ceburek, F. S. (6 de Julio de 2005). *scopus*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-24944496772&partnerID=40&md5=dfc173c7c13513c32288307309c6e338>
- Changrong Wang, Z. L. (2019). Cadmium-resistant rhizobacterium *Bacillus cereus* M4 promotes the growth and reduces cadmium accumulation in rice (*Oryza sativa* L.),. *Toxicologia ambiental y farmacologica*, Volumen 72.
- Chen, Y. Y. (2019). Pathogenic characteristics of nosocomial infections in patients with cerebrovascular diseases and characteristics and treatment of pathogenic bacteria in different seasons. *Journal of Infection and Public Health*, 1-6.
- Chmiel, M. K.-B. (23 de octubre de 2019). *Springer Link*. Recuperado el Julio de 2020, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10453-019-09614-x>
- Ciotti, C. G. (2021). Bacteria which are highly resistant to antibiotics are not resistant hydro-alcoholic products. En *Infectious Diseases Now* (Vols. Volume 51, Issue 1, págs. 77-80). Clichy, Francia: ISSN 2666-9919,. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2020.10.002>.

- Cisneros herreros, J. M. (2007). Guidelines for the diagnosis and treatment of patients with bacteriemia. En *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* (págs. 111-130). España: Elsevier España S.L. doi: doi.org/10.1016/S0213-005X (07)74242-8
- Clinica universidad de navarra. (14 de marzo de 2017). World's best hospitals. madrid, España.
- Communiquer avec le Répertoire. (12 de enero de 2016). *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. Recuperado el 2020, de <https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/apruq/guide-reglementaire/Pages/000-table-des-matieres.aspx>
- Correa, M. C. (2016). *Bacillus cereus an important pathogenthe microbiological control of food*. Medellin: Epub 1999/06/11. doi: 10.17533/udea.rfnsp.v34n2a12
- Cortés., S. V. (abril de 2019). *scielo*. Obtenido de scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v23n4/0123-9392-inf-23-04-00318.pdf>
- Cristian Díaz-Vélez. (2016).
- Dai, H., Gao, J., Li, D., Wang, Z., & Duan, W. (2020). Metagenomics combined with DNA-based stable isotope probing provide comprehensive insights of active triclosan-degrading bacteria in wastewater treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 404-407. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124192
- Daza Pérez, R. (2016). Resistencia bacteriana a antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria. En *Bacterias* (págs. 2-11). Hierro: Inf Ter Sist Nac Salud.
- Del Moral, T. (2019). *Nosocomialinfections in premature infants, where are we going?* New York: ISSN 1695-4033. Recuperado el 25 de 10 de 2019, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403319301419>
- Delclòs, J. A. (2012). *Identificación de los riesgos laborales asociados a enfermedad sospechosa de posible origen laboral atendida en el Sistema Nacionalde Salud*, (Vols. 44, Issue 10). ISSN 0212-6567. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2011.11.006>.
- Dheda, K. L.-R. (2017). Dinámica de transmisión de pacientes con tuberculosis extensamente farmacorresistente y pacientes con alta hospitalaria con tuberculosis incurable programáticamente: un estudio de cohorte prospectivo. *The Lancet Respiratory Medicine*, 269-281. Recuperado el 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85009742332&doi=10.1016%2fS2213-2600%2816%2930433-7&partnerID=40&md5=3dbe8564ce82e20adf0d6e972d1eacc3>
- Dias-Gonçalves, V. M.-P. (2019). Detection of multidrug-resistant Enterobacteriaceae isolated from river waters flowing to the Guanabara Bay and from clinical samples of hospitals in Rio de Janeiro, Brazil. *revista del Instituto Nacionalde Salud*, 135-149.
- Diaz, amalfy. (2018). Definiciones y conceptos basicos. En G. A. Diaz Muñoz, *Guuia para trabajadores expuestos a riesgos biologicos* (págs. 7-20). bogota: mintrabajo.
- Diego Vélez, J. R.-S. (2012). *Protocolo de estudio y manejo de pacientes con aspergilosis*, (Vols. 16, Supplement 3,). ISSN 0123-9392. doi: [https://doi.org/10.1016/S0123-9392\(12\)70036-X](https://doi.org/10.1016/S0123-9392(12)70036-X).

- Donohue, J. D. (2015). Quantification of *Legionella pneumophila* by qPCR and culture in tap water with different concentrations of residual disinfectants and heterotrophic bacteria. *Science of the Total Environment*, 774 - 780. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145142
- Erge Akkaya, N., Ergun, C., Saygun, A., Yesilcubuk, N., Akel Sadoglu, N., Kavakli, H., . . . Catalgil Giz, H. (2020). *New biocompatible antibacterial wound dressing candidates; agar-locust bean gum and agar-salep films*. Department of Chemical Engineering. Maslak: ISSN 0141-8130.
- Estañ-Capella, javier; Alarcón-Torresa, Beatriz; Bermúdezc, José Domingo. (2017). Effect of a surveillance system for decreasing neonatal nosocomial infections. *Early Human Development*, 36-40.
- Fagundo-Sierra, R. C.-S.-J. (2007). *Evaluación del instrumento automatizado Phoenix en la identificación y antibiograma de bacterias de origen clínico*. Departamento de Microbiología, Carpermor. Culiacan: C.P. 06470.
- Fariñas, M. C.-M. (2013). Infecciones causadas por bacterias gramnegativas multirresistentes: enterobacterias, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* y otros bacilos gramnegativos no fermentadores. *Multiresistant Gram-negative bacterial infections: Enterobacteria, Pseudomon.* En *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* (págs. 402-409). cataluña: Elsevier España, S.L. doi: doi.org/10.1016/j.eimc.2013.03.016
- Fontaine, C. T. (2021). Prevención de las infecciones nosocomiales en reanimación. En J. L. Bourgain, *Anestesia-Reanimación* (págs. 1-16). Vancouver, Canada: ISSN 1280-4703. [https://doi.org/10.1016/S1280-4703\(21\)45030-9](https://doi.org/10.1016/S1280-4703(21)45030-9)
- Foundation, European Lung. (6 de mayo de 2015). Recuperado el 8 de julio de 2017, de <https://www.europeanlung.org/es/enfermedades-pulmonares-e-informaci%C3%B3n/factores-de-riesgo/la-contaminaci%C3%B3n-del-aire-interior>
- Frączek, K. K. (2016). Strain differentiation of airborne opportunistic microorganisms within a municipal landfill area as assessed by PCR MP method. *Aerobiologia*, 32(3), 499-511.
- Frank Wenceslao Castro López, y. o. (jul de 2017). *scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192007000300005
- Fuentes Fernández, G. P. (2014). Characterization of cystic fibrosis patients who died in the course of disease. *Revista Cubana de Pediatría*, 7-13.
- Fuhrman, J. (2009). Microbial community structure and its functional implications. *Nature*, 193-199.
- Gallego-Cartagena, E., Morillas, H., Maguregui, M., Patiño-Camelo, K., Marcaida, I., Morgado-Gamero, W., . . . Madariaga, J. (2020). A comprehensive study of biofilms growing on the built heritage of a Caribbean industrial city in correlation with construction materials,. *ISSN*, 0964-8305. doi: doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104874
- García, M., Robledo, F., Collazos, A., Alvarez, E., Carrandi, B., & Toña, F. (2001). Agentes biológicos. En M. D. CONSUMO, *PROTOCOLOS DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA* (págs. 59-191). Madrid: ISBN: 84-7670-616-2.
- García, T., Castillo, A., & Ortega, L. (2014). Isolated microorganisms of hospitalized patients in intensive care unit. Identification and antimicrobial resistance. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencia*, 13(2), 25-30.

- Geehan, S. A. (2016). Nosocomial Fungal Infections. *Henry Ford Hospital*, 1023-1051.
- George Pierre, D., & Ward, P. (3 de abril de 2010). Severe acute respiratory syndrome (SARS): infection control. *The lancet*, págs. 1337 - 1338. Obtenido de https://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf
- Gien López, J. A. (2006). *Valor predictivo de la escala APACHE II sobre la mortalidad en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Mérida Yucatán*. Yucatán: Rev Asoc Mex Med. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2006/ti061e.pdf>
- Gines Ortiz, V. C. (2007). *Calidad microbiologica en ambientes interiores*. applus ambiente.
- Giraldo Sanchez, J. M. (2017). Risk prediction applied as a tool to reduce Acinetobacter baumannii infection in an Intensive Care Unit. En *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* (págs. 23-28). honda: ISSN 0122-7262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acci.2016.10.005>.
- Gómez Álvarez, C. A. (2005). Mechanisms of resistance in pseudomonas aeruginosa: understanding a dangerous enemy. *Revista de la Facultad de Medicina*, 2357-3848. doi:10.15446/revfacmed
- González Fernández, J. I. (2020). *Gestión de los cadáveres durante la pandemia por COVID-19 en España* (Vols. 46, Issue 3). España: ISSN 0377-4732,. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.05.001>.
- González Fernández, J. I. (2020). *Management of corpses during the COVID-19 pandemic in Spain* (Vols. 46, Issue 3). españa: ISSN 2445-4249. doi: <https://doi.org/10.1016/j.remle.2020.05.001>
- Gonzalez, E. C. (2016). *Evaluación de bioaerosoles desde un relleno*. Tesis, Barranquilla. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/945/1140864876%20-%201140870541%20%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González-Fernández, J., Ibáñez-Bernáldez, M., Martínez-Tejedor, J. A., Alama-Carrizo, S., Sánchez-Ugena, F., & Montero-Juanes, J. M. (2020). *Gestión de los cadáveres durante la pandemia por COVID-19 en España* (Vols. 46, Issue 3). España: ISSN 0377-4732. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.05.001>.
- Goto, M. A.-H. (2013). *scopus*. Recuperado el 2020, de Carga general de la infección del torrente sanguíneo y la infección del torrente sanguíneo nosocomial en América del Norte y Europa
- Guimaraes, S. G. (2014). Pharmacological prospection in-vitro of Lamiaceae species against human. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1-7.
- Gustuve, M. O. (2018). *Air pollution an its effects on health*. chile: scielo. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Guzmán, E. T. (2009). *El ININ hoy*. Recuperado el noviembre de 2020, de <http://inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/CN%2058%20Bioaerosoles.pdf>
- Habib Zeighami, G. N.-d. (2014). *Frequency of hemolysin BL and non-hemolytic enterotoxin complex genes of Bacillus cereus in raw and cooked meat samples in Zanjan, Iran*,. Vancouver: ISSN 2214-7500.
- Hassan, A. K. (2015). Nosocomial infections and their control strategies. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 509-514.

- Hassoun Kheir, N. S. (25 de mayo de 2020). Comparison of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic resistance genes abundance in hospital and community wastewater: A systematic review. (I. 0048-9697, Ed.) *Elsevier*, 1-48.
- Heredia Álvarez, F. (2005). Doctrina.vlex. En B. Dawson, & R. Trapo, *Epidemiología general y clínica* (págs. 105-109). Belgica: Newbury Park:.
- Herman Sauka, D. P. (2021). New entomopathogenic strain of *Bacillus thuringiensis* is able to solubilize different sources of inorganic phosphates. En *Applied Soil Ecology* (págs. 38 - 49). New York: Elsevier B.V. doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103839
- Hernández Blasco, L., & Romero Candeira, S. (2010). *Enfermedades respiratorias por drogas ilegales y por la inhalación de tóxicos* (Vol. 76). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-84-8086-298-1.50076-7>
- Hernández Calleja, A. (17 de agosto de 2001). Agentes biológicos: planificación de la medición. Málaga, España. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_608.pdf/a283f0f3-3529-42cf-b9f5-f73d91c11081
- Hernández Suárez, M. H. (2010). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. con microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en Crecimiento y Rendimiento de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Agraria nueva Epoca*, 17-45.
- Hernandez, M., & Lopez, A. (2017). *Estimación de la exposición laboral a los bioaerosoles y su riesgo en su riesgo en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos en el departamento delatlantico*. Barranquilla: CUC.
- Hernando, e., Vila, a., D'Ippolito, p., Rodón, j., & Roura, x. (2020). Prevalence and Characterization of Urinary Tract Infection in Owned Dogs and Cats From Spain. *Topics in Companion Animal Medicine*, 43-56. doi: 10.1016/j.tcam.2021.100512
- Herr, C. (2014). *Übertragbare Krankheiten: Herausforderung für die Öffentliche Gesundheit*. München: ISSN 0944-5587. <https://doi.org/10.1016/j.phf.2014.07.008>.
- Higuero, tomas. Silvestre, Elizabet. (2016). La calidad del ambiente interior y la salud. En M. Figols, *Guía de calidad de aire interior* (págs. 45-109). España: printed in Spain.
- Hou, Wei; Hu, Fang; Sun, Shaohua; Dong, Xiaotong. (2020). Occurrence and distribution of antibiotic resistance genes in lakes and reservoirs from water-receiving area of Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project, Northern China. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3029-3037. doi:10.2166/ws.2020.190
- IDEAM. (2017). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>
- INSHT. (14 de mayo de 2014). *Ministerio de trabajo y economía social*. Recuperado el 9 de octubre de 2019, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/agen_bio.pdf
- Intituto Aragonés de ciencias de la salud. (2016). Principales infecciones en UC. En *Patologías infecciosas* (págs. 35-40). México: Sepis.

- Iolanda, J. T. (2015). Trends in nosocomial infections and multidrug-resistant microorganisms in Spanish pediatric intensive care units. *Enferm Infecc Microbiol*, 1-7.
- IRPLD. (20 de octubre de 2017). *Institut de recherche pour le développemet*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de <https://es.ird.fr/toda-la-actualidad/actualidades-cientificas/el-impacto-sanitario-de-los-bioaerosoles>
- Izzeddin A., N. M. (2011). *Evaluación de bioaerosoles en ambientes de centros de salud de la ciudad de Valencia, Venezuela*. Valencia: KASMER.
- Izzeddin, Neal; Medina, Laures; Rojas, Theodore. (2011). *Scopus*. Recuperado el abril de 2019, de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84862869513&origin=inward&txGid=4e887018038355ef879fc5fbfd803e98>
- J. Salvador Marín, F. F. (2021). Factores de riesgo para el ingreso prolongado y mortalidad intrahospitalaria en la fractura del fémur proximal en pacientes mayores de 65 años. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 143-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.recot.2020.11.008>.
- Jadhav, D., Gajalakshmi, S., & Pant, D. (2019). Blending of microbial inocula: An effective strategy for performance enhancement of clayware Biophotovoltaics microbial fuel cells. *Bioresource Technology*, 323-333. doi:10.1016/j.biortech.2020.124564
- Jenkins, D. (2015). *Nosocomial infections*. Cuba: PREVENTION AND CONTROL OF INFECTION.
- Jiang, Z.-q., Shi-dong Wang, Fengb, D.-d., & Zhang, B.-x. (2013). Epidemiological risk factors for nosocomial bloodstream infections: A four-year retrospective study in China. *Journal of Critical Care*, 92-96.
- Khalil, N. F. (2017). Bactericidal activity of Myrrh extracts and two dosage forms against standard bacterial strains and multidrug-resistant clinical isolates with GC/MS profiling. *AMB Express*. Obtenido de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078496920&doi=10.1186%2fs13568-020-0958-3&partnerID=40&md5=1116f54f5c24fa6158935d9014431b38>
- Lanza, N. B. (2018). *Scopus*. Recuperado el 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060718788&doi=10.15381%2frivep.v29i4.14436&partnerID=40&md5=3cb4c1b885f835a56ce42c0f309e3e7e>
- LégisQuebec. (14 de Julio de 2020). *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*. Obtenido de <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>
- Leiva, J., & Del Pozo, J. L. (2017). Bacilos gramnegativos de crecimiento lento: grupo HACEK, Capnocytophaga y Pasteurella. En L. Leiva, *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* (Vol. 35, págs. 29-43). Pamplona, España: 0213-005X.
- Llamarés, r., Esquivel, g., & Merino, I. (2013). *Hongos levaduriformes de interés médico de ambientes de aserraderos*. Chaco: Las heras 227.
- López-Cerero, L. (2014). *Role of the hospital environment and equipment in the transmission of nosocomial infections*. Sevilla: Issue 7. doi:10.1016 / j. eimc.2013.10.004

- Lorenzo-Gómez, M. F., Santos-Antunes, M. T., Lorenzo-Gómez, A., Márquez-Sánchez, M. T., Valverde-Martínez, L. S., González-Casado, I., . . . Padilla-Fernández, B. (2020). Influencia del tabaquismo en la resistencia bacteriana después de la profilaxis frente a infecciones urinarias recurrentes con antibiótico o con vacuna. En *Actas Urológicas Españolas* (págs. 497-504). Salamanca: Issue 7,. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2020.04.002>
- Macedo, m. (2010). Infecciones. En j. Blanco, *TEMAS DE BACTERIOLOGÍA Y VIROLOGÍA MÉDICA* (págs. 245-253). Málaga: Probiotek S.A.
- Majumdar, S. P. (2012). Nosocomial infections in the intensive care unit. *INTENSIVE CARE*, 204-208.
- Maldonado-Vega, M. P.-C. (2014). Bioaerosols and evaluation of air quality in two hospital centers located in Leon, Guanajuato, México [Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en León, Guanajuato, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 138-143.
- Maldonado-Vega. (2014). Recuperado el 2019, de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84908618983&origin=inward&txGid=9b691ee9fdf83950b1f9c117568f6c19>
- Manso, S. C. (2105). *Evaluation of natural colonisation of cementitious materials: Effect of bioreceptivity and environmental conditions*, (Vols. 512–513). ISSN 0048-9697. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.086>.
- Marie-He'le'ne, N.-C. G.-D.-J. (2012). *10-Fold increase (2006–11) in the rate of healthy subjects with extended-spectrum b-lactamase-producing Escherichia coli faecal carriage in a Parisian check-up centre*. Clichy: Oxford University. doi: doi:10.1093/jac/dks429
- Martínez, M. J. (2002). Bronchoscopies in neonatal intensive care units: safety and efficiency. *Cirugía pediátrica: organo oficial de la Sociedad Española de Cirugía Pediátrica*, 52-56.
- Medina, Jhorman; De la hoz, Stephanie. (2018). *Repositorio CUC*. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/58/1140882521%20-%201143158034.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meng, H. Z. (2017). Simultaneous occurrence and analysis of both anammox and n-damo bacteria in five full-scale wastewater treatment plants,. *ISSN 0964-8305*, 156-210.
- Miao Wang, M. Y. (2016). Effects of probiotics *Bacillus cereus* NY5 and *Alcaligenes faecalis* Y311 used as water additives on the microbiota and immune enzyme activities in three mucosal tissues in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in outdoor tanks,. *Informes de agricultura*, 12-34.
- MINSALUD. (2015). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/cartilla-participante-prevencion-mitigacion.pdf>
- Mitnick, C. S. (2008). Comprehensive treatment of extensively drug-resistant tuberculosis. *New England Journal of Medicine*, 563-574.
- Mohammadipour, Z. E. (2018). Bacterial Diversity and Chemical Properties of Wheat Straw-Based Compost Leachate and Screening of Cellulase Producing Bacteria. *Waste and Biomass Valorization*, 12-26. doi:10.1007/s12649-020-01119-w

- Morgado Gamero, W. (febrero de 2017). *Evaluación de bioaerosoles fungiasociados a un Relleno sanitario ubicado en el Municipio de Tubara, Departamento del Atlántico*. Manizales. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/325478389_Evaluacion_de_bioaerosoles_fungi_asociados_a_un_Relleno_sanitario_ubicado_en_el_Municipio_de_Tubara_Departamento_d_el_Atlantico
- Morgado Gamero, W. B. (16 de mayo de 2019). Antibiotic Resistance of Airborne Viable Bacteria and Size Distribution in Neonatal Intensive Care Units. Barranquilla, Atlantico, Colombia.
- Morgado, W. (agosto de 2017). Evaluación de bioaerosoles fungiasociados a sistemas de disposición final: Relleno sanitario Parque Ambiental Los Pocitos, Municipio de Tubara Departamento del Atlántico. Tubará, Tubará, Colombia.
- Morgado-Gamero, W. M.-C. (2019). Evaluación de la presencia de bioaerosoles en una unidad de cuidados intensivos neonatales. *Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública (CASP)* (págs. 1-10). Barranquilla: INPROCEEDINGS. doi:10.1109/CASAP48673.2019.9364039
- Morgado-Gamero, W., Parody, A., Medina, J., Rodriguez-Villamizar, L., & Agudelo-Castañeda, D. (April de 2021). Multi-antibiotic resistance bacteria in landfill bioaerosols: Environmental conditions and biological risk assessment,. *Environmental Pollution*, 36-52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118037>
- Moya Sánchez, E. R. (11 de agosto de 2018). *ScienceDirect*. Recuperado el 8 de noviembre de 2018, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033833817301455>
- Moya-Sánchez, E., & Ruiz-Carazo, E. (2018). *Infeción por Aspergillus flavus en prótesis aórtica: hallazgos por imagen*, (Vols. 60, Issue 2). ISSN 0033-8338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rx.2017.09.001>.
- Nan Wang, M. J. (2017). Amelioration of Cd-induced bioaccumulation, oxidative stress and intestinal microbiota by Bacillus cereus in Carassius auratus gibelio,. *Quimosfera*, Volumen 245.
- Ngweme, G., Laffite, A., Otamonga, J.-P., Mulaji, C., & Poté, J. (abril de 2014). Hospital wastewaters: A reservoir and source of clinically relevant bacteria and antibiotic resistant genes dissemination in urban river under tropical conditions,. En D. Mohammed, *Ecotoxicology and Environmental Safety* (Vol. 200, págs. 154-163). Kinshasa, Asia: ISSN 0147-6513. Recuperado el 12 de agosto de 2019, de Air life: <https://www.flickr.com/photos/99004333@N08/9417128144>
- Ni, L., Shi, S., Wu, M., Ma, J., & Wang, Y. (2019). Fouling behavior and mechanism of hydrophilic modified membrane in anammox membrane bioreactor: Role of gel layer. *Journal of Membrane Science*, 620-623. doi: 10.1016/j.memsci.2020.118988
- Nie, H. Q. (2018). How do tree species characteristics affect the bacterial community structure of subtropical natural mixed forests? *Science of the Total Environment*, 764-782. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144633
- Nitiu, D. M. (2015). *scopus*. Recuperado el febrero de 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84950317342&partnerID=40&md5=4f0647f323b4ef21914e85bce84e569a>

- Noelia B. Acosta Pedemonte, N. S. (2019). *Bacillus cereus* bacteremia in a patient with an abdominal stab wound. *Revista de microbiología*, 53-62.
- Ochmański, W. B. (2013). *Scopus*. Recuperado el 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0033641963&partnerID=40&md5=febc693019f1e6b0fa2810a0bd61f052>
- OMS. (2015). *OMS*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). ALIANZA MUNDIAL PARA LA SEGURIDAD DEL PACIENTE. En *DIRECTRICES DE LA OMS SOBRE HIGIENE DE LAS MANOS EN LA ATENCIÓN SANITARIA* (Vol. Vol. 05.2, págs. 07-25). Ginebra, Suiza: Avenue Appia.
- Otero Guerra, L., & Vázquez, F. (Marzo de 2018). *Impact of microbial resistance on therapeutic decisions in sexually transmitted infections* (Vols. 36, Issue 3). Cataluña, España: ISSN 0213-005X. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2017.11.008>.
- otros, S. V.-B. (abril de 2019). *scielo*. Obtenido de scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v23n4/0123-9392-inf-23-04-00318.pdf>
- P. Ruiz, F. O. (2010). Bacteriemia por *Campylobacter jejuni* asociada a pancreatitis aguda. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 97(5), 12-20.
- Paz Zarza, V. M. (19 de Marzo de 2018). *Pseudomonas aeruginosa: patogenicidad y resistencia*. Universidad Anáhuac México. México: Rev Chilena Infectol. Recuperado el 2020, de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080991518&doi=10.1038%2fs41598-020-60093-4&partnerID=40&md5=4b5e9ce9ac0286524b5798ac46af723c>
- Pérez Portuondo, I. (23 de junio de 2011). *Bacillus cereus* y su papel en las intoxicaciones alimentarias. Santiago de cuba, Santiago de cuba, Cuba.
- Pérez, I. (2012). *Bacillus subtilis* and food poisoning. *Revista Cubana de Salud Pública*, 22-28.
- Pete, A. L. (2014). *ScienceDirect*. Recuperado el 2019, de <https://www2.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84905665163&origin=inward&txGid=4afd11344bcaa447890c79b3425711c1>
- Piresneto, E. S. (2021). ATUAL PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA E ANTIBIOTICOTERAPIA NAS INFECÇÕES DO PÉ DIABÉTICO. En *The Brazilian Journal of Infectious Diseases* (págs. 101-408). Cabedelo: ISSN 1413-8670. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2020.101408>.
- Prada-Ríos, S. I.-C.-T. (2017). *Clasificación de instituciones prestadores de servicios de salud según el sistema de cuentas de la salud de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico: el caso de Colombia*. Cali: Rev Gerenc Polít Salud. doi: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-32.cips>
- RAE. (28 de Junio de 2021). *Real academia española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/bronquiolo?m=form>
- RAE. (29 de junio de 2021). *Real academia española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/agar-agar>
- Ragno, R. P. (2016). *Scopus*. Recuperado el 2020, de doi:10.1038/s41598-020-59553-8

- Raju, M., Suryan, S., Reddy, R., Reddy, N., & Santosh, M. (2020). A novel disposable electrochemical DNA biosensor for the rapid detection of *Bacillus thuringiensis*. En *Microchemical Journal* (págs. 105 - 434). Vankuver: Elsevier B.V. doi: doi.org/10.1016/j.microc.2020.105434
- Randrianirina, f., Vaillant, I., Ramarokoto, c., Rakotoarijaona, K., & Andriamanarivo, M. (2010). Antimicrobial resistance in pathogens causing nosocomial infections in surgery and intensive care wards in Antananarivo, Madagascar. *Journal of Infection in Developing Countries*, 074-082.
- Riu Camps, M. C. (2016). *Economic impact of nosocomial bacteraemia. A comparison of three calculation methods*. Instituto Hospital del Mar de Investigaciones Médicas. Barcelona: Passeig Marítim. doi: 10.1016/j.eimc.2015.09.007
- Rodríguez Eguizabal, E. G. (2021). Capacidad de respuesta del sistema de salud en atención primaria valorada por pacientes con enfermedades crónicas. *Gaceta Sanitaria*, 78-85. doi:https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.02.008
- Rodríguez García, R. C. (2020). ACTIVIDAD IN VITRO DE LA CEFTAROLINA Y EL CEFTOBIPROLE FRENTE A CEPAS DE BACTERIAS GRAM-POSITIVAS Y GRAM-NEGATIVAS AISLADAS EN PACIENTES CON ENDOCARDITIS INFECCIOSA. En *Cirugía Cardiovascular* (págs. 155-156). Austria: ISSN 1134-0096. doi:https://doi.org/10.1016/j.circv.2020.03.044.
- Román Rodríguez, M. G. (2021). What not to do in the therapeutic management of bronchial asthma. Delphi consensus recommendations for physicians who treat asthma. En *Atención Primaria*. palma: ISSN 0212-6567. doi: https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102101.
- Romero Pisonero, E. M. (2019). Multidisciplinary geriatric rehabilitation in the patient with hip fracture and dementia. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 220-229. doi: https://doi.org/10.1016/j.regg.2018.11.001
- Rubén Darío Jaramillo, P. S. (2016). *Eikenella corrodens: Patogénesis y aspectos clínicos**. Barranquilla: scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342006000300010
- Rui Guo, Y. T.-F. (2018). Biological characteristics and genetic evolutionary analysis of emerging pathogenic *Bacillus cereus* isolated from Père David's Deer (*Elaphurus davidianus*). *Patogenia Microbiana*, 23-31.
- Sánchez-Manubens, Judith; Antón, Jordi; Iglesias, Estibaliz. (2017). *En Cataluña la enfermedad de Kawasaki es más prevalente en las zonas rurales*. Cataluña: ISSN 1695-4033. doi: https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2016.12.009.
- Sangrim, K. Y. (2019). Bacteria-dye combination screening: Diamine-containing BMeS-p-A dye for specific fluorescence imaging of *Acinetobacter baumannii*. *Bacteria imaging*, 20-34.
- Schwermer, Carsten Ulrich; Uhl, Wolfgang. (2020). Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river. *Journal of Environmental Management*, 24 - 45. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112445
- Scientific, T. F. (2009). *Six and Two Stage Viable Samplers Part Number 100072-00*. 27 Forge Parkway, Air Quality Instruments. Obtenido de <http://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/EPM-manual-SixStageAnd.pdf>

- Secretaria distrital de ambiente. (2015). *Alcaldía de bogota*. Recuperado el Julio de 2020, de <http://www.ambientebogota.gov.co/web/transparencia/glosario#:~:text=CONTAMINANTES%3A%20Son%20fen%C3%B3menos%20f%C3%ADsicos%20o,como%20resultado%20de%20actividades%20humanas%20>
- Sergio Béjar, S. d.-d. (2019). Multidrug-resistant bacterial infections in patients with liver cirrhosis in a tertiary referral hospital. En *Gastroenterología y Hepatología* (págs. 228-238). Malaga: ISSN 0210-5705. doi:doi.org/10.1016/j.gastrohep.2018.07.017
- Simon, L. J. (2016). Hospital-associated microbiota and implications for nosocomial infections. *Institute for Genomics and Systems Biology*, 427-432.
- Staton, Sarah; Woodward, Andrea; Castillo, Josemar ; Swing, Kelly; Hayes, Mark ;. (2015). *Ground level environmental protein concentrations in various ecuadorian environments: Potential uses of aerosolized protein for ecological research*, (Vol. 48). ISSN 1470-160X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.036>.
- Suberviola Cañas, B. J. (mayo de 2014). *ScienceDirect*. Cantabria: Medicine. Recuperado el 15 de agosto de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304541214707863>
- Sundin, C. Z. (2013). Exploring resveratrol dimers as virulence blocking agents – attenuation of type III secretion in yersinia pseudotuberculosis and pseudomonas aeruginosa. *NatureSearch*, 1-11. Recuperado el 2020, de doi:10.1038/s41598-020-58872-0
- Suwannawong, Dussawan; Seresirikachorn, Kachorn; Aeumjaturapat, Songklot; Chusakul, Supinda; Kanjanaumporn, Jesada; Chitsuthipakorn, Wirach; Ruksakul, Winyu; Kornkiat Snidvongs, Kornkiat. (2020). Predicting bacteria causing acute bacterial rhinosinusitis by clinical features. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, Pages 281-286. doi: 10.1016/j.bjorl.2018.12.002
- Takayama, F., Taki, K., & Toshimitsu, N. (2013). *Bifidobacterium in gastro-resistant seamless capsule reduces serum levels of indoxyl sulfate in patients on hemodialysis*, (Vols. 41, Issue 3, Supplement). ISSN 0272-6386. Recuperado el 2020, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272638603500816>
- Takeaki, W. Y. (2018). First isolation of an-IMP-1 metallo- β -lactamase-producing *Kluyvera ascorbata* in Japan,. En N. Norihisa, *The emergence of carbapenemase-producing Enterobacterales has been increasing globally, causing growing concerns. Although Kluyvera ascorbata is not known as a metallo- β -lactamase (MBL)-producer, in the present study we isolated a K. ascorbata strain prod* (págs. 228-231). Japan: ISSN 2213-7165,.
- Tenore, A., Mattei, M., & Frunzo, L. (2019). Modelling the ecology of phototrophic-heterotrophic biofilms. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* , 94-110. doi: 10.1016/j.cnsns.2020.105577
- travail, I. d.-S. (diciembre de 2018). *IRSST - Protection respiratoire contre les bioaérosols*. Obtenido de <https://www.irsst.qc.ca/bioaerosol/>
- Ugalde Trejo, N. X. (2020). Prevalencia de onicomiosis en los pies en pacientes con enfermedades crónicas diagnosticada mediante la prueba de hidróxido de potasio. En *Piel* (Vols. Volumen 35, Issue 2, págs. 77-81). Querétaro, México: ISSN 0213-9251. <https://doi.org/10.1016/j.piel.2019.04.004>

- USAID. (2001). 2. Obtenido de https://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf
- Vacas, M. (1 de octubre de 2019). *WebConsustas*. (Prodefen) Recuperado el 07 de julio de 2020, de WebConsultas Healthcare, S.A: <https://www.webconsultas.com/salud-al-dia/shigelosis/shigelosis-12666>
- Valdés, M. Á. (s.f.). Obtenido de scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000300011
- Valdés, M. Á. (jun de 2017). *scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000300011
- Valdez-Nuñez, R. A.-R.-O. (2020). Genetic characterization of rice endophytic bacteria (*Oryza sativa* L.) with antimicrobial activity against *Burkholderia glumae*. *Revista Argentina de Microbiología*, 315-327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.12.002>
- Vallés, J. M. (2005). Pneumonia due to *Pseudomonas aeruginosa*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 30-36. doi:doi.org/10.1157/13091218
- Valls Martínez, J. (2017). Efectos de la calidad del aire. (págs. 511-513). Barcelona: FMC. 2017;24. Recuperado el abril de 2019, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1134207217301299>
- Van Veen, M. B. (2006). Wheezing and cough related to congenital airway abnormalities in young infants. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 2009-2012.
- Vélez. (sep. de 2015). *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662014000300006#:~:text=La%20presencia%20de%20aerobacterias%20en%20el%20aire%20de%20las%20unidades,otros%2C%20lo%20que%20denota%20mayor
- Velez. (may de 2015). *Scielo*. Obtenido de <https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2014.v40n3/362-368/es>
- Vélez Pereira, A. (2009). EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE BIOAEROSOLES FUNGÍ ASOCIADOS AL RELLENO SANITARIO PALANGANA, SANTA MARTA COLOMBIA. *Red de investigación ambiental* (págs. 4-17). Barranquilla: Lewis publishers. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20bioaerosoles%20Fung%C3%AD%20asociados%20al%20relleno%20sanitario%20Palangana.pdf>
- Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y. (2011). *Evaluacion De La Concentracion De BioaerosolesFungí Asociados Al Relleno Sanitario Palangana, Santa Marta*. Santa marta, Colombia: REDISA. <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20bioaerosoles%20Fung%C3%AD%20asociados%20al%20relleno%20sanitario%20Palangana.pdf>
- Viegas, A., Dollinger, P., Verma, N., Kubiak, J., Viennet, T., Seidel, C., . . . Erich Jaeger, K. (Agosto de 2015). Structural and dynamic insights revealing how lipase binding domain MD1 of *pseudomonas aeruginosa* foldase affects lipase activation. (SientificReaport, Ed.) *NatureSearch*, 3-10. Recuperado el 2020, de doi:10.1038/s41598-020-60093-4

- Vijayasekaran, D. G. (2010). Lower airway anomalies in infants with laryngomalacia. *Indian Journal of Pediatrics*, 403-406.
- Vijayasekaran, D. K. (2012). Indications and outcome of flexible bronchoscopy in neonates. *Indian Journal of Pediatrics*, 1181-1184.
- Von Meijenfheldt, B. W.-P. (2019). Ecogenomics and metabolic potential of the South Atlantic Ocean microbiome. *Science of the Total Environment*, 765-770. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142758
- Wanfu Wang, Y. M. (2010). *Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes*. Dunhuang, China: International Biodeterioration & Biodegradation. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.03.004>
- Weizel, A. S. (2011). Fate and behavior of progestogens in activated sludge treatment: Kinetics and transformation products, *medroxyprogesterone*, 116-515.
- Xavier Solans, R. M. (2007). Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de selección de residuos de envases. *Revista Iberoamericana de Micología*, 131-135.
- Yan, d. S. (2019). Enhanced coagulation with Mn (III) pre-oxidation for treatment of micro-polluted raw water. *Water (Switzerland)*, 2302 - 2315.
- Yingying, H. S. (2016). Temporal association between carbapenems usage and antimicrobial resistance in gram-negative bacteria at a tertiary hospital in Nanjing, China, En C. Xiaoli, R. Huang, Z. Zhaoping, & Z. Haixia, *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* (Vol. 98, págs. 899-1010). Nanjing, China: ISSN 0732-8893.
- Yixiao, W. L. (2019). Resistance of cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* to erythromycin with multiple exposure, En Z. Huijun, *Chemosphere* (págs. 983-1234). Indonesia, Balú, Asia: ISSN 0045-6535.
- Yuan, Y. G. (2015). *Genomic analysis of a ginger pathogen Bacillus pumilus providing the understanding to the pathogenesis and the novel control strategy*. Scientific Reports. Recuperado el 9 de febrero de 2019, de <https://www.nature.com/articles/srep10259>
- Zaragoza, R. R. (2014). *Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos*. Tesis. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.02.006>
- Zhang, l., Zhang, M., & Zhao, W. (2019). oil fauna diversity at different stages of reed restoration in a lakeshore wetland at Lake Taihu, China. *Ecosystem Health and Sustainability*, 98-120.
- Zhang, tuqiao. Wang, lili. Liu, xiaowei. (2019). Removal of antibiotic-resistant genes during drinking water treatment. *Journal of Environmental Sciences*, 104-110. doi: 10.1016/j.jes.2020.12.023
- Zhao, B. R. (2008). Evaluation of the impacts of corrosion inhibitors on bulk and biofilm heterotrophic Bacteria. *Water Quality Technology Conference and Exposition*, (págs. 2597-2613). Estados Unidos.
- Zhenqiang, X. Y. (5 de Abril de 2011). Bioaerosol Science, Technology, and Engineering: Past, Present, and Future. (T. & Francis, Ed.) *Aerosol Science and Technology*, 1337-1349.

ANEXOS

ANEXO A. Tablas de complemento.

En la tabla a continuación se presentan los diferentes valores de cada bacteria encontrados por las tres campañas de monitoreos realizados, están expuestas en las etapas del impactador.

Tabla 5: comportamiento de los bioaerosoles bacterianos en cada campaña.

Fuente: autores.

Suma de UFC/m ³							
Etapas del impactador	1	2	3	4	5	6	Total general
CAMPAÑA 1	219,08	113,07	70,67	70,67	169,61	169,61	812,72
<i>Bacillus subtilis</i>	127,21	106,01	56,54	56,54	120,14	113,07	579,51
<i>Staphylococcus aerous</i>	28,27				21,20	7,07	56,54
<i>Streptococcus gordonii</i>	63,60	7,07	14,13	14,13	28,27	49,47	176,68
CAMPAÑA 2	233,22	141,34	134,28	120,14	106,01	155,48	890,46
<i>Eikenella corrodens</i>	169,61	35,34	14,13	35,34	35,34	70,67	360,42
<i>Pseudomonas aerugionsa</i>	63,60	91,87	120,14	84,81	70,67	70,67	501,77
<i>Shigella dysenteriae</i>		14,13				14,13	28,27
CAMPAÑA 3	332,16	268,55	261,48	388,69	515,90	367,49	2134,28
<i>Bacillus cereus</i>	204,95	204,95	120,14	353,36	388,69	134,28	1406,36
<i>Bacillus subtilis</i>	70,67		42,40	7,07	77,74	141,34	339,22
<i>Bacillus thuringiensis</i>	56,54	63,60	98,94	28,27	49,47	91,87	388,69
Total general	784,45	522,97	466,43	579,51	791,52	692,58	3837,46

En la **tabla 17**, se presentan las sumatorias de UFC, de cada familia bacteriana encontrada por campaña y en cada jornada que se estuvo muestreando, expresando así que la suma total de unidades formadoras de colonia para cada bacteria, el valor de 337 UFC totales se presentó para la jornada de antes de las visitas y 206 UFC totales para jornada después de visitas. Estas concentraciones ayudan a determinar los comportamientos, en este caso, se encontró un aumento en la cantidad de UFC encontradas después de las visitas, la *Bacillus Cereus* fue la bacteria con mayor concentración de UFC.

Tabla 6: Bacterias identificadas en cada jornada de las campañas.

Fuente: Autores.

Suma de UFC	Etiquetas de columna			
	Etiquetas de fila	Antes	Después	Total general
CAMPAÑA 1		68,0	47,0	115,0
<i>Bacillus subtilis</i>		46,0	36,0	82,0
<i>Staphylococcus aerous</i>		5,0	3,0	8,0
<i>Streptococcus gordonii</i>		17,0	8,0	25,0
CAMPAÑA 2		64,0	62,0	126,0
<i>Eikenella corrodens</i>		17,0	34,0	51,0
<i>Pseudomonas aerugionsa</i>		47,0	24,0	71,0
<i>Shigella dysenteriae</i>			4,0	4,0
CAMPAÑA 3		205,0	97,0	302,0
<i>Bacillus cereus</i>		133,0	66,0	199,0
<i>Bacillus subtilis</i>		29,0	19,0	48,0
<i>Bacillus thuringiensis</i>		43,0	12,0	55,0
Total general		337,0	206,0	543,0

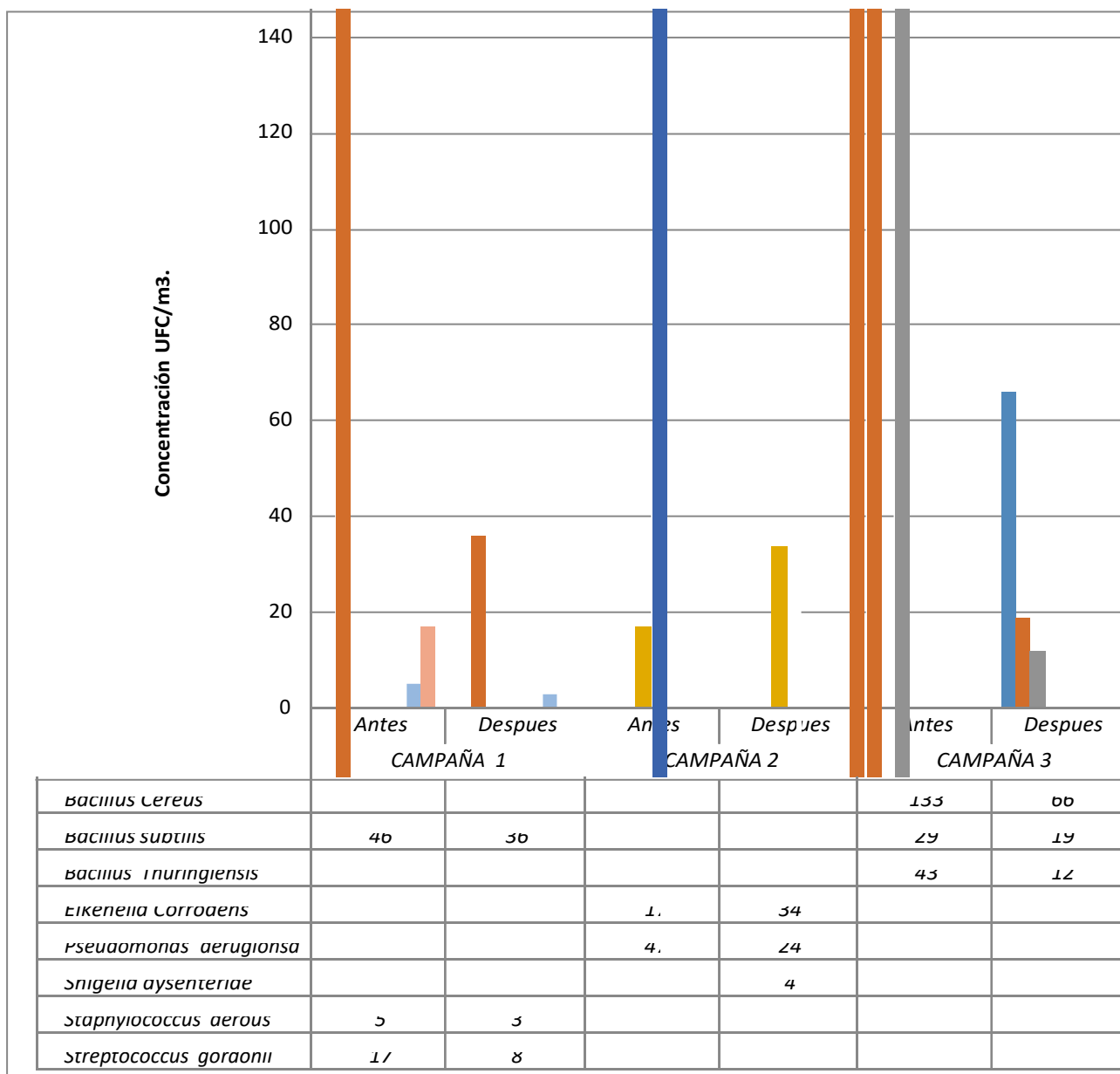


Figura 15: Comportamiento de concentraciones por jornadas en cada campaña.

Fuente: Autores

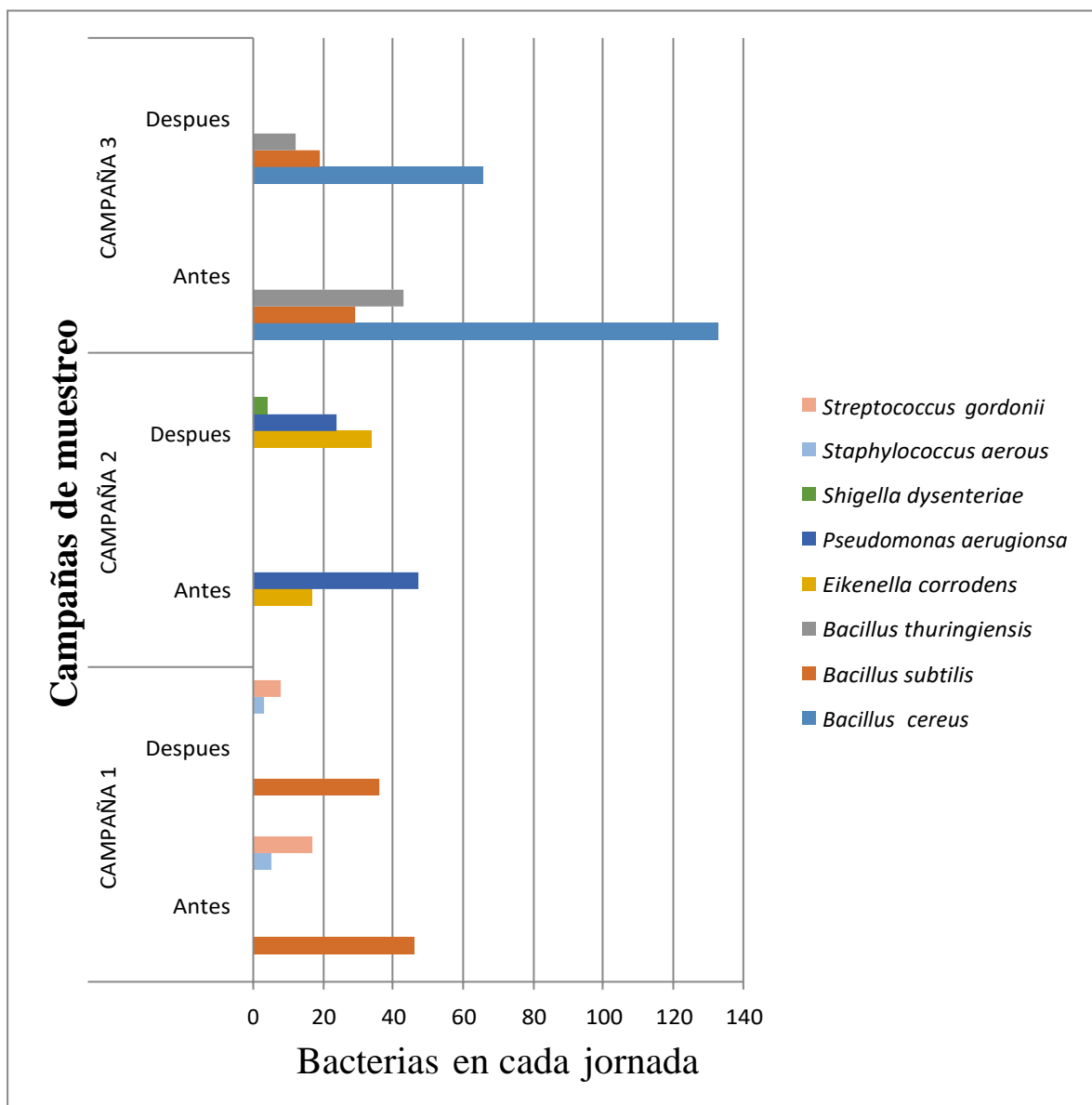


Figura 16: Especies de bioaerosoles bacterianos encontradas en cada campaña.

Fuente: Autoras

ANEXO B. Registro fotográfico del desarrollo experimental



***Figura 17: Preparación de medio de cultivo para monitoreos.
Fuente: Autores.***



***Figura 18: Cajas de petri para monitoreo.
Fuente: (Hernandez & Lopez, 2017)***



Figura 19: Equipos y materiales para monitoreo.
Fuente: (Hernandez & Lopez, 2017)

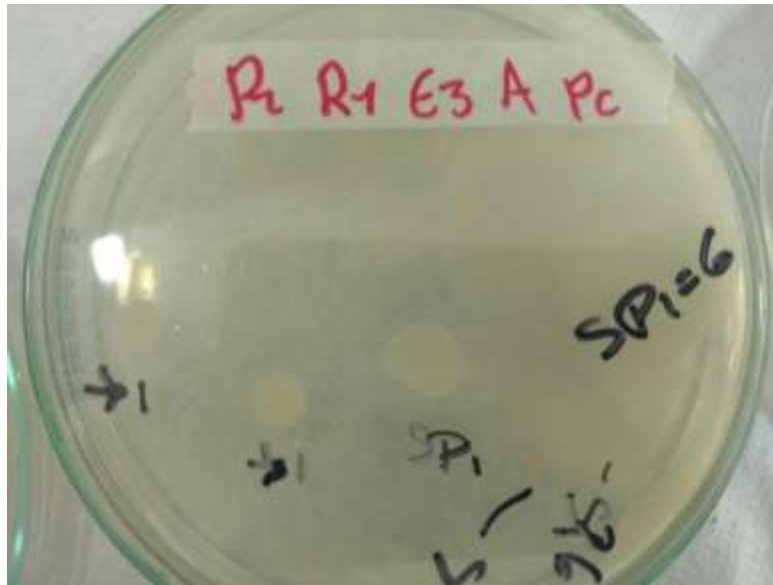


Figura 20: Identificación macroscópica de las muestras.
Fuente: Autores



Figura 21: Identificación microscópica de las muestras.
Fuente: Autores.

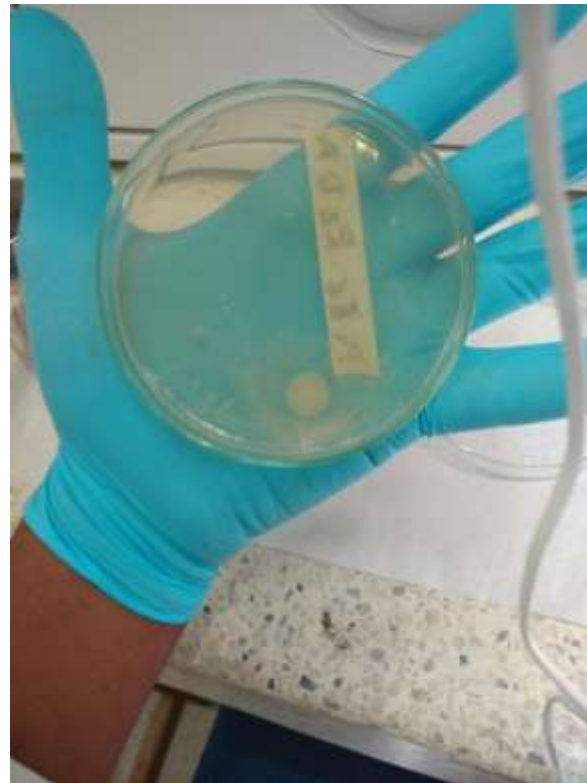


Figura 22: Identificación macroscópica.
Fuente: Autores



Figura 23: Identificación macroscópica de las muestras encontradas en la UCIN.
Fuente: Autores

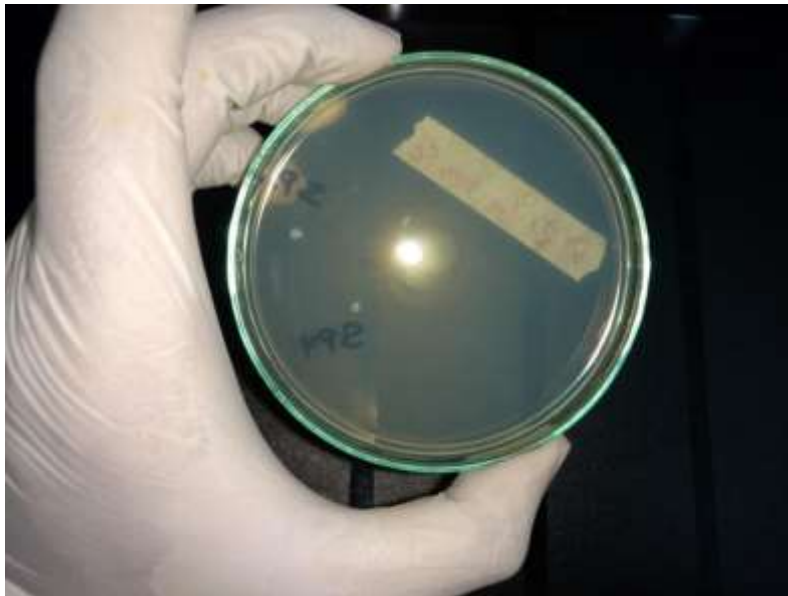


Figura 24: Identificación macroscópica.
Fuente: Autores

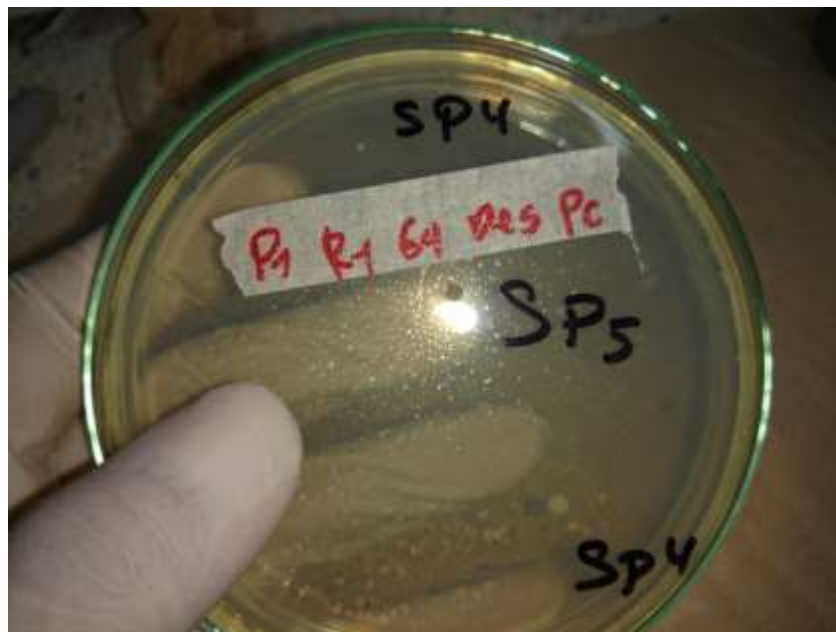
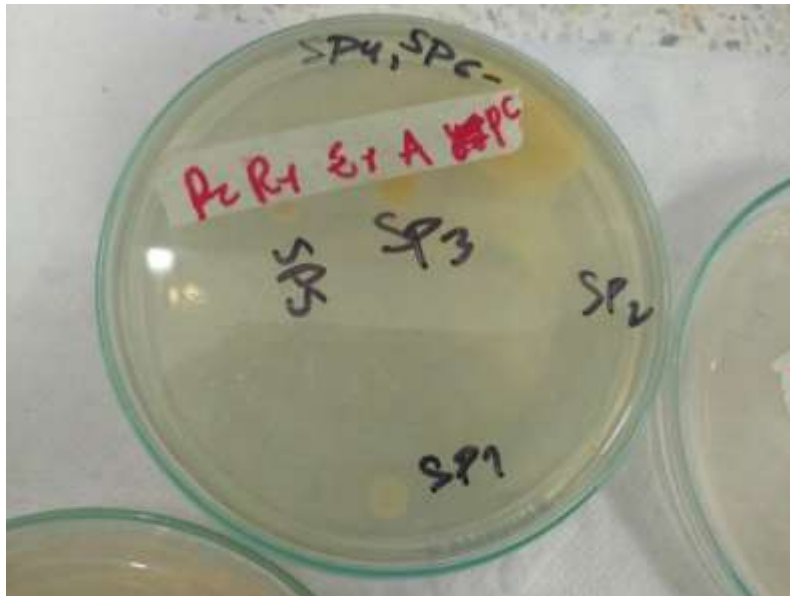


Figura 25: Identificación macroscópica.
Fuente: Autores.



*Figura 26: Identificación de las muestras.
Fuente: Autores.*



*Figura 27: Rotulado de las muestras.
Fuente: Autores.*

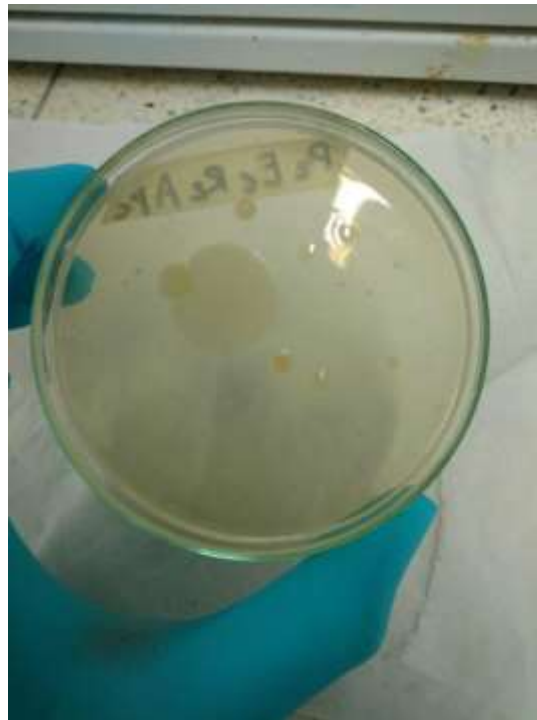


Figura 28: Identificación macroscópica de las muestras.
Fuente: Autores

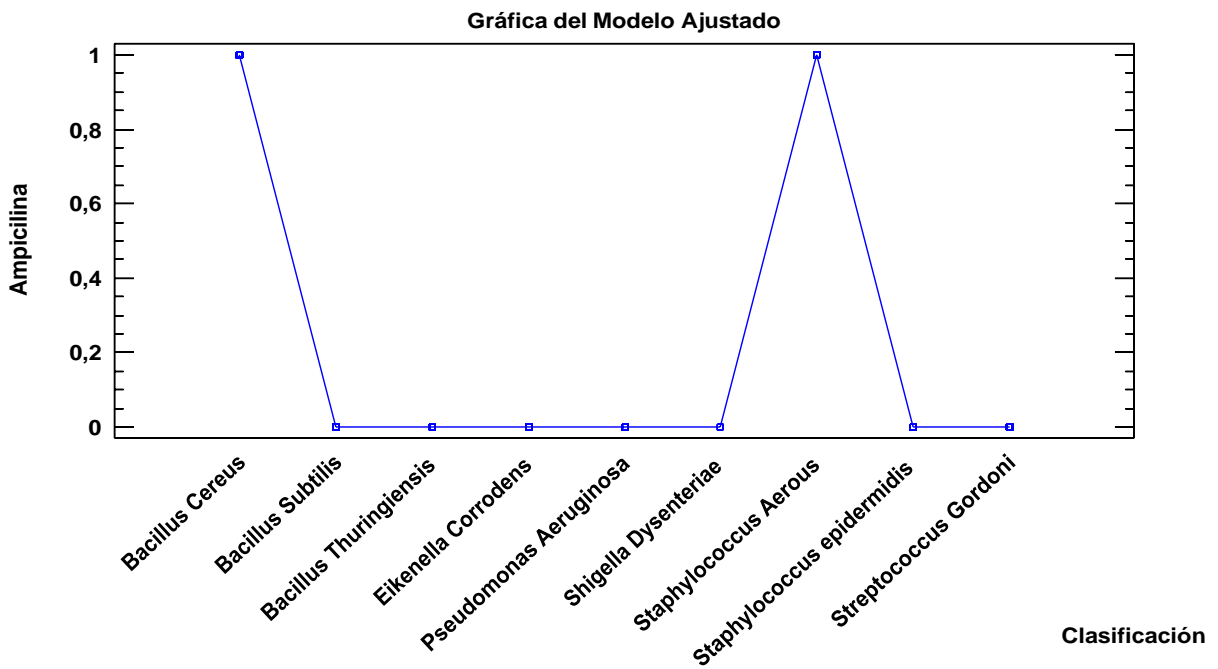


Figura 29: Aparición de la resistencia bacteriana para la ampicilina.
Fuente: Autores

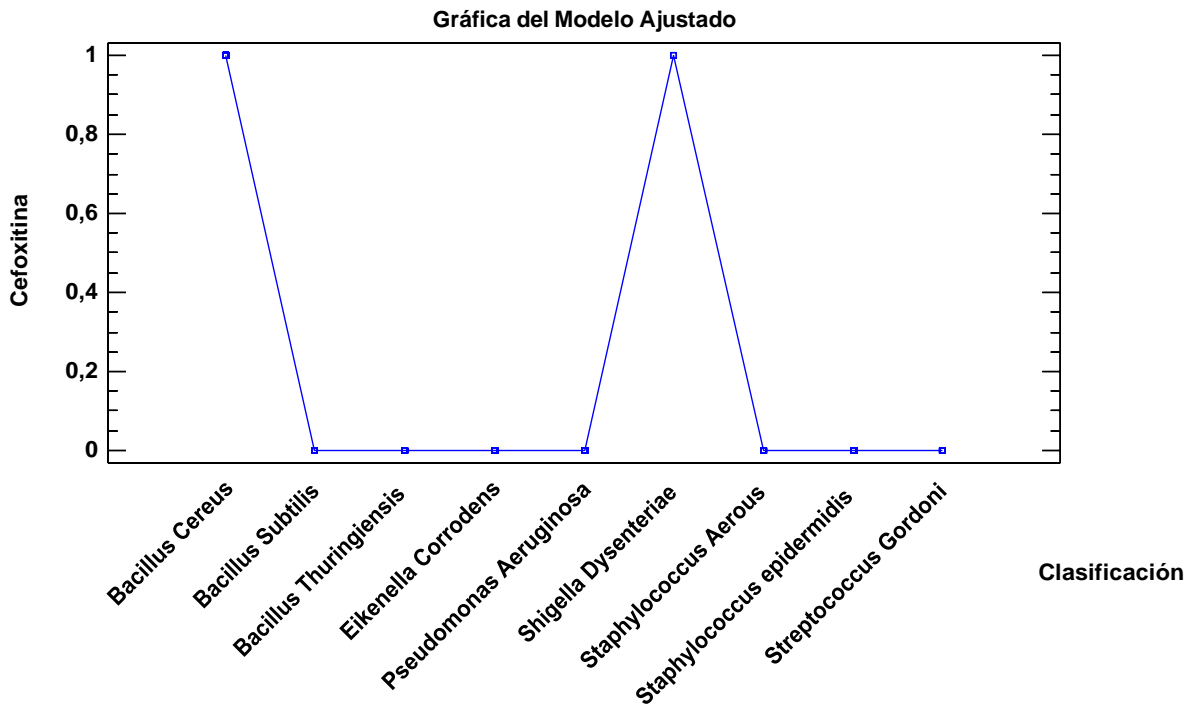


Figura 30: Aparición de la resistencia bacteriana para la cefoxitina
Fuente: Autores.

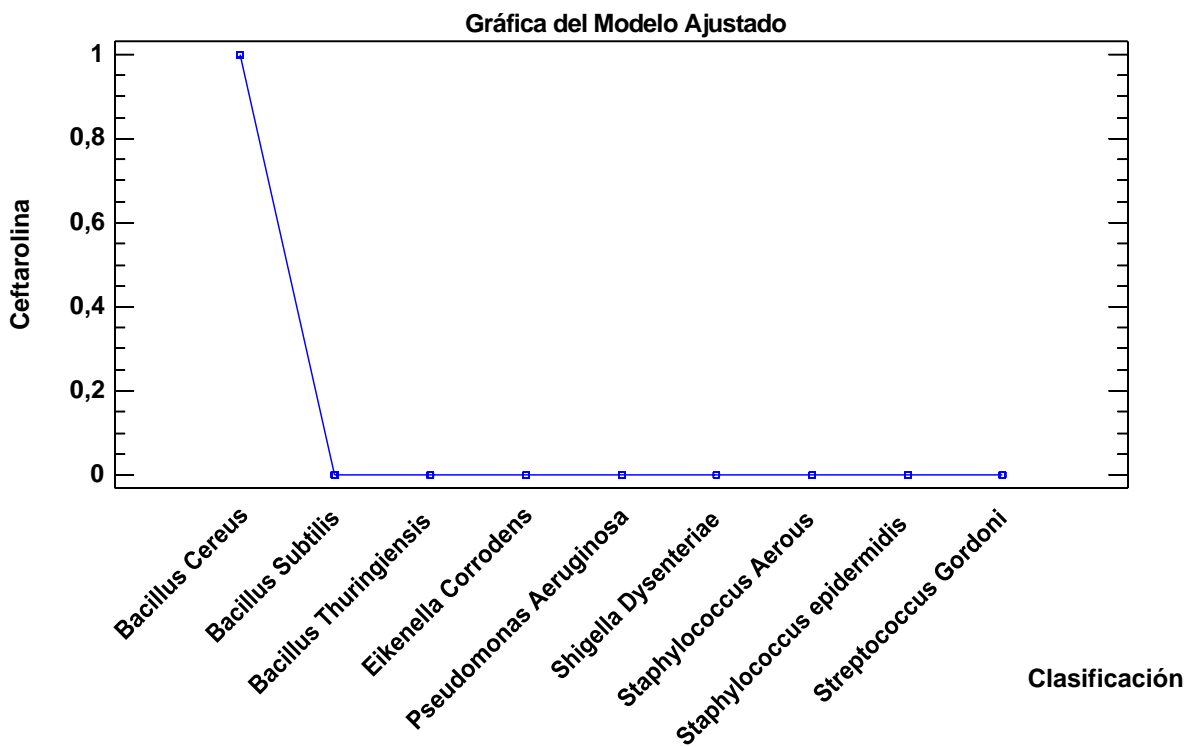


Figura 31: Aparición de la resistencia bacteriana para la ceftarolina
Fuente: Autores.

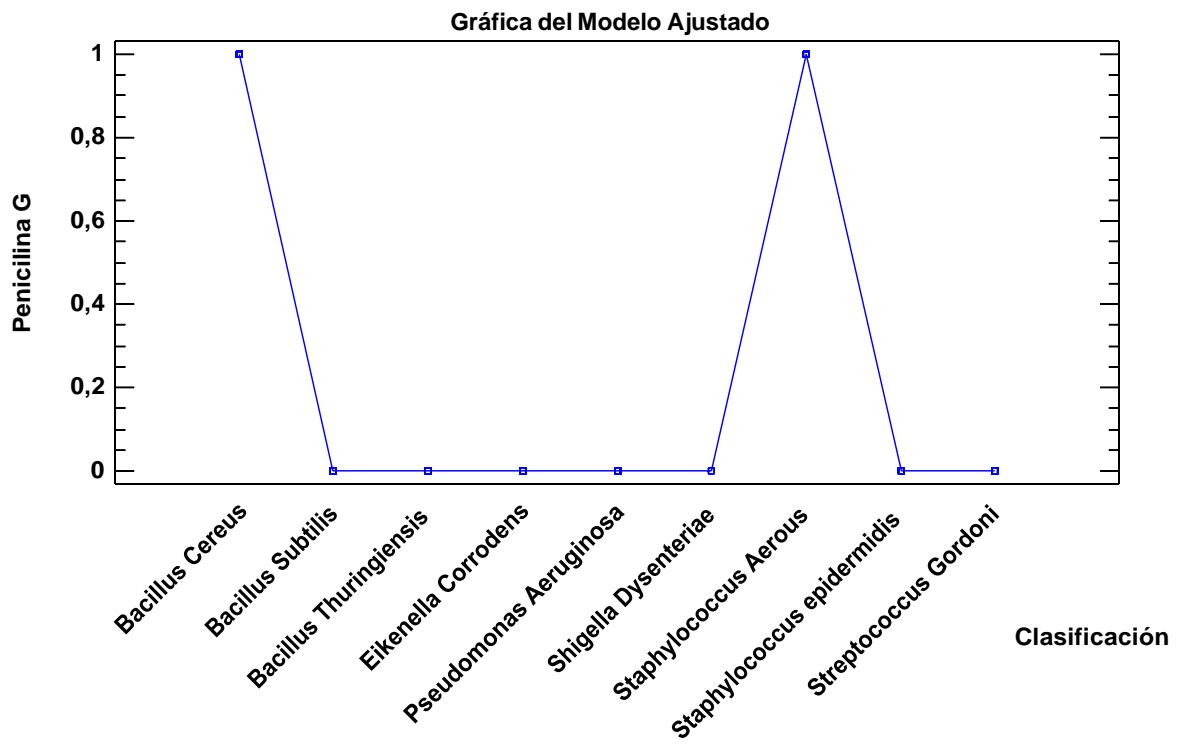


Figura 32: Aparición de la resistencia bacteriana para la penicilina g.

Fuente: Autores.

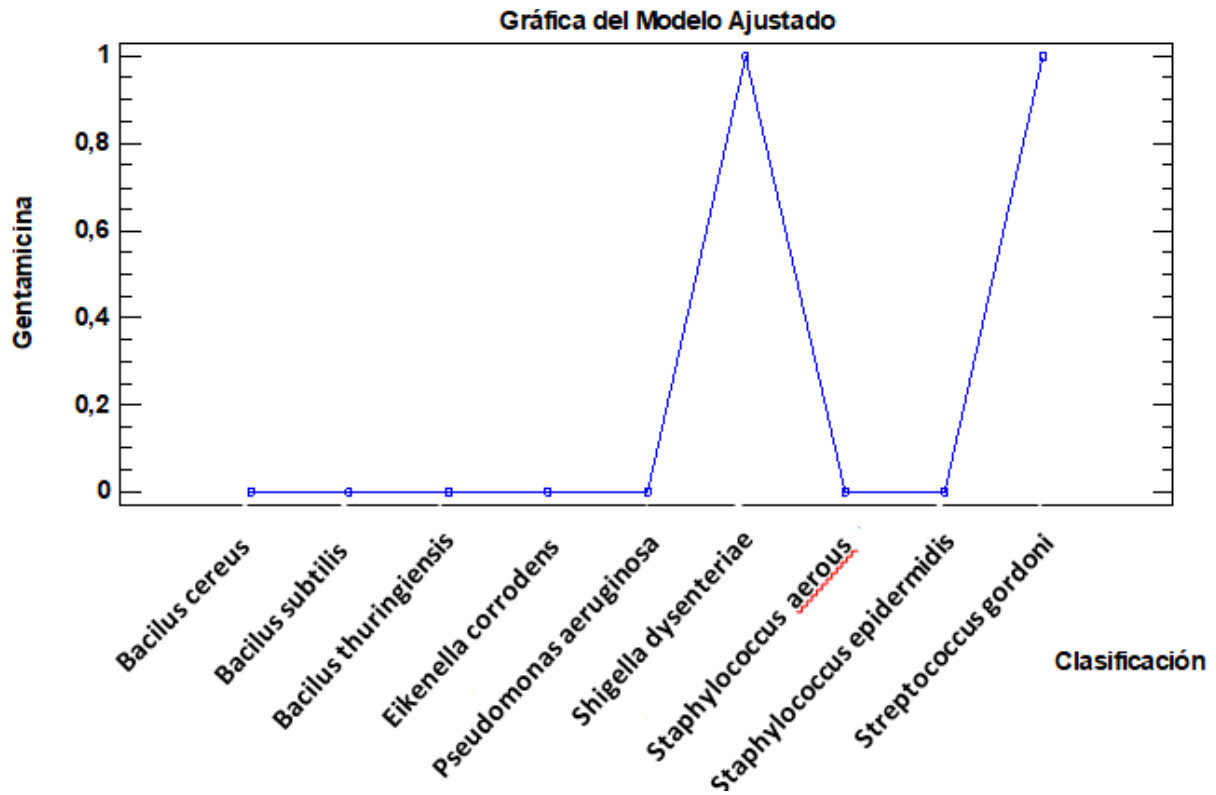


Figura 33: Aparición de la resistencia bacteriana para la gentamicina.
Fuente: Autores

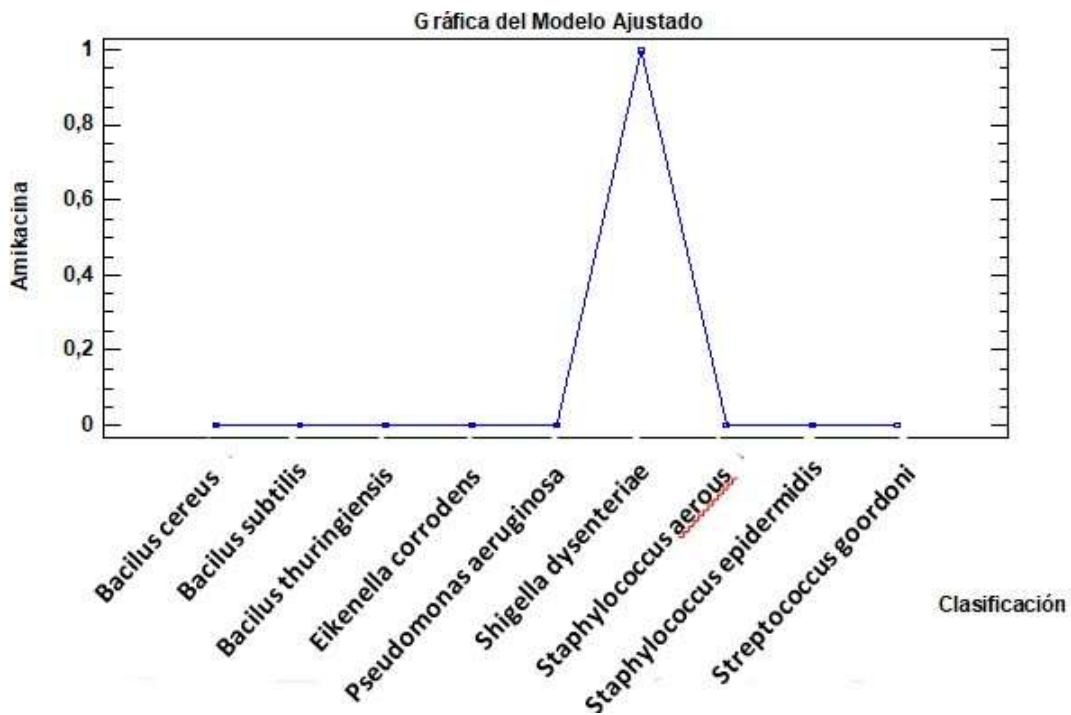


Figura 34: Aparición de la resistencia bacteriana para la amikacina.
Fuente: Autores