



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA SUPERFICIE DE
TELÉFONOS CELULARES DE LOS ESTUDIANTES DE SEXTO
SEMESTRE DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA:

NADIA MONSERRATH CASAÑAS ARIAS

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA SUPERFICIE DE
TELÉFONOS CELULARES DE LOS ESTUDIANTES DE SEXTO
SEMESTRE DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: NADIA MONSERRATH CASAÑAS ARIAS

DIRECTORA: BQ. CL. MISHHELL MORENO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Nadia Monserrath Casañas Arias**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nadia Monserrath Casañas Arias, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de mayo de 2024


A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nadia Monserrath Casañas Arias', with a stylized flourish at the end.

Nadia Monserrath Casañas Arias

1850206085

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA SUPERFICIE DE TELÉFONOS CELULARES DE LOS ESTUDIANTES DE SEXTO SEMESTRE DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**, realizado por la señorita: **NADIA MONSERRATH CASAÑAS ARIAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Adriana Monserrath Monge Moreno, MSc PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-08
BQCL. Mishell Carolina Moreno Samaniego, MSc DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08
Dra. Sandra Noemi Escobar Arrieta PhD ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a Dios, por darme la sabiduría y la salud para enfrentar cada reto. A mis padres, Juan Pablo y Maritza, quienes han sido mi motor, mi orgullo y mi mejor ejemplo de perseverancia, por nunca dejarme sola y enseñarme a luchar honradamente para alcanzar todos mis objetivos, este triunfo es para ustedes. A mis hermanos, Doménica y Pablo Andrés, por su apoyo incondicional y cariño en los momentos más difíciles, que esta meta alcanzada les sirva de motivación para cumplir con cada uno de sus objetivos. A mi mascota Lunita, por alegrarme los días de estudio y las noches de desveló, por su cariño desinteresado y su leal compañía.

Monserrath.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por su sacrificio diario y por inculcarme valores que me han permitido convertirme en una mujer de bien y llena de virtudes, además por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera y por hacer posible que cumpla con esta meta tan anhelada. A mis hermanos, por nunca dejarme sola y brindarme su ayuda siempre que lo necesitaba. A Vivi, Sandy, Dany y Paula, por su amistad incondicional durante estos años, las llevo siempre en el corazón. A mi tutora Bq. Cl. Mishell Carolina Moreno Samaniego MSc., por brindarme su apoyo e impartir sus conocimientos para culminar con éxitos esta investigación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrir sus puertas para formarme como profesional y a los docentes de la carrera de Bioquímica y farmacia por el conocimiento compartido a lo largo de mi formación académica

Monserrath.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY / ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1	Planteamiento del problema	3
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.3	Justificación	4
1.3.1	<i>Justificación teórica</i>	4
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i>	5
1.3.3	<i>Justificación práctica</i>	6
1.3.4	<i>Limitaciones y delimitaciones</i>	6
1.3.4.1	<i>Limitaciones</i>	6
1.3.4.2	<i>Delimitaciones</i>	6
1.4	Pregunta de Investigación.....	7
1.4.1	<i>Pregunta específica de investigación</i>	7

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	8
----	---------------------	---

2.1	Antecedentes de Investigación	8
2.2	Referencias teóricas	9
2.2.1	<i>Teléfono móvil</i>	9
2.2.1.1	<i>Teléfono móvil como fómite</i>	10
2.2.2	<i>Fuentes de contaminación</i>	10
2.2.3	<i>Microorganismos en superficies</i>	11
2.2.4	<i>Microorganismos</i>	11
2.2.5	<i>Bacterias</i>	12
2.2.5.1	<i>Estructuras bacterianas</i>	12
2.2.5.2	<i>Bacterias Gram positivas</i>	14
2.2.5.3	<i>Bacterias Gram negativas</i>	15
2.2.5.4	<i>Bacterias capaces de adherirse a superficies</i>	16
2.2.5.5	<i>Biopelículas</i>	17
2.2.5.6	<i>Microbiota normal de las manos</i>	17
2.2.6	<i>Antibióticos</i>	18
2.2.6.1	<i>Mecanismos de acción</i>	19
2.2.7	<i>Resistencia bacteriana</i>	22
2.2.7.1	<i>Mecanismos de resistencia</i>	22
2.2.8	<i>Hongos</i>	23
2.2.8.1	<i>Clasificación y estructura de los hongos</i>	24
2.2.8.2	<i>Hongos capaces de adherirse a la superficie</i>	25
2.2.9	<i>Medios de cultivo</i>	25
2.2.9.1	<i>Componentes de un medio de cultivo</i>	25
2.2.9.2	<i>Tipos de medio de cultivo</i>	26
2.2.9.3	<i>Agar Sangre</i>	27
2.2.9.4	<i>Agar MacConkey</i>	27
2.2.10	<i>Pruebas bioquímicas</i>	28
2.2.10.1	<i>Citrato Simons</i>	28
2.2.10.2	<i>Prueba de ureasa</i>	28

2.2.10.3	<i>Prueba Kligler</i>	28
2.2.11	<i>Pruebas de sensibilidad antimicrobiana</i>	28

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1	Enfoque de la investigación.....	30
3.2	Nivel de la investigación	30
3.3	Diseño de la investigación.....	30
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	30
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	30
3.4	Tipos de estudio.....	30
3.5	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	31
3.5.1	<i>Población de estudio y planificación</i>	31
3.5.2	<i>Tamaño de la muestra</i>	31
3.6	Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación	31
3.6.1	<i>Lista de reactivos, materiales y equipos</i>	31
3.6.2	<i>Diagrama de flujo del procedimiento</i>	33
3.6.3	<i>Recolección de muestra para análisis bacteriano</i>	34
3.6.4	<i>Almacenamiento y conservación de la muestra</i>	34
3.6.5	<i>Preparación de la solución madre</i>	34
3.6.6	<i>Preparación del Agar Sangre</i>	34
3.6.7	<i>Preparación de Agar MacConkey</i>	35
3.6.8	<i>Siembra de las muestras</i>	35
3.6.9	<i>Preparación de Tinción Gram</i>	35
3.6.10	<i>Recuento de coliformes totales</i>	36
3.6.11	<i>Aislamiento e identificación de las colonias</i>	36
3.6.11.1	<i>Preparación de Agar Manitol Salado y siembra</i>	36
3.6.12	<i>Preparación de pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias gramnegativas</i>	36

3.6.12.1	<i>Simons citrato</i>	36
3.6.12.2	<i>Kligler</i>	37
3.6.12.3	<i>UREA</i>	37
3.6.12.4	<i>SIM</i>	37
3.6.13	<i>Pruebas bioquímicas para identificar bacterias Gram positivas</i>	38
3.6.13.1	<i>Catalasa</i>	38
3.6.13.2	<i>Coagulasa</i>	38
3.6.14	<i>Pruebas de inhibición bacteriana</i>	38
3.6.15	<i>Siembra en placas Petri film para determinar hongos y levaduras.</i>	39

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1	Toma de muestra	40
4.2	Recuento de coliformes totales	40
4.3	Identificación de microorganismos.....	41
4.3.1	<i>Colonias en Agar Sangre</i>	44
4.3.2	<i>Tinción Gram</i>	44
4.3.3	<i>Identificación de cocos gram positivos</i>	45
4.3.3.1	<i>Prueba de catalasa</i>	45
4.3.3.2	<i>Colonias en Agar Manitol Salado y prueba de coagulasa.</i>	46
4.3.3.3	<i>Prueba de novobiocina</i>	48
4.3.4	<i>Identificación de bacilos gramnegativos</i>	49
4.3.4.1	<i>Colonias en Agar MacConkey</i>	49
4.3.4.2	<i>Pruebas bioquímicas para la identificación de bacilos gramnegativo</i>	50
4.3.4.3	<i>Presencia de mohos o levaduras</i>	51
4.4	Comprobación de la sensibilidad bacteriana.	52
4.4.1	<i>Pruebas de sensibilidad bacteriana de Staphylococcus aureus</i>	52
4.4.2	<i>Pruebas de sensibilidad bacteriana de Staphylococcus saprophyticus</i>	55

4.4.3	<i>Pruebas de sensibilidad bacteriana de Escherichia coli</i>	57
4.4.4	<i>Pruebas de sensibilidad bacteriana de Pseudomonas aeruginosa</i>	58
4.5	Socialización de resultados.....	59

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1	Conclusiones.....	61
5.2	Recomendaciones	61

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Microorganismos más comunes en la palma de la mano	18
Tabla 2-2: Antibióticos que inhiben la síntesis proteica según la fase en la que actúa.....	20
Tabla 4-1: Recuento de coliformes totales.....	41
Tabla 4-2: Microorganismos más frecuentes en los teléfonos celulares.....	42
Tabla 4-3: Número de cepas bacterianas por cada teléfono celular.....	43
Tabla 4-4: Tipo de flora en la Tinción Gram.....	44
Tabla 4-5: Resultados de Agar Manitol Salado.....	46
Tabla 4-6: Resultados prueba bioquímica de Novobiocina.....	48
Tabla 4-7: Pruebas bioquímicas de bacilos gramnegativos.....	50
Tabla 4-8: Presencia de mohos y levaduras en teléfonos celulares.....	51
Tabla 4-9: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Tabla 4-10: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de <i>Staphylococcus epidermidis</i>	54
Tabla 4-11: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de <i>Staphylococcus saprophyticus</i>	56
Tabla 4-12: Resultados del antibiograma de <i>Escherichia coli</i>	58
Tabla 4-13: Resultados del antibiograma de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	58
Tabla 4-14: Socialización de resultados.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Estructura de una bacteria Gram Positiva.....	14
Ilustración 2-2: Estructura de una bacteria Gram Negativa	15
Ilustración 2-3: Diferentes tipos de hifas.	24
Ilustración 4-1: Microorganismos más frecuentes identificados en los teléfonos celulares.....	42
Ilustración 4-2: Número de cepas bacterianas por cada teléfono celular.	43
Ilustración 4-3: Crecimiento de colonias en Agar Sangre.....	44
Ilustración 4-4: Crecimiento de cocos grampositivos en Agar Sangre.	45
Ilustración 4-5: Prueba positiva de catalasa.	46
Ilustración 4-6: <i>Staphylococcus aureus</i> en agar Manitol Salado.....	47
Ilustración 4-7: <i>Staphylococcus spp.</i> en agar Manitol Salado.	47
Ilustración 4-8: Tinción Gram de <i>Staphylococcus aureus</i>	47
Ilustración 4-9: Prueba de Novobiocina.	48
Ilustración 4-10: Crecimiento de <i>Escherichia coli</i> en agar MacConkey	49
Ilustración 4-11: Crecimiento de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en agar MacConkey.....	49
Ilustración 4-12: Presencia de mohos y levaduras.	52
Ilustración 4-13: Presencia de levaduras en placa petrifilm.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Toma de muestra de los teléfonos celulares.

ANEXO B: Preparación de solución madre y medios de cultivo.

ANEXO C: Recuento de coliformes totales en placas petrifilm.

ANEXO D: Siembra inicial y tinción gram.

ANEXO E: Identificación de cocos grampositivos.

ANEXO F: Identificación de bacilos gramnegativos.

ANEXO G: Pruebas de sensibilidad bacteriana.

ANEXO H: Socialización de resultados.

RESUMEN

En los últimos años se ha dado importancia a los problemas que causa el uso excesivo del celular en la vida diaria ya que influye en el desempeño laboral, social, familiar e incluso se lo ha descrito como vehículo para la transmisión de infecciones. El presente estudio tuvo como objetivo identificar los microorganismos presentes en la superficie de los teléfonos celulares de los estudiantes de la carrera de Bioquímica y farmacia. Se tomó la muestra de la superficie, bordes y parte posterior de 30 teléfonos celulares mediante la técnica del hisopo, descrita en la Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas N° 461-MINSA. Se realizó la prueba para detectar la presencia de coliformes totales, así como siembras sucesivas con la finalidad de aislar las cepas bacterianas y realizar pruebas bioquímicas. A partir de estas cepas bacterianas se realizaron pruebas de sensibilidad bacteriana. Como resultado se identificaron 5 cepas bacterianas de interés clínico: *Staphylococcus saprophyticus* (38.46%), *Staphylococcus epidermidis* (15.38%), *Staphylococcus aureus* (23.08%), *Escherichia coli* (19.23%) y *Pseudomonas aeruginosa* (3.85%). Se realizaron pruebas de sensibilidad bacteriana, determinando que ciertas bacterias presentan resistencia o multiresistencia a antibióticos que fueron elegidos en base al Manual de Vigilancia del Centro de Referencia Nacional de Resistencia a los Antimicrobianos (CRN-RAM-2023) y el Comité Europeo sobre Pruebas de Susceptibilidad a los antimicrobianos. También se observó la presencia de hongos en placas Petrifilm, encontrándose levaduras en mayor proporción (93.33%), mientras que en ninguna muestra se encontró la presencia de mohos. Se concluyó que a pesar que en el teléfono celular se encuentran microorganismos pertenecientes a la flora normal del ser humano, éste puede ser el vehículo para patógenos que perjudican la salud, y se convierte en un problema mayor cuando estas bacterias presentan resistencia a los antibióticos.

Palabras clave: < TELÉFONO>, <BACTERIAS>, <HONGOS>, <RESISTENCIA>, <MULTIRRESISTENCIA>, <ANTIBIÓTICOS>.

0702-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The present study aimed to identify the microorganisms present on the surface of cell phones of Biochemistry and Pharmacy students. In recent years, importance has been given to the problems caused by the excessive use of cell phones in daily life, since it influences work, social and family performance and has even been described as a vehicle for the transmission of infections. A sample was taken from the surface, edges and back of 30 cell phones using the swab technique described in the Technical Guide for the microbiological analysis of surfaces in contact with food and beverages N° 461- MINSA. The test for the presence of total coliforms was performed, as well as successive sowings in order to isolate bacterial strains and perform biochemical tests. From these bacterial strains, bacterial sensitivity tests were performed. As a result, 5 bacterial strains of clinical interest were identified: *Staphylococcus saprophyticus* (38.46%), *Staphylococcus epidermidis* (15.38%), *Staphylococcus aureus* (23.08%), *Escherichia coli* (19.23%) and *Pseudomonas aeruginosa* (3.85%). Bacterial sensitivity tests were performed, determining that certain bacteria present resistance or multi-resistance to antibiotics that were chosen based on the Surveillance Manual of the National Reference Center for Antimicrobial Resistance (CRN-RAM-2023) and the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. The presence of fungi was also observed in Petrifilm surface, with yeasts being found in a higher proportion (93.33%), while in no sample was the presence of molds found. It was concluded that although microorganisms belonging to the normal flora of human beings are found in the cell phone, it can be a vehicle for pathogens that damage health, and it becomes a major problem when these bacteria present resistance to antibiotics.

Keywords: <CELL PHONE>, <BACTERIA>, <FUNGI>, <RESISTANCE>, <MULTIRRESISTANCE>, <ANTIBIOTICS>.



Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

C.I 0603239070

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los teléfonos celulares han evolucionado de manera acelerada, convirtiéndose en un elemento indispensable en la vida cotidiana, llegando al punto de que estos sean reservorios de patógenos. Esto se debe a las pocas prácticas de higiene que se mantiene para evitar la contaminación en estos artículos electrónicos (Rodríguez et al., 2019, págs. 211-235).

Existen estudios previos que detallan las especies bacterianas encontradas en los teléfonos celulares del personal de la salud, donde la probabilidad de contaminación es mucho mayor. Sin embargo, son pocas las investigaciones que describen el grado de contaminación presente en los celulares de la población después de realizar actividades de la vida diaria.

En la revisión bibliográfica realizada por Castellanos-Domínguez et al. (2020, págs. 32-44) destaca que después de analizar veintiún artículos científicos sobre la presencia de microorganismos en teléfonos celulares del personal de la salud, el tipo de bacteria más frecuente es *Staphylococcus aureus* (85.7%) seguido de *Escherichia coli* (61.9%), concluyendo que, el teléfono móvil es una fuente potencial de transmisión de patógenos de interés clínico, aún más cuando se trata de trabajadores de la salud.

Por otro lado, la resistencia bacteriana es un problema que hoy en día se ha convertido en un reto para los profesionales de la salud ya que las infecciones provocadas por bacterias son más difíciles de controlar. Delgado et al. (2012, págs. 32-39) explican en su estudio que después de analizar celulares del personal médico, encontraron cepas bacterianas como *Staphylococcus aureus* resistentes a Oxacilina, Meticilina y por ende a la mayoría de antibióticos betalactámicos, al igual que con las cepas de *Staphylococcus coagulasa* negativos. Las bacterias del género *Enterobacterias* presentaron resistencia a cefalosporinas de tercera generación (ceftriaxona y cefepime).

Esta investigación tiene como propósito explorar el impacto de los teléfonos celulares en la salud de la población, identificando los tipos de bacterias presentes y la resistencia que presentan a los antibióticos utilizados para combatir infecciones causadas por los patógenos. De igual manera se investiga la presencia de hongos, ya que también tienen la capacidad de alojarse en los teléfonos celulares. A medida que estos dispositivos se han convertido en accesorios digitales de la población, es necesario comprender las implicaciones de su uso. Por ello, se tomó en cuenta a los teléfonos celulares de los estudiantes de Bioquímica y Farmacia para la toma de muestra y posterior análisis microbiológico. Además, la socialización de los resultados sirve para que

estudiantes, docentes y administrativos de la carrera conozcan el grado de contaminación que pueden tener estos dispositivos si no se toman medidas adecuadas de desinfección.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Los teléfonos celulares han evolucionado de manera rápida, al punto de alcanzar un lugar muy importante en la vida cotidiana ya que, en la actualidad, es visto como un accesorio de mucha utilidad. El beneficio es para la población en general y es importante mencionar que los jóvenes universitarios representan el mayor porcentaje de la población que utilizan estos dispositivos. Según un estudio realizado en Argentina, la población comprendida entre los 18 y los 29 años, hacen mayor uso del teléfono celular con un 94,8% (Pacheco López et al., 2016, págs. 132-135).

En los últimos años se ha dado importancia a los problemas que causa el uso excesivo del celular en la vida diaria ya que influye en el desempeño laboral, social y familiar, e incluso, este dispositivo puede ser un vehículo para la transmisión de infecciones (Rodríguez et al., 2019, págs. 211-235). La falta de higiene después de realizar las actividades diarias hace que los dispositivos móviles sean el lugar ideal para la proliferación de bacterias y por ende tener un alto potencial de transmitir infecciones, además son muy pocas las personas que tienen la precaución de desinfectar sus celulares.

Las bacterias crecen mejor en ambientes con ciertas altas temperaturas y gran parte de las personas movilizan los teléfonos celulares en los bolsillos de las prendas, que al presentar dichas condiciones ayudan a la proliferación bacteriana (Castañeda Japan y Nieto Carhuamaca, 2020, págs. 1-9). Al cargar la batería del celular, se lo coloca en superficies no limpias y las bacterias se alojan en el teléfono celular que después serán recogidas por las manos del usuario durante su uso (Rodríguez, 2022, págs. 26-28). Otra causa es que, el mal hábito de llevar el teléfono celular al baño lo convierte en el foco infeccioso más peligroso para transmitir enfermedades ya que pueden adherirse gotículas del inodoro contaminados por orina o materia fecal.

Según el estudio realizado por Pérez et al. (2019, págs. 55-59), al analizar 71 celulares del personal de salud y 52 de pacientes, encontró que la microbiota era de estafilococos coagulasa negativa (ECN) 50%, *Staphylococcus aureus* 32,4%, del grupo de enterobacterias 4,2%, actinomicetos 4,2% y los resultados negativos fue del 9,8%. Por otro lado, en los teléfonos celulares de los pacientes, los microorganismos aislados fueron *Staphylococcus aureus* 75%, estafilococos coagulasa negativa (ECN) 24% y del grupo de enterobacterias 1%. Por ejemplo, el riesgo de

contraer una infección por causa de *Staphylococcus aureus* es que durante la enfermedad esta bacteria produce varios factores de virulencia, entre ellos está el producir sustancias que interfieren en la quimiotaxis de los neutrófilos para mantener la infección y el medio más común de contagio es por el contacto de una persona infectada o a través de alimentos y fómites. Además, esta bacteria con el pasar del tiempo se vuelve resistente a más antibióticos, lo que resulta más difícil combatir una infección causada por este microorganismo (Loriga et al., 2018, págs. 1-7).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar microbiológicamente la superficie de teléfonos celulares en estudiantes de sexto semestre de la Carrera de Bioquímica y Farmacia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los microorganismos más frecuentes en la superficie de teléfonos móviles a través de cultivos microbiológicos.
- Comprobar la resistencia bacteriana de los microorganismos encontrados en las muestras mediante pruebas de sensibilidad bacteriana.
- Socializar los resultados al cuerpo estudiantil, docente y administrativo de la carrera de Bioquímica y Farmacia.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

La Organización de las Naciones Unidas establece en el tercer objetivo de desarrollo sostenible que garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades es esencial para el desarrollo sostenible, además plantea como una meta apoyar las actividades de investigación de enfermedades transmisibles y no transmisibles que afectan primordialmente a los países en desarrollo y facilitar el acceso a medicamentos (ONU, 2015).

Las características de los teléfonos inteligentes los hacen promotores de la incorporación de tecnología en la vida diaria. El uso de estos dispositivos ha crecido de 3.200 millones a 5.400

millones en los últimos cinco años, lo que representa una tasa de crecimiento anual de 146% (Castellanos-Domínguez et al., 2020, págs. 32-44).

Es erróneo creer que los microorganismos solo están presentes en laboratorios, hospitales o clínicas y, por lo tanto, se cree tener la seguridad de estar libres de microbios en otros lugares. La falta de conocimiento sobre dónde se encuentran los gérmenes podría ser la causa de problemas de salud. El 80 % de las infecciones se propagan a través del contacto de las manos con las manos u otros objetos. Las bacterias se encuentran en casi todo: aire, agua, suelo, alimentos e incluso en los organismos vivos (Koscova, Humnikova y Pistl, 2018, págs. 3-9).

Es reconocido que los objetos inertes pueden transportar microorganismos presentes en el ambiente, la mayoría de equipos móviles son elaborados de plástico; es por eso que las bacterias tienen la capacidad de unirse a este tipo de materiales. Luego de su adhesión, producen biofilms que los emplean en forma de nutrientes. Las bacterias como el *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* tienen la capacidad de fijarse a la superficie plástica del equipo móvil (Rodríguez, 2022, págs. 26-28).

Una vez que están en las superficies, muchos agentes infecciosos pueden sobrevivir durante largos períodos a menos que estos sean eliminados mediante procedimientos de desinfección o esterilización. Dependiendo de las condiciones, los patógenos pueden permanecer infecciosos en las superficies durante días, semanas o meses después de haber sido contaminados. El uso del teléfono móvil está ligado a la cercanía que tiene con diferentes partes del cuerpo como la cara, las orejas, la nariz, los labios y las manos, que son las vías de infección más comunes (Koscova, Humnikova y Pistl, 2018, págs. 3-9).

Por todo lo mencionado anteriormente, es importante identificar los tipos de microorganismos presentes en el teléfono móvil y reconocerlo como potencial fuente de contaminación. Existen estudios aplicados en personal de salud, donde la probabilidad de existir contaminación cruzada será mayor. Sin embargo, es escasa la información sobre la prevalencia de bacterias en teléfonos móviles de la comunidad. De esta manera se podrán tomar medidas necesarias, entre la desinfección continua de manos y artículos electrónicos, para minimizar por completo la propagación de infecciones que pueden significar un serio problema de salud.

1.3.2 Justificación metodológica

La presente investigación es realizada en adultos jóvenes y se trabaja con los estudiantes de la carrera de Bioquímica y Farmacia. En primer lugar, se socializa el tema de investigación para

iniciar con el muestreo. Una vez, obtenidas las muestras se realizan cultivos microbiológicos, tinción Gram y pruebas bioquímicas. Además, se realizan antibiogramas para comprobar la resistencia de las bacterias encontradas.

La socialización de resultados se realiza con los estudiantes, docentes y personal administrativo para concientizar el potencial riesgo que conlleva no desinfectar estos objetos de uso cotidiano.

1.3.3 Justificación práctica

Los resultados de esta investigación sirven de evidencia sobre la presencia de microorganismos en los teléfonos celulares, además al realizar pruebas de susceptibilidad bacteriana se determina la resistencia que existen a los antibióticos por parte de las bacterias encontradas, y así tomar medidas correctivas para disminuir la contaminación.

1.3.4 Limitaciones y delimitaciones

1.3.4.1 Limitaciones

Antes del inicio de las actividades educativas la población estudiantil puede recibir la disposición de empezar el periodo académico por medio de plataformas digitales, lo que se convierte en una limitación para la investigación ya que se necesita de la presencia de los estudiantes en las aulas para la toma de las muestras y empezar con el análisis.

1.3.4.2 Delimitaciones

- **Delimitación espacial**

La investigación se enfoca en los teléfonos móviles de los estudiantes de la carrera de Bioquímica y Farmacia, particularmente de sexto semestre.

- **Delimitación temporal**

Esta investigación es realizada durante el periodo académico octubre 2023 – marzo 2024.

- **Delimitación de contenido**

La investigación es realizada en población adulta joven de la carrera de Bioquímica y Farmacia, para esto ha sido seleccionado el sexto semestre. Las muestras se toman por medio de hisopado de la superficie de los teléfonos celulares. Para la identificación se efectúan cultivos

microbiológicos de bacterias y hongos, a los que posteriormente se realizan tinción Gram y pruebas bioquímicas. Para conocer la resistencia de las bacterias encontradas se realizan pruebas de sensibilidad bacteriana.

1.4 Pregunta de Investigación

¿Por qué se debe realizar una evaluación microbiológica de los teléfonos celulares en los estudiantes de sexto semestre de la carrera de Bioquímica y Farmacia?

1.4.1 Pregunta específica de investigación

¿Cuáles son los microorganismos más frecuentes en la superficie de los teléfonos móviles de los estudiantes?

¿Existe resistencia a los antibióticos por parte de las bacterias encontradas?

¿Por qué es importante socializar los resultados de la investigación al cuerpo estudiantil, docente y administrativo de la carrera de Bioquímica y Farmacia?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación

Según Bodena et al. (2019, págs. 1-10) en su estudio denominado “*Bacterial contamination of mobile phones of health professionals in Eastern Ethiopia: antimicrobial susceptibility and associated factors*” se analizaron 226 teléfonos celulares del personal de salud. Para identificar las bacterias se utilizó cultivos microbiológicos y además se realizaron antibiogramas para identificar la resistencia a los antibióticos. Los resultados fueron que la prevalencia general de contaminación de teléfonos móviles con una o más bacterias fue del 94,2%. Los estafilococos coagulasa negativos (58,8 %), *Staphylococcus aureus* (14,4 %) y especies de *Klebsiella* (6,9 %) fueron los aislados bacterianos más predominantes. La prevalencia global de bacterias multirresistentes fue del 69,9%. La conclusión de este estudio es que existe una alta tasa de contaminación en los dispositivos móviles por patógenos nosocomiales y existe resistencia bacteriana a medicamentos como ampicilina y sulfametoxazol-trimetoprim, también se encontraron bacterias multirresistentes.

En el artículo denominado “Presencia de microorganismos en teléfonos móviles del personal de cuidados intensivos de un hospital de España” realizado por Santana et al. (2019, págs. 676-680), para analizar los microorganismos de 111 teléfonos móviles del personal de la Unidad de Cuidados Intensivos se tomó las muestras con hisopo estéril y se identificaron mediante cultivos, como resultado se obtuvo que 56 estaban contaminados, encontrándose 64 microorganismos diferentes donde los Gram positivos fueron el 71,9%, los Gram negativos el 18,8% y los hongos el 9,4%. La frecuencia de microorganismos en cada grupo estuvo constituida de la siguiente manera: Gram (+) *Streptococcus spp* (21), *Bacillus spp* (10), *Corynebacterium spp* (8), *Staphylococcus aureus* meticilina resistente (7); Gram (-) *Pseudomonas aeruginosa* (8), *Stenotrophomonas maltophilia* (3), *Pantoea agglomerans* (1) y *Candida spp* (6). A la conclusión que se llegó en este estudio es que los teléfonos celulares del personal de UCI están contaminados con patógenos peligrosos para los pacientes y alertar que estos objetos inertes son reservorios de bacterias y hongos.

Un estudio denominado “Evaluación microbiológica de dispositivos móviles en personal quirúrgico de una institución de salud, Pereira, Colombia” en 2018, realizado por Acevedo-Osorio et al. (2019, págs. 77-83). La metodología utilizada fue seleccionar 10 teléfonos celulares del personal de salud de un quirófano para realizar un análisis microbiológico, para el muestreo se utilizó un hisopo estéril y se transportó en agua peptonada al 1% hasta el momento de la siembra; las

muestras se analizaron por técnica microbiológica recuento en placa profunda. En el reporte de los resultados se encontró un promedio de 93 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de mesófilos aerobios, 13 UFC de coliformes totales, 22 UFC de mohos y levaduras. En conclusión, la evaluación microbiológica permitió detectar una elevada cantidad de colonias que contribuye a la transmisión de infecciones hospitalarias.

El estudio “Grado de contaminación en los teléfonos celulares de docentes y estudiantes que realizan actividades en la clínica odontológica” por Villacrés y Zurita (2017, págs. 50-72), realizó el análisis en 70 dispositivos móviles, utilizando encuestas para conocer los hábitos de los individuos y se realizó el muestreo previo y post a la desinfección de los teléfonos. Las muestras fueron inoculadas en placas Petrifilm para determinar el nivel de contaminación, el análisis cualitativo se lo hizo mediante ANOVA. En conclusión, el grado de contaminación de los celulares depende de la persona que lo manipule y de la desinfección que este reciba, además que se encontraron patógenos que provocan una contaminación cruzada.

2.2 Referencias teóricas

2.2.1 Teléfono móvil

El teléfono móvil se define como un dispositivo inalámbrico electrónico que se basa en la tecnología de ondas de radio. La característica principal es su portabilidad, es decir, que se puede llevar a cualquier lugar porque no necesita de ningún tipo de cable para tener conexión a una red telefónica. La función principal es la comunicación de voz, sin embargo, conforme se ha ido desarrollando y actualizando, se ha incorporado otras funciones como mensajería instantánea, agenda, juegos, cámara fotográfica, acceso a Internet y otras funciones. Actualmente, el teléfono móvil ha disminuido en tamaño y peso y se ha llevado a cabo el desarrollo de baterías más pequeñas, pero de mayor duración, con pantallas de mejor definición y de colores (Baz et al., 2011, págs. 1-12).

El primer teléfono fue creado para imitar el modelo de la comunicación humana y transmitir la voz a través de un circuito eléctrico. En 1876, Graham Bell creó el primer dispositivo capaz de transmitir la voz humana con alta calidad.

Los teléfonos han sufrido varios avances a través de los años, es así que en la actualidad están compuestos por sistemas electrónicos además de otros elementos como micrófono, receptor, elementos de producción y recepción de llamadas, entre otros (Cabezas, 2007, págs. 26-30).

Los denominados “Smartphones” o teléfonos inteligentes se distinguen por muchas características, entre las que destacan las pantallas táctiles, un sistema operativo, así como la conectividad a Internet y el acceso al correo electrónico. Están fabricados en su mayoría por plástico, aunque también pueden ser de metal (Baz et al., 2011, págs. 1-12).

2.2.1.1 Teléfono móvil como fómite

Durante el siglo XVI, los fómites o fomes eran considerados como “semillas de enfermedades” que se encontraban en ropa u objetos pertenecientes a pacientes infectados y que propagaban las enfermedades a largas distancias. En la actualidad, un fómite es cualquier objeto inanimado que cuando se contamina, sirve como medio para transmitir agentes causantes de enfermedades infecciosas a un huésped humano. Los fómites más relevantes de contaminación y transmisión son los que se encuentran en el entorno y aquellos con los que los humanos están en constante contacto directo, como los teléfonos móviles (Stephens et al., 2019, págs. 198-213).

Generalmente, se supone que las superficies inertes carecen de los nutrientes necesarios para que sobrevivan los microorganismos, sin embargo, en un fómite los microorganismos sobreviven y se encuentran en estado inactivo hasta que encuentren un ambiente que cumpla con las condiciones de humedad y los nutrientes que necesitan o, por el contrario, sobrevivirán aquellos microorganismos que tengan la capacidad de formar biopelículas (Stephens et al., 2019, págs. 198-213).

2.2.2 Fuentes de contaminación

Los teléfonos móviles en promedio se utilizan 4 horas al día y se tocan con las manos más de 2000 veces al día. El riesgo asociado a la contaminación de estos dispositivos es que el 80 % de las enfermedades infecciosas se transmiten a través de las manos y por ende el uso constante del teléfono los convierte en un reservorio de patógenos.

Existen diferentes motivos por la que existe contaminación, por ejemplo, varios estudios y encuestas realizadas reportan que la población en general utiliza su teléfono celular en el baño o el retrete y no se lavan las manos ni tienen la costumbre de desinfectar el dispositivo después de su uso.

Otra fuente importante son los ambientes hospitalarios, se ha reportado que el personal de salud que está en contacto con pacientes infectados o con muestras biológicas provocan una contaminación cruzada al utilizar el teléfono mientras realizan sus actividades. El peligro no solo

recae en los múltiples microorganismos que puede albergar, si no que las bacterias que se han encontrado son resistentes a antibióticos (Olsen et al., 2022, págs. 4-16).

En resumen, los teléfonos celulares almacenan toda variedad de microorganismos que las manos tocan durante el día lo que la convierte en una “tercera mano” y el problema se agudiza por la falta de higiene ya que muy rara vez se toman medidas de desinfección (Olsen et al., 2022, págs. 4-16).

2.2.3 *Microorganismos en superficies*

La microbiología se considera una rama de la biología cuyo estudio se centra en los seres vivos de tamaño microscópico que existen como células aisladas o asociadas y también incluye el estudio de virus (microscópicos no celulares) (Apella y Araujo, 2005, págs. 33-50).

Los microorganismos se encuentran en todos los ecosistemas y están asociados con todos los tipos de organismos multicelulares. Millones de ellos habitan en un organismo sano formando parte de la microbiota normal o cumplen funciones corporales (Harvey et al., 2008, págs. 67-77).

Su historia tiene origen en 1674 cuando el biólogo Anton Van Leeuwenhoek examinó en su microscopio una gota de agua y observó millones de “animálculos” y 100 años después Otto Müller amplió estos conocimientos y clasificó a las bacterias en géneros y especies. Décadas después, Friedrich Henle demostró que los microorganismos son responsables de la aparición de ciertas enfermedades en los seres humanos. Esta teoría fue confirmada por Robert Koch y Louis Pasteur al demostrar que los microorganismos provocan la aparición de la rabia, la peste, cólera y la tuberculosis (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

Todos estos sucesos fueron la base para investigadores que han aportado de nuevos conocimientos sobre los microorganismos, mecanismos de enfermedades causados por estos y también para el desarrollo de sustancias que inhiben su crecimiento (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

2.2.4 *Microorganismos*

Son seres vivos que solo se pueden observar con la ayuda de un microscopio. Son los seres más antiguos del planeta Tierra y habitan prácticamente en todo tipo de ambiente. Los microorganismos se clasifican en dos grupos: procariotas (archaeas y bacterias) y eucariotas (hongos, algas y protozoarios). Existe una gran variedad de microorganismos y se pueden

diferenciar por sus estructuras, funciones, tamaño, morfología, reproducción o por su metabolismo (Montaño et al., 2010, págs. 15-23).

Existen varias características importantes que hacen especiales a los microorganismos, por ejemplo, tienen más versatilidad que los macroorganismos ya que en su historia han evolucionado y se han adaptado a diferentes situaciones rápidamente. También se reconoce que estos tipos de organismos pueden vivir solos o lo hacen agrupados con otros seres vivos. Se ha reportado que existe alrededor de 38800 especies de protozoarios, 70 000 de hongos y 45000 de bacterias.

Los microorganismos desempeñan un papel importante en procesos ecológicos para el correcto funcionamiento de los diferentes ecosistemas. Además, cada vez aumenta más el uso de los microorganismos con potencial biotecnológico en las industrias porque se han demostrado que también tienen beneficios, es así que la industria farmacéutica, alimenticia y médica aprovechan de estas características (Montaño et al., 2010, págs. 15-23).

2.2.5 Bacterias

Las bacterias, en la práctica clínica, se pueden clasificar en grampositivas, gramnegativas; micobacterias, micoplasmas, ureaplasmas, espiroquetas. Una estructura muy importante es su pared celular cuya función más importante es proteger las estructuras celulares internas. El componente principal es el peptidoglicano que rodea la membrana plasmática y depende de este para ser considerada como gramnegativa o grampositiva (Struthers, 2018, págs. 30-50).

La célula bacteriana está compuesta de varias enzimas, capaces de desarrollar un intercambio energético con el medio, que puede ser más de cien veces mayor con respecto al mismo peso del tejido humano. Está constituida por una única célula denominada célula procariota que es más simple que la célula eucariota en cualquier nivel, a excepción de la pared celular (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

2.2.5.1 Estructuras bacterianas

Estructuras externas:

Membrana celular: Es una envoltura que rodea al citoplasma y se distinguen de las membranas de las células eucarióticas por la ausencia de un compuesto denominado esteroides, siendo la única excepción las micoplasmas. Están compuestas de fosfolípidos y polipéptidos; dentro de sus funciones se encuentran la permeabilidad selectiva y transporte de solutos al interior de la célula,

transporte de electrones y fosforilación oxidativa, portar los receptores de membrana y otras proteínas, entre otras (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

- **Pared celular:** Es la envoltura rígida que se encuentra entre la membrana y la cápsula; es diferente en las bacterias Gram Positivos (+) y Gram negativos (-).

Las bacterias Gram (+) están formadas por mureína-peptidoglicano-neuropéptido, ácidos teicoicos (forman hasta el 50% del peso seco de la pared) mientras que las bacterias Gram (-) están compuestas de mureína-peptidoglicano-mucopéptido y lipoproteínas (LPS).

Sus funciones son la protección osmótica, la división celular y en general es permeable sin selectividad específica, sin embargo, la membrana externa bloquea el paso de moléculas relativamente grandes (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

- **Cápsula:** Es la envoltura mucilaginosa más externa, formada por un polímero condensado que cuando se encuentra en forma de una maraña de fibras extendida fuera de la célula se llama glicocálix. Está compuesta de polisacáridos, ácido hialurónico y en algunas bacterias está constituida por polipéptidos. Su función es proteger a las bacterias de la fagocitosis a menos que estén cubiertas de anticuerpos anticapsulares. El glicocálix tiene un papel fundamental en el proceso de adherencia de las bacterias a la superficie del medio (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

- **Flagelos:** Son apéndices móviles y delgados que miden de 12 a 30 nm de diámetro. Existen varios tipos, entre ellos se encuentran monótricos, lofótricos y perítricos; constituidos por una proteína denominada flagelina. La función exclusiva es la movilidad de la célula (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

- **Fimbrias (pilis o pelos):** Esta estructura la presentan las bacterias Gram (-) y son apéndices muy finos, rígidos y cortos. Se clasifican en dos tipos de pilis: Pili ordinario y sexual. La virulencia de ciertas bacterias patógenas no solo depende de la producción de toxinas sino también de antígenos de colonización que en la actualidad se reconocen como simples pilis (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

Estructuras internas:

- **Nucleoide:** Es una fibrilla de ADN que constituye un cromosoma circular de 1 mm de longitud cuando esta desenrollado. Tiene función hereditaria (Macias et al., 2019, págs. 3-28).

- **Ribosoma:** Es un organelo compuesto por proteínas y ácido ribonucleico (ARN); su coeficiente de sedimentación es de 70S y tiene dos subunidades, 50S y 30S. Pueden presentarse aislados o como polirribosomas, asociados a ARN mensajero (ARNm) y a ADN cromosómico. Un mismo ARNm puede ser traducido por varios ribosomas simultáneamente durante la síntesis proteica. La función del ARNm bacteriano es la síntesis proteica y su cantidad aumenta cuando la bacteria crece en medios ricos en nutrientes (Pérez y Mota, 2010, págs. 23-40).
- **Mesosoma:** Son invaginaciones de la membrana celular que se observan como sacos citoplasmáticos y contienen estructuras laminares, tubulares o vesiculares (Macias et al., 2019, págs. 3-28). Esta estructura está involucrada en la formación de la pared celular durante la división celular o en la replicación del cromosoma y su distribución a las células hijas (Pérez y Mota, 2010, págs. 23-40).

2.2.5.2 Bacterias Gram positivas

Posee una pared celular gruesa de aproximadamente 150 a 500 Å, que está formada por varias capas y su principal componente es el peptidoglucano, que rodea la membrana plasmática, su estructura se observa en la ilustración 2-1. El peptidoglucano (elemento clave de la estructura) es un exoesqueleto en forma de malla que consta de poros que permiten la difusión de los metabolitos. Sin el peptidoglucano la bacteria es susceptible a los cambios de presión osmótica que existe en cada lado de la membrana plasmática y puede experimentar un fenómeno conocido como lisis. Como se mencionó anteriormente la pared celular de una bacteria grampositiva está formada de otros compuestos como proteínas, ácidos teicoicos, lipoteicoicos y polisacáridos (polisacáridos C) (Murray et al., 2021, 117-120).

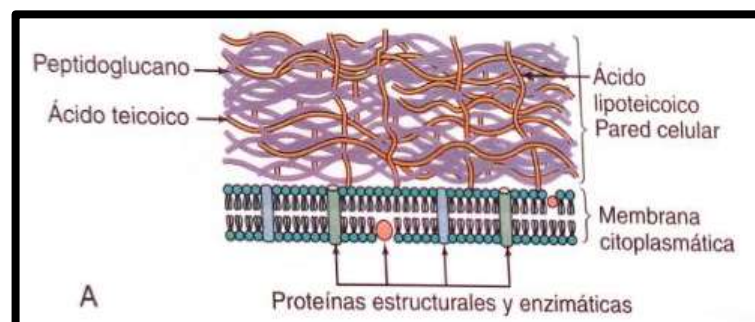


Ilustración 2-1: Estructura de una bacteria Gram Positiva.

Fuente: (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

Los ácidos teicoicos están unidos por enlaces covalentes al peptidoglucano y cumplen un papel fundamental en la viabilidad, mientras que los ácidos lipoteicoicos están formados por un ácido graso. Sus funciones ayudan a la fijación con otras bacterias y a otros receptores específicos. Los ácidos teicoicos constituyen factores de virulencia, y los ácidos lipoteicoicos tienen la capacidad de desencadenar respuestas inmunitarias del huésped similares a las endotoxinas (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

2.2.5.3 Bacterias Gram negativas

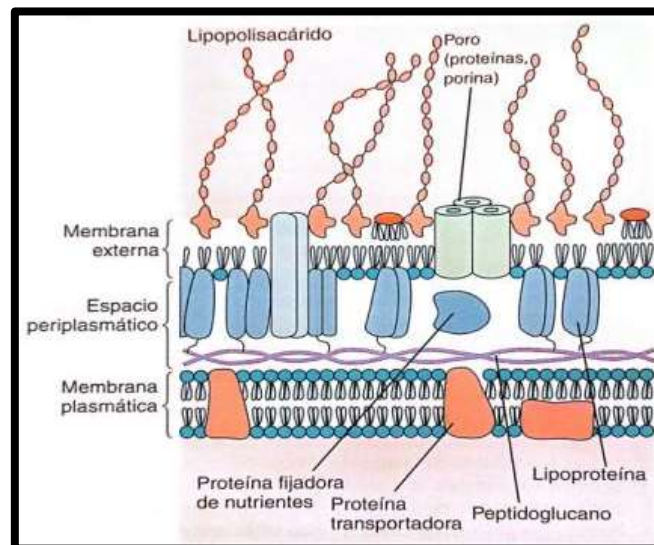


Ilustración 2-2: Estructura de una bacteria Gram Negativa

Fuente: Murray et al., 2021, págs. 117-120

La pared celular de una bacteria gramnegativa es más compleja en su estructura y su composición química. Fuera de la membrana citoplasmática se encuentra una delgada capa de peptidoglucano que corresponde entre el 5% y 10% del peso, además no está constituido por ácidos teicoicos ni lipoteicoicos. La zona comprendida entre la superficie externa e interna con la membrana plasmática se conoce como espacio periplasmático que contiene sustancias para el transporte de hierro, azúcares y otros metabolitos; cabe recalcar que, en el caso de las bacterias patógenas, varios factores de virulencia se encuentran en esta zona, la estructura se observa en la ilustración 2-2 (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

En la superficie del peptidoglucano se encuentra una estructura exclusiva de las bacterias gramnegativas denominada membrana externa que forma una especie de saco rígido alrededor de la bacteria. Su función principal es mantener la estructura bacteriana y constituir una barrera

impermeable para las moléculas de gran tamaño. También protege a la bacteria de condiciones ambientales adversas (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

La membrana externa está conectada a la membrana citoplasmática por unas zonas de adhesión que proporcionan una vía membranosa para el paso de sustancias. Al peptidoglucano se une a través de una lipoproteína por un enlace covalente y a su vez este se ancla a la membrana externa (Murray et al., 2021, págs. 117-120).

2.2.5.4 Bacterias capaces de adherirse a superficies

La temperatura, la composición química de la superficie, la disponibilidad de nutrientes y el flujo de fluidos, son factores que pueden modificar el mecanismo y la fuerza de la adhesión bacteriana a las superficies. Después de asentarse, las células adheridas a la superficie pueden trasladarse a lo largo de la superficie, agregarse y comenzar a construir una estructura tridimensional a través de la proliferación y la producción de sustancias exopoliméricas (EPS). La matriz EPS contribuye a la adhesión bacteriana a diversas superficies por medio de diferentes mecanismos según la especie. Cuando existen desafíos ambientales como la limitación de nutrientes, las células que conforman el biofilm se dispersan y empiezan el ciclo de desarrollo del biofilm en una nueva superficie que cumpla con las condiciones favorables (Jiang et al., 2021, págs. 2-13).

El término *quorum sensing* (QS) se refiere al fenómeno mediante el cual, las bacterias pueden comunicarse entre sí, expulsando al medio moléculas señalizadoras al alcanzar una densidad poblacional específica, y ser reconocidas por otros microorganismos. Esta forma de comunicación no corresponde a un único lenguaje, ya que existen diversas clases de moléculas señal. El mensaje puede ser captado por la bacteria únicamente si dispone del adecuado mecanismo de reconocimiento, ya que existen diversas clases de moléculas señal. El QS es un mecanismo que implica la síntesis, liberación y detección de moléculas señal que se denominan auto inductoras (AIs). Además, las bacterias pueden utilizar sistemas para monitorear la densidad de su población para activar genes de expresión específicos para comportarse de manera ordenada. Estos mecanismos han sido demostrados en varias bacterias Gram positivas y Gram negativas, representando señales inter e intracelulares que generan beneficios para grupos locales o poblaciones de microorganismos basados en la difusión y detección de AIs (González, 2016, págs. 14-37).

Quorum sensing es el medio de comunicación entre bacterias Gram positivas como *Staphylococcus aureus*. Los sistemas de comunicación que se encuentran en bacterias Gram positivas corresponden al uso de señales oligopeptídicas detectadas por un sistema de dos

componentes de proteínas fosforiladas que traducen la señal por un mecanismo de fosforilación/defosforilación (González, 2016, págs. 14-37).

Quorum sensing es el medio de comunicación que usan las bacterias Gram negativas como *Escherichia coli* o *Pseudomonas aeruginosa*. Está regulado por señales de moléculas pertenecientes a la familia de la N-acil homoserina lactonas (AHLs), que son capaces de controlar genes específicos en respuesta a una determinada densidad poblacional. La longitud de la AHLs varía según el número de carbonos (4 hasta 18) y poseen una cadena lateral acil que es diferente según el tipo molécula (González, 2016, págs. 14-37).

2.2.5.5 *Biopelículas*

Son comunidades de bacterias que se encuentran unidas a una superficie encerradas en una matriz compuesta por sustancias poliméricas extracelulares (SPE). La formación de biopelículas permite a las bacterias vivir en condiciones extremas y dispersarse después como células individuales para colonizar nuevos lugares una vez que las condiciones se vuelvan favorables. Las biopelículas se forman en cualquier superficie y pueden estar formados por una sola especie bacteriana o por varias. Las biopelículas necesitan de sustancias poliméricas específicas (SPE) que están compuestas por polisacáridos, ADN extracelular y proteínas, cuya función es actuar como un pegamento fluido. Esta matriz funciona como un elemento estructural y de conexión entre células que además cumple un papel importante en una serie de procesos que incluyen la unión celular y la comunicación. La célula bacteriana solitaria es denominada planctónica, y pasa por cambios en su fisiología como respuesta a señales ambientales hasta formar una comunidad compleja embebida en una biopelícula (Chávez, 2022, págs. 20-24).

2.2.5.6 *Microbiota normal de las manos*

La microbiota cutánea de las manos tiene una diversidad especial con alrededor de 150 especies. Predominan tres filos (*Actinobacteria*, *Firmicutes* y *Proteobacterius*) que representa el 94% de la flora normal. Los géneros bacterianos más frecuentes en la palma de la mano son *Propionibacterium* (31,6%), *Streptococos* (17,2%), *S. aureus* (8,3%), *Corynebacterium* (4,3%) y *Lactobacillus* (3,1%) (Patiño y Morales, 2013, págs. 147-158).

El uso de las manos tiene una influencia significativa en el tipo que microorganismos que componen la microbiota, es decir, las comunidades bacterianas varían significativamente entre la mano dominante y la no dominante del ser humano, comparten aproximadamente en un 17% de filotipos presentes (Patiño y Morales, 2013, págs. 147-158).

Además, existe una mayor diversidad en la microbiota de la palma de las manos en mujeres en comparación a la de los hombres, aunque en los dos sexos existen bacterias del mismo grupo: *Propionibacterium spp.*, *Streptococcaceae spp.* y *Staphylococcaceae spp* (Patiño y Morales, 2013, págs. 147-158).

En la tabla 2-1 se observa los microorganismos más frecuentes en hombres y mujeres.

Tabla 2-1: Microorganismos más comunes en la palma de la mano

Familia de microorganismos	Hombres	Mujeres
<i>Propionibacterium</i>	37% mas	-
<i>Corynebacterium</i>	80% mas	-
<i>Enterobacterias</i>	-	400% mas
<i>Lactobacillaceae</i>	-	340% mas
<i>Moraxellaceae</i>	-	180% mas
<i>Pseudomonadaceae</i>	-	180% mas

Fuente: Patiño y Morales, 2013, págs. 147-158

Realizado por: Casañas N., 2024.

La diferencia en la diversidad de bacterias se debe a la variación de pH que existe en las mujeres, la producción de sebo y sudor, el uso de cremas hidratantes y productos cosméticos. También influye dos factores importantes como el grosor de la piel a las manos y la producción de hormonas (Patiño y Morales, 2013, págs. 147-158).

2.2.6 Antibióticos

Los antibióticos son un tipo de medicamentos esenciales para combatir las infecciones de tipo bacteriana. Según su farmacocinética y farmacodinamia, se clasifica en dos grupos de antimicrobianos. Los agentes concentración-dependientes (aminoglucósidos y quinolonas) tienen un efecto bactericida al alcanzar concentraciones superiores a la concentración inhibitoria mínima (CIM), en otras palabras, a mayor concentración, mayor actividad bactericida. El otro grupo son los antibióticos tiempo-dependientes (β -lactámicos, glucopéptidos y macrólidos); la

concentración debe superar la CIM durante el 40%-60% del intervalo de administración (Alvo et al., 2016, págs. 137-142).

Otra clasificación es determinar si el antibiótico es bacteriostático o bactericida, es decir, se considera bacteriostático si solo inhiben el crecimiento bacteriano o bactericida si actúa directamente sobre el microorganismo para eliminarlo (Alvo et al., 2016, págs. 137-142).

2.2.6.1 *Mecanismos de acción*

- **Antimicrobianos que inhiben la síntesis de la pared bacteriana**

Sin la presencia de la pared bacteriana, se produciría la destrucción del microbio debido al alto gradiente de osmolaridad entre el medio y el citoplasma bacteriano. Los antibióticos que inhiben la síntesis de la pared requieren que la bacteria esté en crecimiento para ejercer su acción. En general, tienen baja toxicidad ya que actúa selectivamente en una estructura que no está presente en las células humanas. La pared celular se desarrolla en 3 fases donde actúan diferentes compuestos: la etapa citoplásmica, donde se sintetizan los precursores del peptidoglucano; el transporte a través de la membrana citoplasmática, y la organización final de la estructura del peptidoglucano, que se desarrolla en la parte más externa de la pared celular (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

Los antibióticos activos en la pared celular se clasifican en betalactámicos, por ejemplo, penicilinas, cefalosporinas, cefamicinas, carbapenémicos, monobactámicos, que se denominan así por que comparten en su estructura un anillo betalactámico. Otros antibióticos incluidos en esta clasificación son la vancomicina, daptomicina, bacitracina y los anti micobacterianos (isoniazida, etambutol, cicloserina y etionamida) (Murray et al., 2021, pág. 169).

- **Antibióticos que actúan en la membrana citoplásmica**

Los antimicrobianos que modifican la estructura, alteran la permeabilidad, provocando la salida de iones potasio (elementos esenciales para la bacteria) o la entrada de otros iones que en altas concentraciones producen alteraciones en el metabolismo bacteriano normal. Los antimicrobianos que actúan en esta estructura se clasifican como bactericidas, incluso en bacterias en estado de reposo, y pueden ser muy tóxicos para las células humanas ya que tienen algunos componentes similares a la membrana plasmática.

En este grupo se encuentran las polimixinas, lipopéptidos, antibióticos poliénicos (aquellos que tienen actividad antifúngica) y dos grupos con poco interés clínico, ionóforos y formadores de poros (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

- **Antibióticos que inhiben la síntesis proteica**

La inhibición selectiva de los antimicrobianos en el proceso de la síntesis de proteínas es posible debido a las diferencias estructurales que existen entre los ribosomas de las células eucariotas y procariotas. Los ribosomas bacterianos tienen dos subunidades (30S y 50S), las cuales son los lugares donde actúan los antibióticos. La mayoría de este grupo tienen acción bacteriostática, aunque los aminoglucósidos son bactericidas, pero esto va a depender de las concentraciones del antimicrobiano y del microorganismo afectado. Existen diferentes fases de la síntesis proteica en las que pueden actuar los antimicrobianos. La clasificación se detalla en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Antibióticos que inhiben la síntesis proteica según la fase en la que actúa.

Fases de la síntesis proteica	Grupos de antibióticos que actúan en esta fase	Antibióticos
Inhibidores de la fase de activación		Mupirocina
Inhibidores del inicio de la síntesis proteica	Oxazolidinonas	Linezolid
	Aminoglucósidos	Amikacina Gentamicina Estreptomina
Inhibidores de la fijación del aminoacil-ARNt al ribosoma	Tetraciclinas	Tetraciclina Doxiciclina Minociclina
	Glicilciclinas	Tigeciclina
Inhibidores de la elongación	Anfenicoles	Cloranfenicol
	Lincosamidas	Clindamicina
	Cetólidos	Telitromicina
	Macrólidos	Eritromicina Azitromicina Claritromicina

	Estreptograminas	Quinupristina-dalfopristina
--	------------------	-----------------------------

Fuente: Murray et al., 2021, págs. 117-120.

Elaborado por: Casañas, N., 2024

- **Antibióticos que actúan en el metabolismo o la estructura de los ácidos nucleicos.**

El genoma bacteriano almacena la información necesaria para la síntesis de proteínas que se transmite en el ARN mensajero y para la síntesis del ARN ribosómico, es por eso que algunos antimicrobianos intervienen en este proceso.

En este grupo se encuentran las rifamicinas (el más destacado es la rifampicina) y las quinolonas (los más usados son ciprofloxacino, moxifloxacino y levofloxacino), cuyo mecanismo es actuar en las enzimas participantes del proceso de transcripción y replicación; mientras que los nitroimidazoles y nitrofuranos participan directamente sobre el ADN. Estos antimicrobianos no son selectivos por lo que son tóxicos para las células eucariotas y en su mayoría son bactericidas rápidos e independientes del inóculo (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

- **Bloqueo de la síntesis de factores metabólicos.**

Para obtener aminoácidos o bases nitrogenadas, es necesario que las bacterias realicen la síntesis de los folatos. Antibióticos como las sulfamidas compiten con las enzimas responsables de la formación de los precursores del ácido fólico. El sulfametoxazol es el más utilizado de este grupo y se asocia a trimetoprima (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

Otro grupo de antibióticos son los denominados diaminopirimidinas. Los más utilizados en la práctica clínica son la trimetoprima y la pirimetamina cuyo mecanismo es competir por la enzima dihidrofolatoreductasa que cataliza la conversión de ácido dihidrofólico en ácido tetrahidrofólico (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

- **Antimicrobianos que bloquean mecanismos de resistencia**

Aunque no son considerados antibióticos como tal ya que carecen de actividad antibacteriana intrínseca, este grupo se une irreversiblemente a las enzimas responsables de la resistencia a los antibióticos. Los más destacados son los inhibidores de las β -lactamasas que protegen la acción de los betalactámicos. Dentro de este grupo se incluye al ácido clavulánico, sulbactam y tazobactam (Calvo y Martínez, 2009, págs. 44-52).

2.2.7 Resistencia bacteriana

Es la capacidad que tiene un microorganismo para resistir los efectos de los antibióticos. Es una característica innata de la bacteria o puede ser una capacidad adquirida durante el proceso infeccioso. La resistencia bacteriana es una de las principales amenazas de salud, ya que pone en peligro prioridades globales como el desarrollo humano (Giono et al., 2020, págs. 172-180).

La transferencia horizontal de genes (HGT) desempeña un papel muy importante en la resistencia a los antimicrobianos, ya que por medio de esta los microorganismos pueden heredar información genética independientemente del parentesco o si los genes estaban presentes en el genoma ancestral. La HGT es relevante en las bacterias ya que se estima que el 80% del genoma bacteriano se obtuvo por transferencia horizontal a lo largo de su evolución. Además, tiene graves consecuencias para la salud de los humanos ya que es un factor clave en la transmisión de genes en la resistencia a los antibióticos (Herencias Rodríguez et al., 2022, págs. 1-7).

Debido a la HGT las bacterias pueden volverse multirresistentes lo que complica aún más los intentos por combatir las enfermedades infecciosas. De hecho, en el ámbito hospitalario la HGT es relevante por el uso continuo de antibióticos, creando un ambiente óptimo para la transferencia de mecanismo de resistencia (Herencias Rodríguez et al., 2022, págs. 1-7).

2.2.7.1 Mecanismos de resistencia

Las bacterias debido a su capacidad de adaptación han desarrollado varios mecanismos para que los efectos de los antibióticos no sean efectivos. Existe la resistencia natural y la resistencia adquirida donde esta última es la más importante en la práctica clínica ya que se debe a la mutación de la carga genética de la bacteria o puede darse por una transmisión genética. La resistencia transmisible tiene gran importancia ya que están involucrados plásmidos (fragmentos de ADN circulares que se encuentran en las bacterias) y que pueden ser transmitidos de una bacteria a otra (Pérez, 1998, págs. 57-67). Fundamentalmente existen tres tipos de mecanismos de resistencia que son:

- **Inactivación del antibiótico por enzimas**

Las enzimas más importantes producidas por las bacterias para desactivar los antibióticos son las betalactamasas que muchas bacterias son capaces de producirlas. En los gram positivos pueden ser plasmídicas mientras que en las gram negativas de origen plasmídico o por transposones. También existen enzimas que modifican los aminoglucósidos, aunque no sea su principal

mecanismo de resistencia. También el cloranfenicol, las tetraciclinas y los macrólidos pueden ser inactivados por enzimas (Pérez, 1998, págs. 57-67).

- **Modificaciones bacterianas que impiden la llegada del antibiótico al punto diana**

Existen mutaciones bacterianas en las porinas de la pared que no permiten la entrada de algunos antibióticos (betalactámicos) o modifican los sistemas de transporte (aminoglucósidos en los anaerobios). En ocasiones pueden provocar la salida del antibiótico por un mecanismo de expulsión, lo que impide que se acumule la suficiente cantidad para que actúe eficazmente (Pérez, 1998, págs. 57-67).

- **Alteración por parte de la bacteria de su punto diana**

Este tipo de resistencia se da por alteraciones que existen a nivel del ADN girasa (resistencia de quinolonas), ARNr 23S (macrólidos) y de las enzimas PBPs (proteínas fijadoras de penicilina) necesarias para la formación de la pared celular (resistencia a betalactámicos). Una bacteria puede desarrollar varios mecanismos de resistencia al mismo tiempo a uno o varios antibióticos y de igual manera un antibiótico puede ser inactivado por mecanismos diferentes y de varias especies bacterianas (Pérez, 1998, págs. 57-67).

2.2.8 Hongos

Son organismos compuestos por células eucariotas y la mayoría crecen en material en descomposición. Son organismos quimiótrofos que producen enzimas capaces de degradar compuestos orgánicos. La pared celular de los hongos contiene 1,3 beta-glucano y quitina, y la membrana celular está compuesta de ergosterol que es un esteroide, blanco de acción de varios fármacos (Struthers, 2018, págs. 30-50).

Hay dos formas morfológicas de hongos, levaduras o mohos, por ejemplo, el género *Candida* es un tipo de levadura que se reproduce por germinación, y cuando estos brotes permanecen unidos se forman pseudohifas. Los mohos como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor*, crecen como hifas (micelios); la reproducción asexual se basa en la producción de esporas (Struthers, 2018, págs. 30-50).

Los hongos necesitan hidratos de carbono como fuente de energía ya que no son capaces de realizar fotosíntesis ni de fijar carbono. Los nutrientes son obtenidos por absorción después de realizar la digestión extracelular de estos, lo que permite a los hongos utilizar a estos sustratos como nutrientes y fuente de energía. Carecen de flagelos por lo que son considerados organismos

no móviles, a excepción de las zoosporas y planogametos de los hongos acuáticos (García et al., 2012, págs. 65-68).

Los hongos necesitan de macro y micronutrientes como oxígeno e hidrógeno para su crecimiento. La fuente principal es la atmósfera en el caso de los hongos aerobios, sin embargo, todos los hongos la pueden obtener del medio que la rodean. El carbono representa la mitad del peso seco de un hongo por lo que es un compuesto que se requiere en cantidades mayores. La principal fuente es la glucosa, aunque también pueden obtener carbono a partir de lípidos, proteínas y ácidos orgánicos o a partir de dióxido de carbono, aunque este no es suficiente como suministro de carbono (García et al., 2012, págs. 65-68).

2.2.8.1 Clasificación y estructura de los hongos

Los hongos pueden ser unicelulares o pluricelulares, generalmente se los clasifica en mohos y levaduras. Una levadura es una célula que se reproduce por gemación o fisión, esto significa que una célula “madre” desprende una parte de sí misma para que se produzca una célula “hija” que se pueden alargar para formar unas estructuras denominadas pseudohifas que tienen forma semejante a la de una salchicha. En agar, las características de las colonias de levaduras son redondeadas, pálidas o mucoides (Murray et al., 2021, págs. 572-573).

Los mohos son microorganismos pluricelulares que están formados por hifas (estructuras tubulares filiformes) que se alargan de extremo a extremo por un proceso que se llama extensión apical. Las hifas pueden ser de varios tipos: cenocíticas (multinucleadas y huecas) o tabicadas (divididas por separaciones), cuando estas estructuras se unen forman los micelios.

Cuando un moho crece en una superficie sólida o agar producen hifas vegetativas, también crecen las denominadas hifas aéreas que se proyectan sobre la superficie del medio de cultivo.

Las hifas aéreas producen unas estructuras especializadas denominadas conidios por un proceso de gemación o un proceso tállico donde las hifas se fragmentan para dar lugar a los arthroconidios (células individuales) (Murray et al., 2021, págs. 572-573).

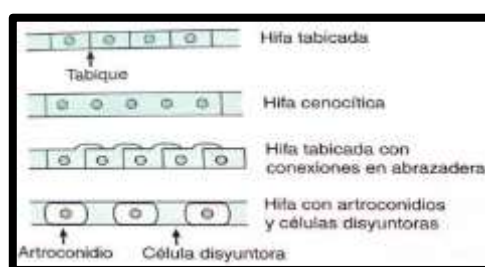


Ilustración 2-3: Diferentes tipos de hifas.

Fuente: Murray et al., 2021, págs. 117-120.

2.2.8.2 *Hongos capaces de adherirse a la superficie*

Se ha demostrado que las células eucariotas también tienen la capacidad de formar biopelículas, aunque en un inicio se creía que solo las células procariotas lo podían hacer. Por ejemplo, *Candida albicans* tiene la capacidad de formar este microambiente formado por polisacáridos y proteínas para adherirse a superficies bióticas o abióticas (Arellano, 2022, págs. 23-28).

La formación de la biopelícula se da por etapas, la adherencia es un punto clave en el inicio. Se han descrito diferentes cambios morfológicos que suceden en las células en el transcurso del desarrollo, encontrando levaduras en el comienzo e hifas en la maduración y dispersión de la misma biopelícula, así como de un incremento de β -glucanos. El glucocálix es un exopolímero que le permite a la biopelícula adherirse y organizarse a manera de colonia para comenzar su desarrollo proporcionando estabilidad (Arellano, 2022, págs. 23-28).

Además del glucocálix, también están involucradas proteínas y enzimas conocidas como adhesinas que le permiten al organismo de *Candida albicans* adherirse a una superficie. Una de las principales es la fibronectina que promueve la unión a la fibronectina del hospedero que actúa como receptor, entre otros ejemplos, se encuentran los análogos integrinas y proteínas de unión a la fucosa, que también promueven la adhesión. Otro componente involucrado es el glucano con enlace β 1- 3, que le confiere a la biopelícula resistencia para mantener aislado el denominado microambiente (Arellano, 2022, págs. 23-28).

2.2.9 *Medios de cultivo*

Un medio de cultivo es aquel que en su composición tiene los nutrientes necesarios para que exista crecimiento de ciertos microorganismos (puede ser hongos o bacterias). Generalmente se utiliza placas de Petri con agar, pero también existe medios de cultivo en tubos. No todos los microorganismos se pueden cultivar y aislar en un laboratorio, aunque existe una gran diversidad que sí, y debido a la gran variedad metabólica de este conjunto de organismos existen varios tipos de medios de cultivo disponibles en el mercado (Barrero, 2016, págs. 39-42).

2.2.9.1 *Componentes de un medio de cultivo*

De manera general, los medios de cultivo están compuestos de:

- Fuente de carbono: Son azúcares sencillos como glucosa, lactosa, etc., aunque en otros casos contiene CO₂ ya que existen organismos autótrofos que necesitan de este compuesto.
- Fuente de nitrógeno: Se usa proteínas parcialmente hidrolizadas o peptonas.
- Amortiguadores de pH; Son sustancias que ayudan a mantener el pH en el rango óptimo para el crecimiento de los microorganismos, por ejemplo, se suele usar fosfatos disódicos o monosódicos (Barrero, 2016, págs. 39-42).

Existen otros tipos de medios de cultivo que se obtiene de los tejidos animales como el cerebro, corazón o hígado; o en algunos casos se usa fluidos corporales como la sangre animal. Todos estos productos tienen los componentes necesarios para el crecimiento de microorganismos.

Uno de los componentes más importantes en el medio de cultivo es el agar, que es un polisacárido que se obtiene a partir de algas marinas y tiene la capacidad de fundirse a una temperatura de 100°C y gelifica alrededor de 40°C. Además, tiene la particularidad de que hay muy pocos microorganismos que son capaces de degradar el agar (Barrero, 2016, págs. 39-42).

2.2.9.2 *Tipos de medio de cultivo*

Según la proporción del agar, existen tres tipos:

- Líquidos (caldos): Se caracteriza por carecer de un agente gelificante, por lo que los microorganismos crecen por todo el medio. El crecimiento en este tipo de medios es rápido ya que existe movilidad y permite acceder a los nutrientes de una manera más fácil (Barrero, 2016, págs. 39-42).
- Sólidos: En su composición tiene aproximadamente el 1,5% de agar y el crecimiento de los microorganismos se desarrolla en la superficie del medio. Estos medios pueden depositarse en placas de Petri o tubos de ensayo (Barrero, 2016, págs. 39-42).
- Semisólidos: En su composición contiene menos del 0,5% de agar. Se utilizan para pruebas bioquímicas y de movilidad (Barrero, 2016, págs. 39-42).

En microbiología diagnóstica existen cuatro tipos y se clasifican según su utilidad:

- Nutritivos: Son muy generales por lo que permiten el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. Por ejemplo, en esta clasificación se encuentra el agua de peptona y el caldo de tripticasa-soja (Barrero, 2016, págs. 39-42).
- De enriquecimiento no selectivos: Además de contener los componentes básicos, tienen otros elementos adicionales para permitir el crecimiento de microorganismos exigentes que no son capaces de desarrollarse en un medio general, por ejemplo, los medios que más se utilizan

son Agar Sangre, Agar chocolate, Agar Müller-Hinton, Agar dextrosa Sabouraud (Barrero, 2016, págs. 39-42).

- **Selectivos:** Se caracteriza por tener componentes que impiden el crecimiento de microorganismos no deseados. Por ejemplo, el agar MacConkey contiene cristal violeta, que inhibe el crecimiento de bacterias grampositivas y hongos, facilitando el desarrollo de bacterias gramnegativas (Barrero, 2016, págs. 39-42).
- **Diferenciales:** En su composición se encuentran sustancias que permiten identificar alguna característica de la especie o grupo de microorganismos. Por ejemplo, el agar MacConkey está compuesto por lactosa y rojo neutro (como indicador); las bacterias fermentadoras de lactosa (lactosas positivas) aparecen de color rosa intenso y las no fermentadoras de lactosa son incoloras (Barrero, 2016, págs. 39-42).

2.2.9.3 Agar Sangre

Es un medio de cultivo que permite el crecimiento de varios tipos de bacterias. Está compuesto por una base de nutrientes y suplemento de sangre desfibrinada animal en una proporción del 5% al 10%. Permite identificar si las bacterias son capaces de producir hemólisis, es decir, la capacidad de destruir los glóbulos rojos por lo que se lo considera un medio diferencial.

Existen tres tipos de hemólisis, están son:

- **Betahemólisis:** Es la lisis completa de los glóbulos rojos presentes en el medio. Se observa un halo transparente alrededor de la colonia que produce este tipo de hemolisis y se consideran bacterias betahemolíticas.
- **Alfahemólisis:** Es la lisis parcial de los glóbulos rojos presentes en el medio. Se observa un halo verdoso alrededor de la colonia que produce este tipo de hemolisis. Se consideran bacterias alfahemolíticas.
- **Gammahemólisis:** No existe la presencia de hemólisis (Barrero, 2016, p.44).

2.2.9.4 Agar MacConkey

Es usado para el aislamiento de enterobacterias (bacilos gram negativos) por lo que es considerado un medio selectivo y diferencial. Están compuestas de sales biliares y cristal violeta que inhiben el crecimiento de bacterias gram positivas y hongos, además, contienen lactosa y rojo neutro como indicador de pH. Las bacterias capaces de fermentar lactosa aparecen de color rosa (por ejemplo, *Escheria coli*), mientras las que no aparecen incoloras en el medio (por ejemplo, *Salmonella*) (Barrero, 2016, p.45).

2.2.10 Pruebas bioquímicas

2.2.10.1 Citrato Simons

Esta prueba se utiliza para medir la capacidad de la bacteria de utilizar citrato de sodio para su metabolismo.

Normalmente el medio es de color verde, la prueba es positiva cuando se observa de color azul oscuro en 24 a 48 horas, también es positivo cuando existe crecimiento de colonias en la línea de inoculación, aunque no exista cambio de color (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 64).

2.2.10.2 Prueba de ureasa

La prueba es utilizada para determinar la presencia de la enzima ureasa, responsable de la hidrólisis de la urea que da como productos el amoníaco, agua y dióxido de carbono.

La prueba es positiva cuando se observa de color rojo rosado en el pico de flauta y es negativo cuando se observa de color amarillo, es decir, cuando no existe cambio de color (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 65).

2.2.10.3 Prueba Kligler

Esta prueba bioquímica se utiliza para medir la capacidad de una bacteria para utilizar compuestos como lactosa, glucosa y sacarosa. También se determina la producción de gas y de ácido sulfúrico. Se considera que la bacteria es capaz de utilizar lactosa cuando el pico de flauta es de color amarillo (es una reacción ácida), utiliza glucosa cuando en el medio del tubo es de color amarillo (relación ácida) y cuando no hay utilización de ninguna fuente de carbono se observa de color rojo o no hay cambio de color (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 62-63).

Para determinar la producción de gas, la prueba es positiva cuando existe una o varias burbujas en el medio, división o desplazamiento del mismo. Mientras que para determinar la producción de ácido sulfúrico se observa el medio de color negro en la parte superior (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 62-63).

2.2.11 Pruebas de sensibilidad antimicrobiana

Las pruebas de sensibilidad antimicrobiana o también conocida como antibiograma se utilizan para evaluar la susceptibilidad de un microorganismo a un fármaco. Los resultados se reportan en diferentes categorías (sensible, intermedio o resistente), y se analizan teniendo en cuenta los

puntos de referencia establecidos por los distintos comités. La lectura del antibiograma no se utiliza únicamente para la determinación del perfil de sensibilidad bacteriano. Actualmente, se propone la lectura interpretada del antibiograma para proponer una aproximación al mecanismo de resistencia bacteriana, la detección de patrones inusuales y finalmente un cambio en la conducta terapéutica (Dueñas et al., 2021, págs. 252-262).

Existen diferentes técnicas para realizar un antibiograma: técnicas de dilución, difusión, métodos bioquímicos y genéticos. En las técnicas de dilución se encuentra la dilución en caldo o en agar, su fundamento es colocar un cultivo de bacterias ya sea en placas o pozos con una concentración estándar de antibiótico y posteriormente evaluar si hubo crecimiento de microorganismos por medio de la inspección visual (Dueñas et al., 2021, págs. 252-262).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Es un estudio de tipo cuantitativo ya que se utiliza una metodología empírica-analítica, además se utiliza la estadística para tabular los datos obtenidos del análisis microbiológico.

3.2 Nivel de la investigación

Corresponde a una investigación observacional de tipo descriptivo ya que no se manipula ninguna variable, si no que se realiza una evaluación microbiológica para determinar los tipos de microorganismos presentes en la superficie de los teléfonos celulares, así como también la sensibilidad que tienen las bacterias encontradas a diferentes antibióticos.

3.3 Diseño de la investigación

3.3.1 *Según la manipulación o no de la variable independiente*

Es una investigación de tipo no experimental.

3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

Es una investigación de tipo transversal por que se realiza la toma de muestra una sola vez ya que es suficiente para determinar el tipo de microorganismo que se puede encontrar.

3.4 Tipos de estudio

El tipo de estudio de esta investigación es de campo porque se basa en la recolección de muestras de los dispositivos electrónicos de los estudiantes en las aulas de clase, además que dichas muestras son analizadas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando técnicas microbiológicas para aislar e identificar los tipos de microorganismos presentes. También se realiza pruebas de sensibilidad a los antibióticos a las cepas bacterianas aisladas con diferentes antibióticos.

3.5 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1 Población de estudio y planificación

La población de estudio son 68 teléfonos celulares de los estudiantes de sexto semestre de la carrera de Bioquímica y Farmacia.

3.5.2 Tamaño de la muestra

Las muestras se recolectan mediante un muestreo al azar. Solo se toman en cuenta aquellos que por voluntad propia aceptan participar de la investigación. Teniendo un total de 30 muestras de la pantalla, bordes y parte posterior de los teléfonos celulares.

- **Criterios de inclusión**

Participan solo los teléfonos celulares de los estudiantes que están legalmente matriculados en sexto semestre de la carrera de Bioquímica y Farmacia.

- **Criterios de exclusión**

Se excluyen aquellos teléfonos celulares que pertenecen a estudiantes de otros semestres de la carrera de Bioquímica y Farmacia o que tengan matrícula pendiente.

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación

3.6.1 Lista de reactivos, materiales y equipos

Materiales

- Equipo de protección personal (Guantes, cofia, mascarilla, mandil).
- Cajas Petri
- Petri film para mohos y levaduras
- Tubos de ensayo
- Erlenmeyer 1000 mL
- Asa microbiológica
- Papel aluminio
- Probeta 100 mL
- Gradillas
- Cinta masqui
- Parafilm
- Erlenmeyer 500 mL
- Bombigrafo
- Placas portaobjetos
- Piseta

- Lámpara de alcohol
- Pipeta automática de 1000 ul
- Puntas azules
- Algodón
- Vaso de precipitación
- Jeringas
- Pinza para discos
- Discos de antibiótico
- Toallas absorbentes
- Marcador permanente
- Franela
- Petri film para coliformes totales

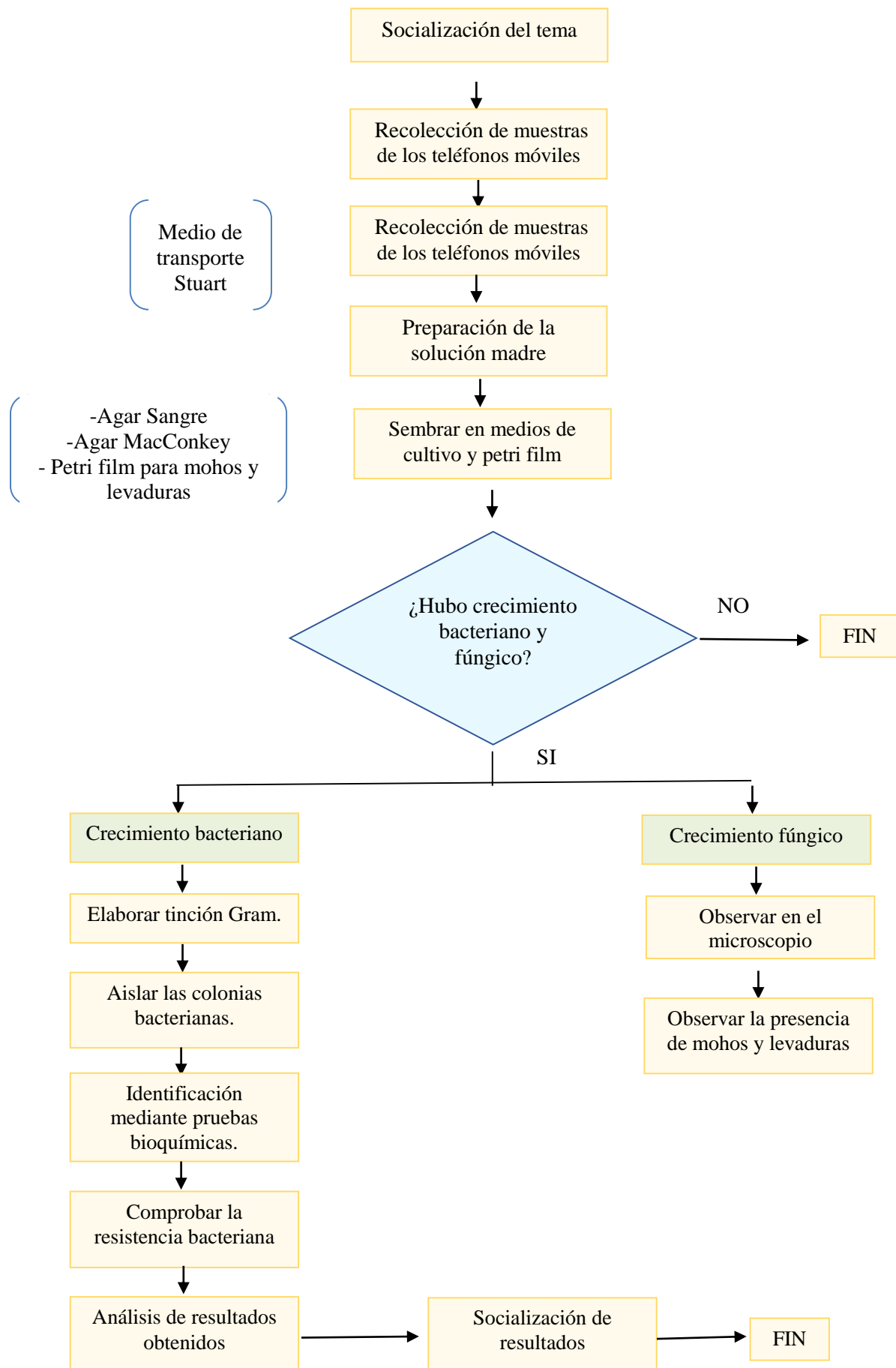
Reactivos

- Agar Sangre
- Agar MacConkey
- Medio de transporte Stuart
- Agua destilada
- Alcohol 90%
- Agar Manitol Salado
- Agar Müller-Hinton
- Prueba bioquímica Kligler
- Prueba bioquímica Urea
- Prueba bioquímica SIM
- Prueba bioquímica Citrato
- Peróxido de hidrógeno
- Cristal Violeta
- Lugol
- Safranina
- Alcohol cetona
- Aceite de inmersión

Equipos

- Incubadora
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Reverbero
- Microscopio
- Refrigerador

3.6.2 Diagrama de flujo del procedimiento



3.6.3 *Recolección de muestra para análisis bacteriano*

- Realizar la socialización del tema de investigación con los estudiantes de sexto semestre para que permitan la toma de muestra de los dispositivos móviles.
- Se utiliza el método del hisopo para muestreo de superficies inertes descrito en la Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas N° 461- MINSA.
- Sumergir un hisopo estéril en un tubo con medio de transporte STUART y pasar por la pantalla del celular, los bordes y la parte posterior.

3.6.4 *Almacenamiento y conservación de la muestra*

- Los medios de transporte Stuart se almacenaron a una temperatura de 10°C hasta preparar las disoluciones y empezar la siembra.

3.6.5 *Preparación de la solución madre*

- Colocar en un tubo de ensayo 1 mL de agua destilada.
- Pesar 0.25 gr de agua de peptona 0.1% y diluir en 270 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer para preparar la solución.
- Colocar 9 mL del agua de peptona 0.1% preparada en tubos de ensayo.
- Esterilizar todos los tubos de ensayo a 121°C por 20 minutos.
- Una vez esterilizado todo el material y las soluciones, colocarlo en la cámara de flujo laminar para empezar a diluir todas las muestras tomadas en los tubos que contienen 1 mL de agua destilada.
- Colocar el 1mL con la muestra diluida en el tubo que contiene 9mL de agua de peptona 1% y dejar incubar por 24 h a 37°C.

3.6.6 *Preparación del Agar Sangre*

- Disolver 23.5 gr del medio de agar sangre en 600 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, y tapar con un corcho.
- Esterilizar en el autoclave a 121°C durante 20 minutos.
- Dejar enfriar a 45°C, y añadir 5 mL sangre humana al 5% por cada 100 mL de medio preparado.

- Homogenizar y verter en las cajas Petri en una cámara de flujo laminar para evitar contaminación.
- Dejar solidificar los medios de cultivo para sembrar a partir de la solución madre.

3.6.7 Preparación de Agar MacConkey

- Pesar 20 gramos de agar MacConkey y disolver en 600 mL de agua destilada.
- Esterilizar en el autoclave a 121 °C durante 20 minutos.
- Dejar enfriar la disolución y en una cámara de flujo laminar, verter en cajas Petri para evitar contaminación.
- Dejar solidificar los medios para sembrar a partir de la solución madre.

3.6.8 Siembra de las muestras

- Para el cultivo de las muestras sembrar en Agar Sangre, sembrar por la técnica de extensión de superficie y evidenciar reacciones de hemólisis.
- Sembrar en agar MacConkey por la técnica de siembra por extensión en superficie.
- Incubar los medios por 24 – 48 horas a 37 °C.

3.6.9 Preparación de Tinción Gram

- Todo el procedimiento se debe realizar cerca de un mechero de alcohol para garantizar condiciones de esterilidad.
- Colocar una gota de agua destilada en una placa portaobjetos y tomar una colonia del agar sangre y preparar el frotis.
- Fijar la muestra y colocar una gota de cristal violeta y dejar actuar durante 1 min.
- Lavar con agua destilada y cubrir con Lugol, dejar actuar durante 1 min y lavar con agua destilada.
- Cubrir con alcohol-acetona, durante 30 s y lavar con agua destilada.
- Cubrir safranina y dejar actuar durante 1 minuto y lavar con agua destilada.
- Secar, colocar una gota de aceite de inmersión y observar en el microscopio con el objetivo 100x.

3.6.10 Recuento de coliformes totales

- A partir de la solución madre, sembrar 1 mL con una pipeta automática en una placa Petrifilm para determinar coliformes totales.
- Dejar incubar a 35-37°C por 24 horas para observar resultados.
- Según la ficha técnica, no se debe dejar incubar más de 20 placas apiladas
- Realizar el recuento de colonias y calcular en base a lo indicado en la norma.

3.6.11 Aislamiento e identificación de las colonias

- Después de observar la morfología de las colonias, aislar en otros medios de cultivo hasta obtener cultivos puros y realizar pruebas bioquímicas.

3.6.11.1 Preparación de Agar Manitol Salado y siembra

- Tomar 42.2 gr del medio de cultivo y disolver en 380 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer.
- Esterilizar en el autoclave a 121 °C por 20 minutos.
- Dejar enfriar la disolución. En una cámara de flujo laminar verter el contenido en cajas Petri y dejar solidificar el medio.
- Tomar una colonia del agar Sangre sembrar en Agar Manitol Salado aplicando la técnica de siembra en estría. Incubar los medios por 24 horas a 37°C.

3.6.12 Preparación de pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias gramnegativas

- De los medios de cultivo donde hubo crecimiento, realizar las pruebas bioquímicas para identificar el tipo de bacteria.

3.6.12.1 Simons citrato

- Tomar 24.2 gr del medio Simons citrato por cada litro de agua destilada y disolver en un matraz Erlenmeyer.
- Calentar en un reverbero agitando constantemente para lograr que se disuelva totalmente.
- Esterilizar en el autoclave a 121°C por 20 minutos.
- Dejar enfriar el medio y después colocar en tubos de ensayo.
- Solidificar el medio mediante la técnica de pico de flauta.

- Sembrar y dejar incubar a 37°C por 24 horas.
- Observar los resultados e identificar el microorganismo.

3.6.12.2 *Kligler*

- Tomar 52.5 gr del medio TSI por cada litro de agua destilada y disolver en un matraz Erlenmeyer.
- Calentar el medio en un reverbero agitando constantemente para lograr que se disuelva totalmente.
- Esterilizar en el autoclave a 121°C por 20 minutos.
- Dejar enfriar el medio y después colocar en tubos de ensayo.
- Solidificar el medio mediante la técnica de pico de flauta.
- Sembrar y dejar incubar a 37°C por 24 horas.
- Observar los resultados e identificar el microorganismo.

3.6.12.3 *UREA*

- Tomar 24 gr del medio urea por cada litro de agua destilada y disolver en un matraz Erlenmeyer.
- Calentar en un reverbero agitando constantemente para lograr que se disuelva totalmente.
- Esterilizar en el autoclave a 121°C por 20 minutos.
- Dejar enfriar el medio y después colocar en tubos de ensayo.
- Añadir una solución estéril de urea al 40%
- Solidificar el medio mediante la técnica de pico de flauta.
- Sembrar y dejar incubar a 37°C por 24 horas.
- Observar los resultados e identificar el microorganismo

3.6.12.4 *SIM*

- Tomar 30 gr del medio SIM por cada litro de agua destilada y disolver en un matraz Erlenmeyer.
- Calentar en un reverbero agitando constantemente para lograr que se disuelva totalmente.
- Esterilizar en el autoclave a 121°C por 20 minutos.
- Dejar enfriar el medio y después colocar en tubos de ensayo.
- Solidificar el medio mediante la técnica de pico de flauta.
- Sembrar y dejar incubar a 37°C por 24 horas.

- Observar los resultados e identificar el microorganismo.

3.6.13 Pruebas bioquímicas para identificar bacterias Gram positivas

3.6.13.1 Catalasa

- Colocar una colonia sobre un portaobjetos
- Añadir una gota de peróxido de hidrógeno sobre la colonia y observar la reacción.
- Si empieza a formarse burbujas la prueba se considera positiva, caso contrario la prueba es negativa.

3.6.13.2 Coagulasa

- Colocar una colonia en un tubo de vidrio esterilizado que contenga plasma.
- Incubar por 4 horas a 35-37°C para observar la capacidad de la bacteria para formar un coágulo.
- Si después de las 4 horas no se ha formado ningún coágulo, incubar hasta las 24 horas a temperatura ambiente.
- La prueba se considera positiva cuando se observa la formación de un coágulo, caso contrario se considera negativa.

3.6.14 Pruebas de inhibición bacteriana

- Preparar el agar Müller-Hinton, pesar 38 gr por cada litro de agua y disolver en un matraz Erlenmeyer.
- Calentar en un reverbero por aproximadamente 1 minuto para que el medio se disuelva por completo.
- Esterilizar el medio en el autoclave a 121°C por 20 minutos.
- Dejar enfriar el medio y verter en cajas Petri dentro de una cámara de flujo laminar para evitar la contaminación.
- Sembrar en el agar una colonia pura con la técnica de siembra por estría y colocar discos de antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia.
- Incubar por 24 horas a 35-37°C. Después observar los resultados, comparar el tamaño de los halos formados con las tablas de referencia para determinar la sensibilidad o resistencia.

3.6.15 Siembra en placas Petri film para determinar hongos y levaduras.

- A partir de la solución madre, sembrar 1 mL con una pipeta automática en una placa petrifilm para determinar la presencia de hongos y levaduras.
- Dejar incubar a 35-37°C por 48-72 horas para observar resultados.
- Según la ficha técnica, no se debe dejar incubar más de 20 placas apiladas
- Determinar la presencia de hongos y levaduras observando el color del medio

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados presentan las especies bacterianas identificadas en las muestras tomadas de la superficie de teléfonos celulares y la sensibilidad que tiene a ciertos antibióticos que fueron seleccionados en base al Manual de Vigilancia del Centro de Referencia Nacional de Resistencia a los Antimicrobianos (CRN-RAM, 2023). Así como también la presencia de mohos y levaduras.

4.1 Toma de muestra

Se realizó un muestreo aleatorio tomando en cuenta los factores de inclusión y exclusión. Solo se tomó en cuenta a los estudiantes que aceptaron voluntariamente que su teléfono celular sea muestreado obteniéndose un total de 30 muestras de la parte posterior, superficie y bordes del dispositivo para ser analizadas.

La muestra se tomó en las aulas de clase utilizando un medio de transporte STUART, aplicando la técnica del hisopo y se conservaron a una temperatura de 10°C hasta el siguiente día para preparar una disolución con un medio de enriquecimiento como se indica en el apartado de conservación y transporte de la muestra de la norma N° 461- MINSa, en este caso se utilizó agua peptonada 0.1%. Esta solución se la conoce como “Solución madre” y se la incubó por 24 horas a 37° con la finalidad de favorecer a la proliferación de las bacterias presentes en las muestras.

Esta solución fue utilizada para sembrar en agar Sangre, placas Petrifilm para el recuento de coliformes totales y placas Petrifilm para identificar la presencia de mohos y levaduras. Cabe recalcar que la información del estudiante al que pertenece el teléfono celular es confidencial, por lo que las muestras fueron codificadas en orden utilizando una serie numérica desde E1 hasta E30.

4.2 Recuento de coliformes totales

Se realizó el recuento de coliformes totales en cada muestra y se reportó como UFC (unidades formadoras de colonias) por cada superficie muestreada. De las 30 muestras tomadas, solo se evidenció la presencia de coliformes en las 5 muestras cuyo código se describe en la tabla 4 -1, de igual manera se describe el recuento de coliformes totales y si cumple o no con el límite establecido en la norma. Después de 24 horas de incubación, se observó que las muestras E1, E13,

E17 y E24 cumplen con el límite permisible de presencia de coliformes totales en una superficie inerte mientras que la única muestra que no cumplió fue aquella con el código E7.

En el estudio realizado por Villacrés y Zurita (2017, págs. 50-72) coincide que, aunque existe la presencia de coliformes en la superficie de los teléfonos celulares, no están presentes en la mayoría de las muestras analizadas. Además, menciona que la presencia de estos microorganismos se puede disminuir si se aplican las técnicas correctas de desinfección.

Tabla 4-1: Recuento de coliformes totales.

Muestra	Resultado	Límite permisible	Cumplimiento
E1	2.1 UFC/1 teléfono celular	< 10 ufc/ superficie muestreada	Cumple
E7	32.4 UFC/1 teléfono celular	< 10 ufc/ superficie muestreada	No cumple
E13	4.6 UFC/1 teléfono celular	< 10 ufc/ superficie muestreada	Cumple
E17	1.6 UFC/1 teléfono celular	< 10 ufc/ superficie muestreada	Cumple
E24	3.5 UFC/1 teléfono celular	< 10 ufc/ superficie muestreada	Cumple

Realizado por: Casañas N., 2024

4.3 Identificación de microorganismos

En esta investigación se aislaron 5 bacterias de gran importancia, por lo que fue necesario realizar varias siembras en medios selectivos para cada tipo y se aislaron hasta obtener cultivos puros, esto se confirmó después de hacer tinción Gram y observar que las colonias sean de un solo tipo de morfología, es decir, que se observen únicamente cocos o bacilos y que sean grampositivos o gramnegativos. Además, se realizaron diferentes pruebas bioquímicas para identificar género y especie de cada bacteria. En la tabla 4-2 se observa todas las bacterias identificadas y la frecuencia, siendo *Staphylococcus saprophyticus* el que se encuentra en mayor proporción con un 38.46%. Otros microorganismos encontrados fueron: *Staphylococcus aureus* (23.08%), *Staphylococcus epidermidis* (15.38%), *Escherichia coli* (19.23%) y *Pseudomonas aeruginosa* (3.85%).

Según Bodena et al. (2019, págs. 1-10) coincide que en su estudio los tipos de bacterias más predominantes fueron los estafilococos coagulasa negativos, es decir, *Staphylococcus saprophyticus* y *Staphylococcus epidermidis*; seguido de *Staphylococcus aureus*. En este estudio no se identificó ninguna bacteria perteneciente al género *Streptococcus*. Además, la bacteria gramnegativa que encontró en mayor proporción fue *Escherichia coli*, lo que coincide con el presente estudio. Sin embargo, en esta investigación también se encontró *Pseudomonas aeruginosa*, otro bacilo gramnegativo de gran interés clínico.

Tabla 4-2: Microorganismos más frecuentes en los teléfonos celulares.

Microorganismo	Frecuencia	Porcentaje
<i>Staphylococcus aureus</i>	6	23.08%
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	15.38%
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	10	38.46%
<i>Escherichia coli</i>	5	19.23%
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	3.85%

Realizado por: Casañas N., 2024.

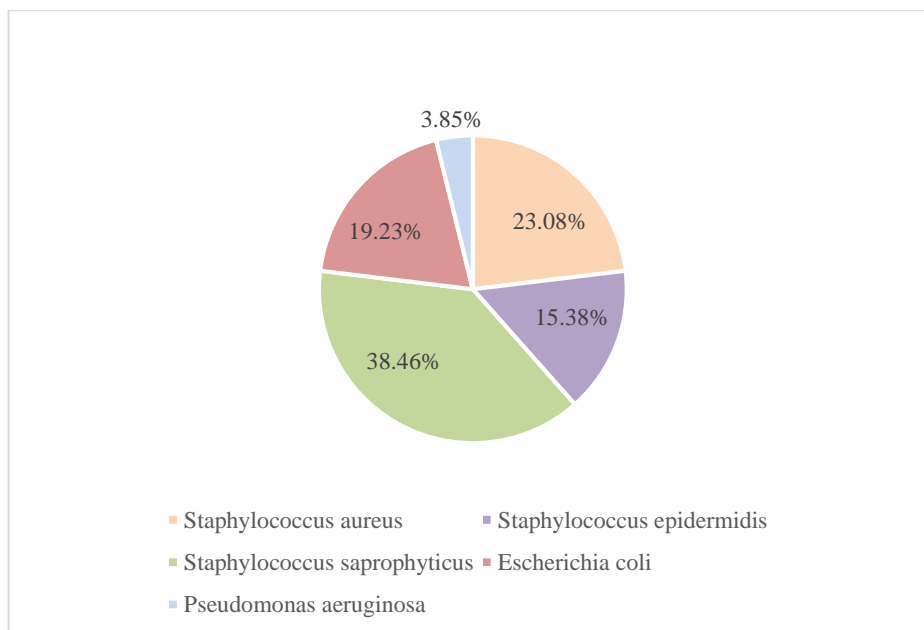


Ilustración 4-1: Microorganismos más frecuentes identificados en los teléfonos celulares.

Realizado por: Casañas N., 2024.

Por otro lado, se pudo observar que existieron muestras en los que había un alto grado de contaminación encontrándose más de una especie bacteriana. En la tabla 4-3 se reporta la cantidad de especies bacterianas encontradas en cada muestra y además se especifica la muestra a la que

pertenece. Se observó que en 15 muestras se encontró únicamente un tipo de cepa bacteriana, en 4 muestras se encontraron 2 tipos de cepas bacterianas y en 1 muestra se encontró 3 tipos de bacterianas. En 10 muestras no se encontró ningún tipo de cepa bacteriana. Santana et al. (2019, págs. 676-680) en su estudio menciona que, al analizar 111 teléfonos celulares del personal de cuidados intensivos de un hospital, 56 muestras estuvieron contaminadas por un microorganismo y solo en 8 muestras se encontró 2 tipos diferentes. Por otro lado, en 55 muestras no se encontró ningún tipo de microorganismo, es decir, que no había contaminación. Incluso, en esta investigación se observó que en 1 muestra se encontraron 3 tipos diferentes de cepas bacterianas.

Tabla 4-3: Número de cepas bacterianas por cada teléfono celular.

Número de cepas bacterianas	Muestras	Frecuencia	Porcentaje
Un tipo	E3, E4, E5, E6, E8, E9, E11, E12, E15, E16, E20, E22, E23, E24, E28	15	50.00%
Dos tipos	E1, E7, E13, E17	4	13.33%
Tres tipos	E25	1	3.33%
Ausencia	E2, E10, E14, E18, E19, E21, E26, E27, E29, E30	10	33.33%
Total		30	100%

Realizado por: Casañas N., 2024.

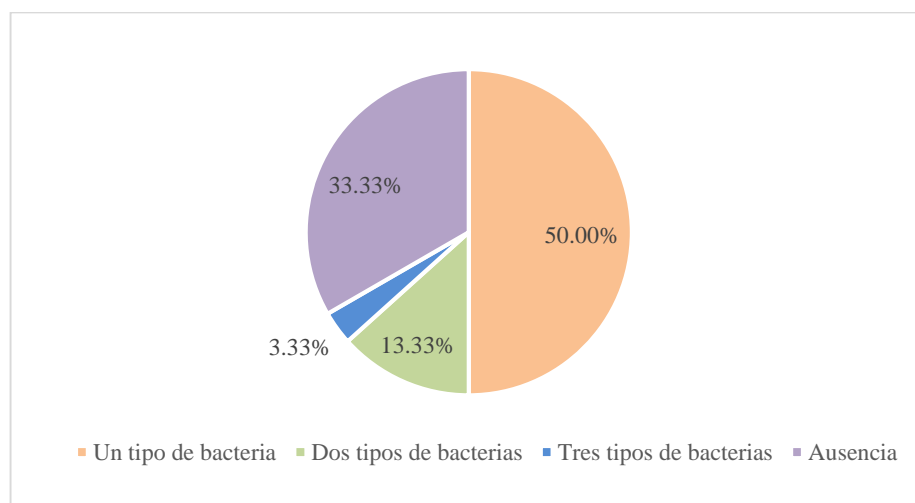


Ilustración 4-2: Número de cepas bacterianas por cada teléfono celular.

Realizado por: Casañas N., 2024.

4.3.1 Colonias en Agar Sangre

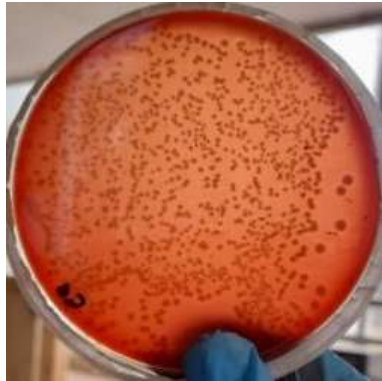


Ilustración 4-3: Crecimiento de colonias en Agar Sangre

Realizado por: Casañas N., 2024

Inicialmente se sembró a partir de la solución madre en un agar nutritivo que permita el crecimiento de una variedad de bacterias, en este caso se utilizó Agar Sangre.

Después de 24 horas de incubación, se pudo observar que de las 30 muestras tomadas hubo crecimiento bacteriano en 20 muestras, como se puede observar en la ilustración 4-3, por lo que posteriormente se realizó Tinción Gram para observar la morfología de las bacterias y decidir los medios que se utilizarían para el aislamiento. Por otro lado, 10 muestras no presentaron ningún tipo de crecimiento después de 24-48 horas, como indica la ficha técnica del Agar Sangre utilizado, por lo que se consideró que en dichos teléfonos celulares no existe ningún tipo de contaminación bacteriana.

4.3.2 Tinción Gram

Tabla 4-4: Tipo de flora en la Tinción Gram.

Tipo de flora	Frecuencia
Cocos Grampositivos	14
Bacilos Gram negativos	1
Flora Mixta (Cocos gram positivos y bacilos Gram negativos)	5
Total	20

Realizado por: Casañas N., 2024

Se realizó la tinción Gram de las colonias presentes en el Agar Sangre y después de observar su morfología, en la tabla 4-4 indica que 14 muestras corresponden a cocos grampositivos ya que al momento que se observó en el microscopio se identificó colonias redondas de color morado o

azul, 1 muestra corresponde a bacilos gramnegativos por su morfología alargada o de bastón, presentando un color rojizo a rosado. Finalmente 5 muestras analizadas presentan una flora bacteriana mixta, es decir, se observó cocos grampositivos y bacilos gramnegativos (Contreras y Egúsqüiza, 2005, pág. 62-63).

Es por eso que de las muestras que se observaron cocos grampositivos y flora mixta se sembraron nuevamente en Agar Sangre para realizar la prueba bioquímica de catalasa y después sembrar en otros medios que permitan la identificación del microorganismo, obteniéndose un total de 19 muestras. Por otro lado, en las muestras que se observó bacilos Gramnegativos y flora mixta, se sembró en un medio selectivo para este tipo de bacterias, en este caso se utilizó agar MacConkey. En total se obtuvieron 6 muestras que fueron sembradas en este medio selectivo para posteriormente aislar las bacterias y realizar varias pruebas bioquímicas que determinan su género y especie.

4.3.3 Identificación de cocos gram positivos

4.3.3.1 Prueba de catalasa



Ilustración 4-4: Crecimiento de cocos grampositivos en Agar Sangre.

Realizado por: Casañas N., 2024.

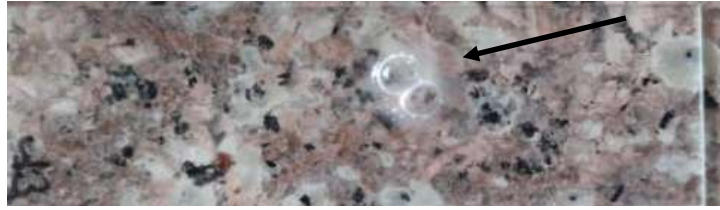


Ilustración 4-5: Prueba positiva de catalasa.

Realizado por: Casañas, N., 2024.

En las 19 muestras sembradas en Agar Sangre se evidenció la presencia de colonias blanquecinas, de borde entero y lisas con un diámetro entre 1-3 mm, características típicas de las bacterias pertenecientes al género *Staphylococcus*. Sin embargo, para confirmar que las bacterias pertenecen a este género se realizó una prueba bioquímica para determinar la presencia de una enzima denominada catalasa. Se considera que la prueba es positiva cuando al colocar una gota de peróxido de hidrógeno sobre una colonia se forma inmediatamente burbujas ya que la bacteria tiene la enzima y es capaz de descomponer en agua y oxígeno, como se observa en la ilustración 4-5 (Contreras y Egúsqüiza, 2005, pág. 62-63). Como resultado se obtuvo que las 19 pruebas realizadas resultaron positivas, es decir, que las bacterias tenían la presencia de la enzima catalasa. Las muestras se aislaron en un medio selectivo para diferenciar entre los tipos del género *Staphylococcus*, el medio que se utilizó fue agar Manitol Salado.

4.3.3.2 Colonias en Agar Manitol Salado y prueba de coagulasa.

Tabla 4-5: Resultados de Agar Manitol Salado.

Muestra	Fermentación de manitol	Prueba de coagulasa	Microorganismo
E1	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E3	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E4	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E5	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E6	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E7	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E8	+	+	<i>Staphylococcus aureus</i>
E9	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E11	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E12	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E13	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E15	+	+	<i>Staphylococcus aureus</i>
E16	+	+	<i>Staphylococcus aureus</i>
E17	+	+	<i>Staphylococcus aureus</i>
E20	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E22	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
E23	+	+	<i>Staphylococcus aureus</i>
E25	+/-		Aislar

E28	-	-	<i>Staphylococcus spp.</i>
-----	---	---	----------------------------

Realizado por: Casañas N., 2024



Ilustración 4-6:
Staphylococcus aureus en
agar Manitol Salado.

Realizado por: Casañas N., 2024.



Ilustración 4-7:
Staphylococcus spp. en agar
Manitol Salado.

Realizado por: Casañas N., 2024.

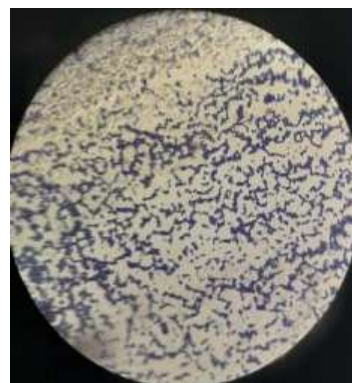


Ilustración 4-8: Tinción
Gram de *Staphylococcus
aureus*.

Realizado por: Casañas N., 2024.

El Agar Manitol Salado es un medio selectivo que permite aislar e identificar estafilococos en base a la fermentación de manitol, siendo positivo (+) cuando la bacteria es capaz de fermentar manitol y se observa un cambio de color del medio. Se considera negativo (-) cuando la bacteria no fermenta manitol y no se observa ningún cambio de color del medio. Por otro lado, la prueba de coagulasa se utiliza para comprobar si la bacteria puede coagular el plasma sanguíneo debido a la presencia de la enzima coagulasa, siendo la prueba positiva cuando se observa la formación de un coágulo después de incubar la colonia en el plasma por cuatro horas (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 62-63).

A partir de las 19 muestras que se sembró en este medio, se puede observar en la tabla 4-2 que, 5 muestras presentaron viraje de color rosado a un color amarillo y las colonias presentes eran del mismo color, como se puede observar en la ilustración 4-6, confirmándose la presencia de *Staphylococcus aureus*. Por el contrario, en 13 muestras, las colonias se presentaron de color rosa y no hubo cambio de color del medio, como se muestra en la ilustración 4-7, por lo que fue necesario realizar la prueba bioquímica de Novobiocina para identificar género y especie de las bacterias. En 1 muestra se evidenció la presencia de dos tipos de colonias por lo que fue necesario aislar las cepas para realizar las pruebas bioquímicas correspondientes. Se confirma que la cepa bacteriana está aislada tras hacer tinción Gram y evidenciar que el microorganismo corresponde cocos grampositivos. En cuanto a los resultados de la prueba de coagulasa, se obtuvo que 5 pruebas fueron positivas, afirmando que el microorganismo aislado es *Staphylococcus aureus*, mientras que 13 pruebas fueron coagulasa negativa.

4.3.3.3 Prueba de novobiocina

Tabla 4-6: Resultados prueba bioquímica de Novobiocina.

Muestra	Tamaño del halo	Microorganismo	Sensibilidad (S)/Resistencia (R)
E1	>16 mm	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	S
E3	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E4	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E5	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E6	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E7	>16 mm	<i>Staphylococcus epidermidis.</i>	S
E9	>16 mm	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	S
E11	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E12	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E13	>16 mm	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	S
E20	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E22	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E25	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R
E28	<16 mm	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	R

Fuente: Casañas N., 2024.



Ilustración 4-9: Prueba de Novobiocina.

Realizado por: Casañas N., 2024

La prueba de novobiocina es una prueba bioquímica que consiste en colocar un disco de antibiótico de novobiocina para identificar los tipos de estafilococos en base al tamaño de los halos que se forma. En la tabla 4-6 se muestra los resultados, obteniendo que, de las 14 pruebas realizadas 10 presentan resistencia al antibiótico ya que tienen un halo <16 mm de diámetro, lo que quiere decir que la bacteria identificada es *Staphylococcus saprophyticus*. Las colonias que tienen un halo >16 mm de diámetro se consideran sensibles al antibiótico y se identifican como *Staphylococcus epidermidis*, teniendo un total de 4 muestras con la presencia de dicha bacteria.

Estos resultados fueron comparados con los mencionados por (Cedeño, 2017, págs. 46-58) que a pesar de que el estudio fue realizado en teléfonos celulares pertenecientes al personal de salud de un hospital, coincide que el tipo de bacterias predominantes pertenecen al género *Staphylococcus* que pertenecen a la flora normal del ser humano. Sin embargo, en el estudio mencionado se reporta que *Staphylococcus epidermidis* es predominante en las muestras analizadas, mientras que en el presente estudio *Staphylococcus saprophyticus* es la bacteria con mayor frecuencia.

4.3.4 Identificación de bacilos gramnegativos

4.3.4.1 Colonias en Agar MacConkey



Ilustración 4-10: Crecimiento de *Escherichia coli* en agar MacConkey

Realizado por: Casañas N., 2024



Ilustración 4-11: Crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* en agar MacConkey.

Realizado por: Casañas N., 2024

El agar MacConkey es un medio selectivo para bacilos gramnegativos ya que permite la diferenciación entre diferentes tipos de cepas bacterianas en base a la capacidad que tienen para fermentar la lactosa. Se sembraron las 30 muestras iniciales para confirmar la presencia de bacterias gramnegativas. Como resultado se obtuvo que en 5 muestras se observaron bacterias lactosa positivas ya que las colonias eran de color fucsia, borde entero y de un tamaño aproximado de 3-4 mm, características de *Escherichia coli*, como se muestra en la ilustración 4-10. Sin embargo, para confirmar el género y especie de la bacteria fue necesario sembrar nuevamente en otro agar MacConkey con la finalidad de aislar la bacteria hasta obtener colonias puras y realizar pruebas bioquímicas.

En la ilustración 4-11 se evidenció que en 1 muestra hubo crecimiento de bacterias lactosa negativa ya que las colonias eran de color blanco y planas. Estas colonias también fueron aisladas hasta que las colonias sean puras y realizar pruebas bioquímicas.

4.3.4.2 Pruebas bioquímicas para la identificación de bacilos gramnegativo

Tabla 4-7: Pruebas bioquímicas de bacilos gramnegativos.

Muestra	Glucosa	SH ₂	Lactosa	Gas	Citrato	Indol	Movilidad	Urea	Oxidasa	Microorganismo
E1	+	-	+	+	-	+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
E7	+	-	+	+	-	+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
E13	+	-	+	+	-	+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
E17	+	-	+	+	-	+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>
E24	-	-	-	-	+	-	+		+	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
E25	+	-	+	+	-	+	+	-	-	<i>Escherichia coli</i>

Realizado por: Casañas N., 2024

Las pruebas bioquímicas son aplicadas para determinar el género y especie de una bacteria. Las pruebas aplicadas a las bacterias bacilos gram negativos sirven para determinar las características metabólicas de cada especie. En este caso se aplicó cuatro pruebas, entre ellas se encuentra la prueba de Kligler Hierro Agar que es utilizada para diferenciar a la bacteria en base a su capacidad de fermentar carbohidratos, producción de gas y ácido sulfúrico. Cuando existe la fermentación anaeróbica de glucosa se produce ácido y genera un cambio en el pH generando un cambio de color a negro, además se produce gas que se evidencia con la formación de burbujas o el desplazamiento del medio. Cuando el microorganismo es capaz de fermentar lactosa, se observa el medio amarillo en el fondo y en el pico de flauta; cuando fermenta lactosa o sacarosa el fondo y el pico de flauta es amarillo; cuando fermenta glucosa el fondo se observa de color amarillo y el pico de flauta de color rojo y, cuando la bacteria no fermenta carbohidratos el fondo y pico de flauta es de color rojo (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 62-63).

También se utilizó la prueba de SIM para comprobar la movilidad, producción de indol y sulfuro de hidrogeno. Cuando existe la formación de ácido sulfúrico existe un cambio a color negro y la movilidad se confirma cuando se observa enturbiamiento del medio o existe crecimiento del microorganismo. Por otro lado, la formación de indol se la mide añadiendo unas gotas de reactivo de Kovacs, siendo positivo cuando se forma un anillo de color rosado y negativo cuando no existe la formación del mismo (Contreras y Egúsqiza, 2005, pág. 62-63).

También se realizó la prueba de citrato que sirve para comprobar si el microorganismo utiliza el citrato como fuente de carbono, siendo positivo cuando existe un cambio de color de verde a azul o se observa crecimiento de en el pico de flauta, negativo cuando el medio se mantiene de color verde. La prueba de oxidasa mide la capacidad de la bacteria de producir la enzima citocromo-

oxidasa, para esto se utiliza una tira de papel con el reactivo siendo positivo cuando existe cambio de color a azul o morado y negativo cuando no hay cambio de color. Por último, la prueba de ureasa determina la capacidad que tiene la bacteria para degradar la urea en amoníaco y se reporta como prueba positiva cuando existe un viraje de color del medio de amarillo rosado intenso.

En la tabla 4-7 se indica que de las 6 muestras que se realizaron las pruebas bioquímicas, en 5 muestras se identificó como *Escherichia coli*, mientras que en 1 muestra se confirmó la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*. Bodena, et al. (2019, págs. 1-10) concuerda que el bacilo gramnegativo más común es *Escherichia coli* y en pocas muestras se aisló *Pseudomonas aeruginosa*. Cabe destacar que el estudio mencionado recolectó muestras de dispositivos móviles del personal de salud, donde la probabilidad de una contaminación cruzada es mayor. Por otro lado, el presente estudio se realizó con muestras de teléfonos de estudiantes que se encuentran en condiciones normales, sin embargo, también se encuentran en contacto con muestras biológicas cuya falta de higiene después de la manipulación de estas puede ser motivo suficiente para la contaminación de los dispositivos.

4.3.4.3 Presencia de mohos o levaduras

Según las indicaciones del fabricante, cuando existe la presencia de levaduras en las muestras, en la placa Petrifilm se observan colonias pequeñas de color rosado violeta y son de bordes regulares, como se indica en la ilustración 4-13. En la tabla 4-8 se reporta que, de las 30 muestras tomadas, en 28 (93.33%) se observó la presencia de levaduras, en ninguna muestra se observó la presencia de mohos y en 2 muestras no se observó ningún tipo.

Tabla 4-8: Presencia de mohos y levaduras en teléfonos celulares.

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Levaduras	28	93.33%
Mohos	0	0.00%
Ausencia	2	6.67%
Total	30	100.00%

Realizado por: Casañas N., 2024.

Sin embargo, en ninguna de las muestras se reportó la presencia de mohos ya que no se observaron la presencia de colonias grandes de color rosado y de bordes irregulares.

Según Villacrés y Zurita (2017, págs. 50-72) al analizar 70 teléfonos celulares de estudiantes de la carrera de Odontología, reportó que hubo ausencia de levaduras en un 32.9%, mientras que en el 62.9% se encontraba presente este tipo de microorganismo y en el 4.3% el grado de contaminación era muy alto ya que se observó un gran número de colonias. En comparación con el presente estudio la presencia de levaduras fue del 93.33% y la ausencia de 6.67%, es decir, que en los teléfonos celulares existen un alto porcentaje de presencia de estos microorganismos.

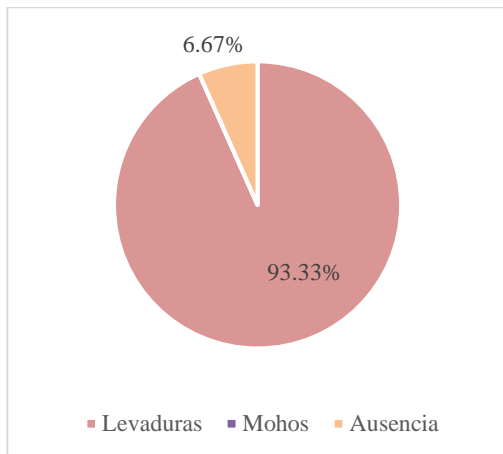


Ilustración 4-12: Presencia de mohos y levaduras.

Realizado por: Casañas N., 2024



Ilustración 4-13: Presencia de levaduras en placa petrifilm.

Realizado por: Casañas N., 2024

4.4 Comprobación de la sensibilidad bacteriana.

Los antibióticos para realizar las pruebas de sensibilidad bacteriana fueron elegidos en base al Manual de Vigilancia del Centro de Referencia Nacional de Resistencia a los Antimicrobianos (CRN-RAM, 2023) y el Comité Europeo sobre Pruebas de Susceptibilidad a los Antimicrobianos (EUCAST), así como las tablas de puntos de irrupción clínicos para reportar los resultados como sensibles (S) o resistentes (R).

4.4.1 Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus aureus*

Se escogieron 5 antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia que tiene *Staphylococcus aureus*. Para la interpretación de resultados se tomó como referencia las tablas de puntos de irrupción clínicos (EUCAST, 2024) y se reportó como: sensible (S) o Resistente (R) en base al tamaño de los halos que se forman alrededor de cada disco de antibiótico. En la tabla 4-9 se reporta que de las 6 muestras analizadas indica que todos los microorganismos encontrados tienen sensibilidad a los siguientes antibióticos: Gentamicina, Ampicilina + Sulbactam y

Ciprofloxacino, esto se pudo evidenciar debido al tamaño de los halos que se formaron alrededor de los discos de antibióticos. Por el contrario, las 6 muestras presentaron resistencia a los antibióticos: Eritromicina y Amoxicilina.

Tabla 4-9: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus aureus*.

Muestra	Antibiótico	Tamaño del halo (mm)	Sensibilidad (S) /Resistencia (R)
E8	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	20	S
	Eritromicina	16	R
	Amoxicilina	22	R
	Ciprofloxacino	32	S
E15	Gentamicina	28	S
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	16	R
	Amoxicilina	24	R
	Ciprofloxacino	32	S
E16	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	18	S
	Eritromicina	18	R
	Amoxicilina	16	R
	Ciprofloxacino	35	S
E17	Gentamicina	22	S
	Ampicilina + sulbactam	20	S
	Eritromicina	20	R
	Amoxicilina	22	R
	Ciprofloxacino	35	S
E23	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	18	S
	Eritromicina	18	R
	Amoxicilina	16	R
	Ciprofloxacino	35	S
E25	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	20	S
	Eritromicina	16	R
	Amoxicilina	22	R
	Ciprofloxacino	32	S

Realizado por: Casañas N., 2024

En comparación con el estudio realizado por Castellano y Perozo (2010, págs. 18-35) coincide que en la actualidad la mayoría de cepas de *Staphylococcus aureus* presentan resistencia a una gran variedad de antibióticos, denominándose como bacterias resistentes o multirresistentes. La

resistencia de *S. aureus* a los antibióticos β -lactámicos se debe principalmente a tres mecanismos de resistencia: la producción de enzimas denominadas penicilinasas o β -lactamasas que se encargan de inactivar el antibiótico, modificación de las proteínas de unión a penicilinas (PBPs), y la resistencia que tiene a la meticilina (antibiótico β -lactámico), que es conocida como resistencia intrínseca y es el mecanismo más estudiado y más importante dentro del punto de vista clínico.

Mammery et al. (2023, págs. 1-11) concuerda que existen cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a eritromicina y menciona que esto es consecuencia del consumo excesivo del antibiótico, además de otros pertenecientes a la familia de macrólidos (por ejemplo: eritromicina). El uso innecesario de antibióticos pertenecientes al grupo de lincosamidas o estreptograminas también generan resistencia a la eritromicina, lo que lo convierte en un gran problema al momento de buscar un fármaco efectivo para combatir una infección causada por este microorganismo que cada vez presenta resistencia a más antibióticos.

4.1.1. Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus epidermidis*

Tabla 4-10: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus epidermidis*.

Muestra	Antibiótico	Tamaño del halo	Sensibilidad (S) /Resistencia (R)
E1	Gentamicina	26	S
	Ampicilina + sulbactam	28	S
	Eritromicina	28	S
	Amoxicilina	26	S
	Ciprofloxacino	30	S
E7	Gentamicina	28	S
	Ampicilina + sulbactam	28	S
	Eritromicina	11	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	35	S
E9	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	20	S
	Eritromicina	22	S
	Amoxicilina	18	R
	Ciprofloxacino	28	S
E13	Gentamicina	25	S
	Ampicilina + sulbactam	14	S
	Eritromicina	22	S
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	30	S

Se escogieron 5 antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia que tiene *Staphylococcus epidermidis*. Para la interpretación de resultados se tomó como referencia las tablas de puntos de irrupción clínicos (EUCAST, 2024) y se reportó como: sensible (S) o Resistente (R) en base al tamaño de los halos que se forman alrededor de cada disco de antibiótico. En la tabla 4-10 se reporta que la muestra E9 presenta sensibilidad a los siguientes antibióticos: Gentamicina, Ampicilina + Sulbactam, Eritromicina y Ciprofloxacino mientras que presenta resistencia a Amoxicilina, excepto la muestra E1 y E13 que si fue sensible a todos los antibióticos. Sin embargo, en la muestra E7, se reportó que presenta sensibilidad a los antibióticos: Gentamicina, Ampicilina + Sulbactam, Amoxicilina y Ciprofloxacino; y resistencia a Eritromicina.

García et al. (2003, págs. 221-223) menciona que *Staphylococcus epidermidis* presenta resistencia diferentes antibióticos, especialmente a los β -lactámicos ya que alrededor del 90% producen β -lactamasas (enzimas encargadas de inhibir la acción del antibiótico) y del 60% - 80% son resistentes a meticilina, lo que causa resistencia a los demás antibióticos del mismo grupo. También se menciona que existen algunas cepas que presentan resistencia a los macrólidos (eritromicina) lo que coincide con el presente estudio. Sin embargo, también indica que algunas bacterias tienen resistencia a fluoroquinolonas (ciprofloxacino), aminoglucósidos (amikacina) y lincosaminas, pero todas las muestras analizadas en esta investigación mostraron sensibilidad a los antibióticos mencionados.

4.4.2 Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus saprophyticus*

Se escogieron 5 antibióticos para determinar la sensibilidad de *Staphylococcus saprophyticus*, que fue el microorganismo más frecuente en los teléfonos celulares analizados. Se realizó un total de 10 pruebas y tomando como referencia las tablas de puntos de irrupción clínicos (EUCAST, 2024) se interpretó los resultados como: sensible (S) o Resistente (R) en base al tamaño de los halos que se forman alrededor de cada disco de antibiótico. En la tabla 4-11 se reporta que en las muestras E3, E6, E12, E22 y E26, la bacteria presenta sensibilidad a los antibióticos: Gentamicina, Ampicilina + Sulbactam, Amoxicilina y Ciprofloxacino; y resistencia bacteriana al antibiótico Eritromicina.

En las muestras E4 y E20 se observó sensibilidad a los antibióticos: Ampicilina + sulbactam, Ciprofloxacino y Amoxicilina; por el contrario, presentó resistencia a dos antibióticos: Gentamicina y Eritromicina.

Tabla 4-11: Resultados de pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus saprophyticus*.

Muestra	Antibiótico	Tamaño del halo (mm)	Sensibilidad (S) /Resistencia (R)
E3	Gentamicina	22	S
	Ampicilina + sulbactam	32	S
	Eritromicina	15	R
	Amoxicilina	32	S
	Ciprofloxacino	32	S
E4	Gentamicina	20	R
	Ampicilina + sulbactam	30	S
	Eritromicina	18	R
	Amoxicilina	32	S
	Ciprofloxacino	35	S
E5	Gentamicina	22	S
	Ampicilina + sulbactam	35	S
	Eritromicina	9	R
	Amoxicilina	20	S
	Ciprofloxacino	14	R
E6	Gentamicina	28	S
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	15	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	28	S
E11	Gentamicina	20	R
	Ampicilina + sulbactam	32	S
	Eritromicina	32	S
	Amoxicilina	35	S
	Ciprofloxacino	32	S
E12	Gentamicina	22	S
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	12	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	32	S
E20	Gentamicina	20	R
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	15	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	28	S
E22	Gentamicina	28	S
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	15	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	28	S

E25	Gentamicina	22	S
	Ampicilina + sulbactam	22	S
	Eritromicina	12	R
	Amoxicilina	28	S
	Ciprofloxacino	32	S
E28	Gentamicina	20	R
	Ampicilina + sulbactam	32	S
	Eritromicina	32	S
	Amoxicilina	35	S
	Ciprofloxacino	32	S

Realizado por: Casañas N., 2024

En la muestra E5, el microorganismo fue sensible a los antibióticos Amoxicilina, Gentamicina y Ampicilina + sulbactam, pero resistente a Eritromicina y Ciprofloxacino. Y, por último, las muestras E11 y E28 presentaron sensibilidad a Amoxicilina, Ampicilina + sulbactam, Eritromicina y Ciprofloxacino; y presentó resistencia a Gentamicina.

Orden et al. (2008, págs. 495-499) menciona que no existen muchos estudios sobre la resistencia antibacteriana de *Staphylococcus saprophyticus* y que se ha recomendado no realizar antibiograma porque se considera una bacteria sensible a los antibióticos. Sin embargo, dicho microorganismo si se encuentra presenta en contaminación cruzada, puede causar problemas de salud y también es resistente a varios antibióticos por lo que es necesario realizar pruebas para saber con certeza a los antibióticos a los cuales presenta sensibilidad o resistencia. En dicho estudio no se encontró ninguna cepa resistente a gentamicina, no obstante, en la presente investigación se encontró que en 4 muestras existían bacterias con resistencia a este antibiótico.

Orden et al. (2008, págs. 495-499) coincide en que existe un alto porcentaje de bacterias resistentes a Eritromicina y betalactámicos. La resistencia a macrólidos ha ido incrementando con el pasar de los años debido a dos mecanismos: la presencia de bombas que expulsan el antibiótico y por modificación de los puntos de unión del antibiótico.

Raraz et al. (2021, págs. 633-641) indica que se ha encontrado que *S. saprophyticus* es resistente a antibióticos de la familia de fluoroquinolonas (ciprofloxacino), lo que coincide con este estudio ya que de las 10 muestras analizadas en 1 se encontró que la bacteria era resistente. Como se mencionó anteriormente, la causa principal de la resistencia a los antibióticos es el uso inadecuado e innecesario de estos fármacos, y en este caso no es la excepción.

4.4.3 Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Escherichia coli*

Se escogieron 4 antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia que tiene *Escherichia coli*. Para la interpretación de resultados se tomó como referencia las tablas de puntos de irrupción clínicos (EUCAST, 2024) y se reportó como: sensible (S) o Resistente (R) en base al tamaño de los halos que se forman alrededor de cada disco de antibiótico. En la tabla 4-12 se reporta que todas las muestras, E1, E7, E13, E17, E25, presenta sensibilidad a todos los antimicrobianos, es decir, a Cefazolina, Nitrofurantoína, Ciprofloxacino y Gentamicina.

Benedí y Raposo (2005, págs. 52-59) menciona que dentro de los grupos de antibióticos más utilizados para tratar infecciones causadas por este microorganismo se encuentran las fluoroquinolonas (el más utilizado es ciprofloxacino) ya que tiene una gran eficacia con las bacterias bacilos gram negativos. También se utilizan antibióticos pertenecientes a los aminoglucósidos, betalactámicos combinados con inhibidores, cefalosporinas y nitrofurantoína que actúa como un antiséptico. Todo lo que mencionado se puede comprobar en esta investigación ya que todas las muestras aisladas presentaron sensibilidad ante todos los antibióticos utilizados.

Tabla 4-12: Resultados del antibiograma de *Escherichia coli*.

Muestra	Antibiótico	Tamaño del halo (mm)	Sensibilidad (S) /Resistencia (R)
E1	Cefazolina	30	S
	Nitrofurantoína	25	S
	Ciprofloxacino	32	S
	Gentamicina	22	S
E7	Cefazolina	35	S
	Nitrofurantoína	28	S
	Ciprofloxacino	35	S
	Gentamicina	28	S
E13	Cefazolina	28	S
	Nitrofurantoína	18	S
	Ciprofloxacino	30	S
	Gentamicina	22	S
E17	Cefazolina	22	S
	Nitrofurantoína	20	S
	Ciprofloxacino	35	S
	Gentamicina	20	S
E25	Cefazolina	25	S
	Nitrofurantoína	26	S
	Ciprofloxacino	35	S
	Gentamicina	25	S

Realizado por: Casañas N., 2024.

4.4.4 Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa*

Tabla 4-13: Resultados del antibiograma de *Pseudomonas aeruginosa*.

Muestra	Antibiótico	Tamaño del halo (mm)	Sensibilidad (S) /Resistencia (R)
E24	Gentamicina	18	S
	Amoxicilina	14	R
	Ciprofloxacino	18	R
	Piperacilina + Tazobactam	20	S

Realizado por: Casañas N., 2024.

Se escogieron 4 antibióticos para medir la sensibilidad o resistencia que tiene la única cepa aislada de *Pseudomonas aeruginosa*. Los antibióticos elegidos fueron: Gentamicina, Amoxicilina, Ciprofloxacino y Ampicilina + sulbactam, de los cuales en la tabla 4-13 se reporta que presenta sensibilidad al antibiótico perteneciente al grupo de los aminoglucósidos (Gentamicina) y a Piperacilina + tazobactam, mientras que para ciprofloxacino y amoxicilina presentó resistencia y es por eso que este último en la actualidad este antibiótico no se recomienda. En comparación con un estudio similar, se reporta que de 8 cepas aisladas de *Pseudomonas aeruginosa*, el 100% fue resistente a un antibiótico betalactámico (ampicilina), 62.5% a ciprofloxacino, 12.5% a gentamicina y 100% a un betalactámico en combinación con un inhibidor (amoxicilina + ácido clavulánico) (Bodena et al., 2019, págs. 1-10).

4.5 Socialización de resultados

Tabla 4-14: Socialización de resultados.

Lugar de la socialización: Casa Abierta “Enzimas y Enfermedades: un relato metabólico y Atención Farmacéutica”
Fecha: 02 de febrero de 2024
Número de asistentes: 50 asistentes entre estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de Bioquímica y farmacia
Desarrollo: Durante la socialización de resultados se entregaron folletos informativos a los estudiantes y docentes de la carrera de Bioquímica y farmacia, en donde contenía los resultados de la investigación (Microorganismos más frecuentes, presencia de mohos o levaduras), así como una explicación breve de la resistencia bacteriana de cada microorganismo encontrado. Otra información que se incluyó fueron los motivos por los cuales el teléfono celular se contamina, así como los riesgos que conlleva y algunas medidas de prevención. También se resolvieron algunas dudas por parte de los estudiantes y docentes sobre el tema o se brindó información aún más detallada si así era solicitado.

Por otro lado, al personal administrativo se acercó personalmente a entregar este folleto y explicar a breves rasgos los resultados de la investigación. La respuesta fue positiva ya que todas las personas a las que se socializó el tema concordaron que es una temática relevante ya que el teléfono celular al ser utilizado en la vida cotidiana, es de gran interés conocer los tipos de microorganismos.



Realizado por: Casañas N., 2024.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se identificaron los microorganismos más frecuentes en la superficie de los teléfonos celulares, en el caso de las bacterias se aislaron 5 tipos de cepas bacterianas que fueron: *Staphylococcus saprophyticus* (38.46%), *Staphylococcus epidermidis* (15.38%), *Staphylococcus aureus* (23.08%), *Escherichia coli* (19.23%) y *Pseudomonas aeruginosa* (3.85%). Así mismo se identificó si existía la presencia de hongos (mohos y levaduras), encontrándose únicamente levaduras (93.33%). Esto indica que a pesar que se encontraron tipos de bacterias que forman parte de la flora normal del ser humano, existen bacterias indicadoras del alto grado de contaminación de los teléfonos celulares y la capacidad de estos de ser reservorio de patógenos.
- Se comprobó la resistencia bacteriana de los microorganismos encontrándose que en algunos casos existen cepas bacterianas multirresistentes a los antibióticos, especialmente a macrólidos y betalactámicos, que se usan en la práctica clínica y que son recomendados para tratar infecciones causados por estas bacterias. Esto lo convierte en un gran problema en el ámbito de la salud, además que es consecuencia del uso indiscriminado de estos medicamentos.
- Se socializó los resultados de la investigación a los estudiantes, docentes y personal administrativo en donde se explicó de manera general los resultados obtenidos y además se brindó medidas de prevención para evitar que el teléfono celular sea un reservorio de microorganismos. La información brindada fue de gran utilidad ya que, en la mayoría de los casos, desconocían de los riesgos asociados con la falta de desinfección del dispositivo

5.2 Recomendaciones

- ✓ Para las futuras investigaciones, se recomienda realizar el estudio de la presencia de virus en los teléfonos celulares ya que existen estudios que estos agentes infecciosos también pueden estar albergados en estos dispositivos.

- ✓ De igual manera, se recomienda identificar género y especie de los hongos encontrados en los teléfonos celulares ya que, debido a la falta de medio de cultivo, no fue posible caracterizar a estos microorganismos y poder observar sus estructuras al microscopio.

- ✓ Se recomienda realizar un estudio de los hábitos de la población que puedan influir en la contaminación o no de los teléfonos celulares.

GLOSARIO

Análisis microbiológico: Procedimiento a seguir para determinar la presencia, identificación y cantidad de microorganismos o patógenos en una muestra (Tobergte y Curtis, 2013, págs. 1689-1699).

Bactericida: Agente que es capaz de producir la muerte de un microorganismo infeccioso. Los antibióticos que pertenecen a este grupo son betalactámicos, aminoglucósidos, quinolonas, rifampicina o vancomicina (Paredes y Roca, 2004, págs. 116-124).

Bacteriostático: Agente que únicamente inhibe el crecimiento bacteriano, pero el microorganismo permanece viable, es decir, que al momento en que se suspende el tratamiento con los antibióticos, la bacteria puede volver a multiplicarse (Paredes y Roca, 2004, págs. 116-124).

Coliformes totales: Son un grupo de bacterias gramnegativas de morfología bacilar. Se caracterizan por fermentar la lactosa a temperatura de 35°-37°C y producen gas, son oxidasa negativa y presentan actividad enzimática β -galactosidasa (Larreal et al., 2015, págs. 24-34).

Colonias: Son agrupaciones de microorganismos formados después de aproximadamente 24 horas de incubación que generalmente crecen sobre medios semisólidos. El tamaño de las colonias puede variar entre 0.5 y 4 mm de diámetro, y su forma puede ser circular, puntiforme o irregular (Vargas y Kuno, 2015, págs. 2594-2598).

Fermentación: Es un proceso metabólico que genera energía, donde los donadores y aceptores de energía son compuestos orgánicos. Los carbohidratos son los sustratos ideales para los procesos fermentativos (Carbonero Zalduegui, 1975, pág. 50).

Inocular: Es introducir o sembrar artificialmente una porción de muestra o inóculo en un medio adecuado con la finalidad de producir un cultivo microbiológico y que el microorganismo se pueda desarrollar y multiplicar (Garibaldi et al., 2009, págs. 1-8).

Límite microbiológico: Son los valores permisibles de un determinado microorganismo en una muestra y que indica la aceptabilidad higiénico-sanitaria de una muestra (Tobergte y Curtis, 2013, págs. 1689-1699).

Patógeno: Son aquellos que dañan la salud humana y principalmente son bacterias, virus y protozoarios que algunos casos pueden provocar incluso la muerte (Montaño et al., 2010, págs. 15-23).

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEVEDO, Germán; et al.** “Evaluación microbiológica de dispositivos móviles en personal quirúrgico de una institución de salud, Pereira, Colombia, 2018”. *Universidad y Salud* [en línea], 2019 (Colombia) vol. 22, págs. 77-83. [Consulta: 10 enero 2024]. ISSN 0124-7107. Disponible en: DOI 10.22267/rus.202201.177.
2. **ALVO, Andrés; et al.** “Conceptos básicos para el uso racional de antibióticos en otorrinolaringología”. *Rev. Otorrinolaringología* [en línea], 2016 (Chile), vol. 76, págs. 136-147. [Consulta: 14 octubre 2023]. ISSN 0718-4816. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/orl/v76n1/art19.pdf>.
3. **APELLA, María & ARAUJO, Paula.** *Microbiología del agua. Conceptos básicos*. San Martín-Argentina: Universidad Nacional de San Martín. ISBN: 987-22523-0-0, 2005, págs. 33-50.
4. **ARELLANO, Kimberly.** El efecto de los aceites esenciales en las biopelículas de los hongos: el caso de *Candida albicans*. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad autónoma de Puebla. Facultad de medicina. Licenciatura en Biomedicina. Puebla – México. 2022. Págs. 23-28. [Consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/18533>.
5. **BARRERO, Laura.,** *Microbiología clínica* [en línea]. Madrid-España: Editorial Síntesis, 2016. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: www.sintesis.com.
6. **BAZ, Arturo; et al.** “Dispositivos móviles”. *Ingeniería de Telecomunicación. Universidad de Oviedo* [en línea], 2011 (España), págs. 1-12. [Consulta: 26 octubre 2023]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf.
7. **BENEDÍ, J. y RAPOSO, C.** Infecciones urinarias. *Farmacia profesional* [en línea], 2005. vol. 19, págs. 52-59. [consulta: 20 enero 2024]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-antibioterapia-infecciones-urinarias-13074095>.
8. **BODENA, Dagne; et al.** “Bacterial contamination of mobile phones of health professionals in Eastern Ethiopia: Antimicrobial susceptibility and associated factors”. *Tropical Medicine and Health* [en línea], 2019 (Etiopía). vol. 47, págs. 1-10. [Consulta: 15 enero 2024]. ISSN 13494147. Disponible en: DOI 10.1186/s41182-019-0144-y.
9. **CABEZAS, José.** *Sistemas de telefonía* [en línea]. Madrid-España: Ediciones Paraninfo S.A., 2007. [Consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en:

https://www.google.com.ec/books/edition/Sistemas_de_telefon%C3%ADa/BBxLOPtpHVwC?hl=es&gbpv=1&dq=Sistemas+de+telefon%C3%ADa&printsec=frontcover

10. CALVO, Jorge & MARTÍNEZ, Luis. “Mecanismos de acción de los antimicrobianos”. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* [en línea], 2009 (España). vol. 27 (1), págs. 44-52. [consulta: 26 octubre 2023]. ISSN 0213005X. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-pdf-S0213005X08000177>.

11. CARBONERO, Pilar. Bioquímica de las fermentaciones. *Monografías de la Universidad Politécnica de Madrid* [en línea], 1975 (España), pág. 50. [consulta: 30 enero 2024] ISBN 8460067548. Disponible en: <https://oa.upm.es/55235/1/FERMENTACIONES.pdf>.

12. CASTAÑEDA JAPAN, Villaroel Jhonatan & NIETO CARHUAMACA, Arnold Meliton., FRECUENCIA DE ASISTENCIA A PRÁCTICAS HOSPITALARIAS, DESINFECCIÓN DEL CELULAR, LAVADO DE MANOS POSTERIOR AL CONTACTO DEL PACIENTE RELACIONADOS CON LA CATEGORÍA DE SENSIBILIDAD BACTERIANA EN BACTERIAS AISLADAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES DE LOS ALUMNOS DE PREGRADO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA-UNHEVAL. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Medicina Humana. Huánuco – Perú. 2020. Págs. 1-9. [Consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5560/TMH00137C33.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

13. CASTELLANO, M. y PEROZO, A. Mecanismos de resistencia a antibióticos b-lactámicos en *Staphylococcus aureus*. *Kasmera* [en línea], 2010 (Venezuela). vol. 38, págs. 18-35, [consulta: 13 enero 2024]. ISSN 00755222. Disponible en: <https://ve.scielo.org/pdf/km/v38n1/art03.pdf>.

14. CASTELLANOS, Yeni; et al. “Contaminación bacteriológica en teléfonos celulares de trabajadores de la salud en ambiente clínico: revisión sistemática”. *Duazary* [en línea], 2020 (Colombia). vol. 17, págs.32-44. [consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 1794-5992. DOI 10.21676/2389783x.3231. Disponible en: <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/duazary/article/view/3231/2528>.

15. CEDEÑO, Anlly. *Identificación de la flora bacteriana presente en los móviles telefónicos del personal que labora en el área de microbiología y la relación con el reporte de sus resultados* [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio clínico. Ambato – Ecuador. 2017. Págs. 46-58. [Consulta: 17 septiembre 2023]. Disponible en:

16. CHÁVEZ, Víctor. “Biopelículas bacterianas, una forma muy compleja de supervivencia y colaboración”. *Milenaria, Ciencia y Arte* [en línea], 2022 (México). vol. 12 (20), págs. 20-24. [consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/article/view/319/152>

17. CONTRERAS, Rosa & EGÚSQUIZA, Gladis. *Manual de procedimientos bacteriológicos en infecciones intrahospitalarias* [en línea]. Lima – Perú: Instituto Nacional de Salud. Lima – Perú, 2005. [Consulta: 10 octubre 2023]. ISSN 9972-857-11-5. Disponible en: www.ins.gob.pe.

18. DELGADO, Soledad; et al., Contaminación bacteriana y resistencia antibiótica en celulares de médicos del Hospital Vicente Corral Moscoso. Cuenca-2012 [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas. 2012. Págs. 32-39 [Consulta: 12 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20633>.

19. DUEÑAS CASTELL, Caramelo; et al. “Lectura interpretada de antibiograma: un enfoque basado en preguntas”. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* [en línea], 2021(Colombia). vol. 21 (3). Págs. 252-262. [Consulta: 02 febrero 2024]. ISSN 0122-7262. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0122726220300987>

20. GARCÍA, María, et al. *Biología de hongos*. Primera ed. Colombia, Bogotá: Ediciones Uniandes, 2012. ISBN: 978-958-695-701-4. Págs. 65-68

21. GARIBALDI, Pablo; et al. *Siembra y recuento de microorganismos*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, [En línea], 2009. Págs. 1-8. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practicoIII.pdf.

22. GIONO CERESO, Silvia; et al. “Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla”. *Gaceta médica de México*, [En línea], 2020 (México), vol. 156 (2), págs. 172-180. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: DOI 10.24875/gmm.20005624.

23. GONZALEZ, Evangelina. Formación y desarrollo de biofilms: su impacto en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 2016. Págs. 14-37. [Consulta: 11 octubre 2023]. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66667>

24. HARVEY, Richar; et al. *Microbiología* [En línea]. 2da edición. España: Wolters Kluwer

Health. 2008 [Consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66667>

25. HERENCIAS RODRÍGUEZ, Cristina, et al. “Evolución de resistencia a antibióticos por transferencia horizontal de genes. ¿Cómo funciona y qué podemos hacer para combatirla?” *Revista: Evolución de la resistencia a antibióticos y su impacto* [en línea], 2022 (España). Págs. 1-7. [consulta: 26 octubre 2023]. Disponible en: <https://revista.sebbm.es/articulo.php?id=926&url=evolucion-de-resistencia-a-antibioticos-por-transferencia-horizontal-de-genes-como-funciona-y-que-podemos-hacer-para-combatirla>.

26. JIANG, Zhaowei; et al. “Searching for the Secret of Stickiness: How Biofilms Adhere to Surfaces”. *Frontiers in Microbiology* [en línea], 2021 (Estados Unidos). vol. 11, págs. 2-13. [consulta: 11 noviembre 2023]. Disponible en: DOI 10.3389/fmicb.2021.686793.

27. KOSCOVA, Jana; et al. “Degree of bacterial contamination of mobile phone and computer keyboard surfaces and efficacy of disinfection with chlorhexidine digluconate and triclosan to its reduction”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018 (Eslovaquia). vol. 15 (10), págs. 3-9. [consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: DOI 10.3390/ijerph15102238.

28. LARREAL, Jeny; et al. “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura”. *Revista Cenic Ciencias Biológicas* [en línea], 2015 (Cuba). vol. 44 (3), págs. 24-34. [consulta: 01 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>

29. LORIGA, Wildo; et al. “*Staphylococcus aureus* resistente a meticilina”. *Revista Cubana de Medicina Tropical* [en línea], 2018 (Cuba). vol. 70, págs. 1-7. [Consulta: 01 febrero 2024]. Disponible en: <https://revmedtropical.sld.cu/index.php/medtropical/article/view/207>.

30. MACIAS, Aída; et al. *Microbiología y Salud* [en línea]. Ecuador: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, 2019 [Consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17993/Med.2019.62>

31. MAMMERY, A; et al. An increase in erythromycin resistance in methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* from blood correlates with the use of macrolide/lincosamide/streptogramin antibiotics. *Frontiers in Microbiology* [en línea], 2023 (España). vol. 14, págs. 1-11. [consulta: 13 enero 2024]. ISSN 1664302X. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1220286/full>.

- 32. MONTAÑO, Noé; et al.** “Los microorganismos: pequeños gigantes”. *Elementos: Ciencia y Cultura* [en línea], 2010 (México), vol. 17 (77), págs. 15-23. [Consulta: 13 octubre 2023]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411989003>.
- 33. MURRAY, Patrick; et al.** *Microbiología Médica*. Novena edición. Elsevier, Medical Microbiology, 2021. ISSN 978-84-9113-808-2
- 34. OLSEN, Matthew; et al.** “Mobile phones are hazardous microbial platforms warranting robust public health and biosecurity protocols”. *Scientific Reports* [en línea], 2022. vol. 12, págs. 4-16, [consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14118-9>.
- 35. ORDEN-MARTÍNEZ; et al.** ¿Qué estamos aprendiendo de *Staphylococcus saprophyticus*? *Enfermedades infecciosas de microbiología clínica* [en línea], 2008 (España). vol. 26, págs. 495-499. [consulta: 13 enero 2024]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-pdf-13127454>.
- 36. PACHECO LÓPEZ, Pablo; et al.** “Repercusión de los Dispositivos Móviles en la atención de enfermería a usuarios en estado crítico”. *Revista Cubana de Enfermería* [en línea], 2016 (Cuba) vol. 32, págs. 132-135. [consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 08640319. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/enf/v32n4/enf05416.pdf>
- 37. PAREDES Fernando y ROCA Juan José.** “Acción de los antibióticos”. *Ámbito Farmacéutico: Farmacología* [en línea], 2004. vol. 23 (3), págs. 116-124. [consulta: 01 febrero 2024] Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=13059414&r=4>
- 38. PATIÑO, Luz & MORALES, Camilo.** “Microbiota de la piel: el ecosistema cutáneo”. *Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica* [en línea], 2013 (Colombia). vol. 21, págs. 147-158. [consulta: 18 diciembre 2023]. Disponible en: www.revistasocolderma.com.
- 39. PÉREZ CANO, H.; et al.** “Microbiota in mobile phones of medical ophthalmologists”. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* [en línea], 2019 (España), vol. 94, págs. 55-59. [consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2018.11.009>.
- 40. PÉREZ, Daza.** “Resistencia bacteriana antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria”. [en línea]. 1998, vol. 22 (3), págs. 57-67. ISSN 1130-8427. [consulta: 26 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/docs/bacterias.pdf>.
- 41. PÉREZ, M. & MOTA, M.** “Morfología y estructura bacteriana”. *Revista de Actualización*

Clínica Investiga [en línea], 2010. vol. 49, págs. 23-40 [consulta: 04 noviembre 2023]. ISSN 9974-31-194-2. Disponible en: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf>.

42. RARAZ-VIDAL, J; et al. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* and *Staphylococcus saprophyticus* in urinary tract infection in a public hospital. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* [en línea], 2021 (Perú). vol. 61, págs. 633-641. [Consulta: 11 enero 2024]. ISSN 16904648. Disponible en: DOI 10.52808/bmsa.7e5.614.010.

43. RODRÍGUEZ CEBERIO, Marcelo; et al. “Adicción y uso del teléfono celular”. *Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UCBSA* [en línea], 2019 (Argentina), vol. 17, págs. 211-235. [Consulta: 21 diciembre 2023]. ISSN 2077-2161. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-21612019000200001

44. RODRIGUEZ, Odalys. “Uso de celulares en el ámbito hospitalario, sus riesgos”. *Universidad de Ciencias Médicas* [en línea], 2022 (Cuba). vol. 26, págs. 26-28. [Consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/9020/4413>

45. SANTANA PADILLA, Yeray; et al. “Presence of microorganisms in mobile phones of intensive care staff at a hospital in Spain”. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [en línea], 2019 (Perú). vol. 36, Págs. 676-680. [Consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 17264642. Disponible en: DOI 10.17843/rpmesp.2019.364.4421.

46. STEPHENS, Brent; et al. “Microbial Exchange via Fomites and Implications for Human Health”. *Current Pollution Reports* [en línea], 2019 (Estados Unidos). vol. 5, págs. 198-213, [consulta: 26 octubre 2023]. ISSN 21986592. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00123-6>.

47. STRUTHERS, Keith. *Microbiología clínica* [en línea]. Ciudad de México-México: Editorial El Manual Moderno, 2018. [consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=sc5mDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

48. TOBERGTE, D.R. & CURTIS, S., Guía Técnica para el análisis microbiológico de superficies. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2013 (Perú). vol. 53, págs. 1689-1699 [consulta: 14 enero 2024]. ISSN 1098-6596. Disponible en: https://www.sanipes.gob.pe/normativas/8_RM_461_2007_SUPERFICIES.pdf

49. VARGAS, Tatiana & KUNO, Alvin. “Morfología bacteriana”. *Revista de Actualización Clínica* [en línea], 2015, vol. 49, págs. 2594-2598. [consulta: 14 enero 2024]. Disponible en:

http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1466/280_2.pdf?sequence=1.

50. VILLACRÉS, Delia & ZURITA, Myriam. “Grado de contaminación en los teléfonos celulares de docentes y estudiantes que realizan actividades en la clínica odontológica”. [en línea], 2017. vol. 3, págs. 50-72 [consulta: 19 octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.50-72>.



ANEXOS

ANEXO A: Toma de muestra de los teléfonos celulares.

<ul style="list-style-type: none">• Socialización inicial previo a la toma de muestra 	<ul style="list-style-type: none">• Toma de la muestra de los teléfonos celulares 
--	---

ANEXO B: Preparación de solución madre y medios de cultivo.

<ul style="list-style-type: none">• Pesar en la balanza analítica los medios 	<ul style="list-style-type: none">• Preparación de la solución madre previo a su esterilización 
--	--

- Preparación del medio previo a la esterilización



- Disolución del medio

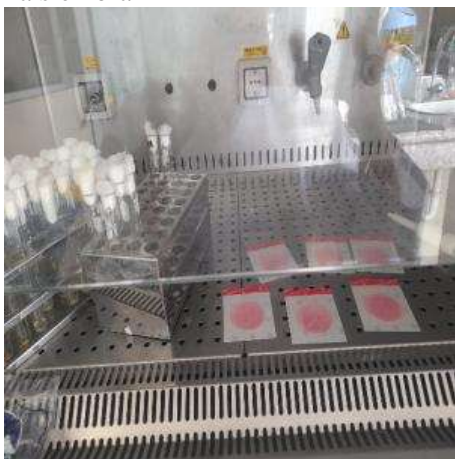


- Tubos de ensayo con agua de peptona 0.1%



ANEXO C: Recuento de coliformes totales en placas petrifilm.

- Placas petrifilm y solución madre previo a la siembra



- Resultados de coliformes totales



- Resultados de coliformes totales



ANEXO D: Siembra inicial y tinción gram.

- Siembra inicial en Agar sangre



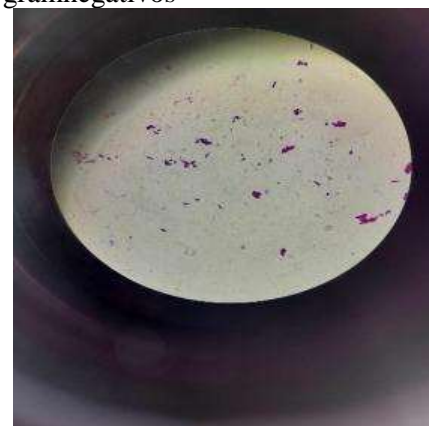
- Colonias en Agar Sangre



- Tinción gram



- Colonias bacilos grampositivos y gramnegativos



ANEXO E: Identificación de cocos grampositivos.

- Resiembra en Agar sangre



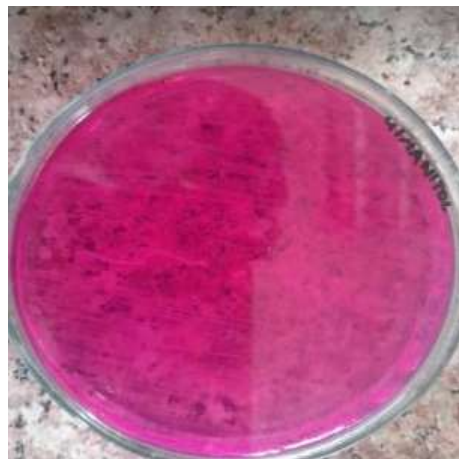
- Prueba de catalasa



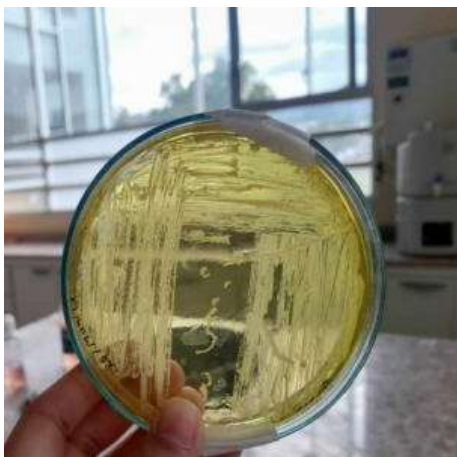
- Preparación de Agar Manitol Salado



- Colonias del género *Staphylococcus* en Agar Manitol Salado



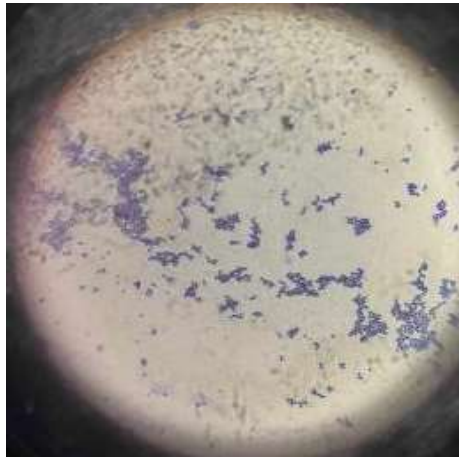
- *Staphylococcus aureus* en agar Manitol Salado



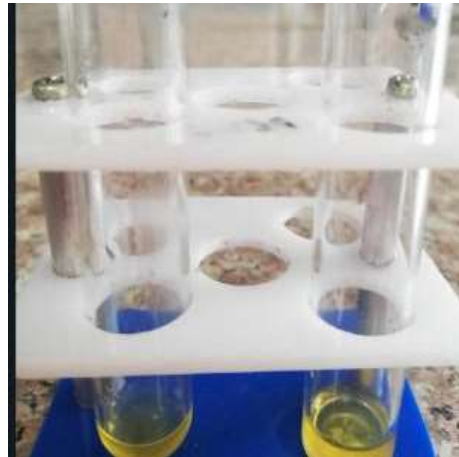
- Presencia de dos tipos de colonias en Agar Manitol Salado



- Tinción Gram



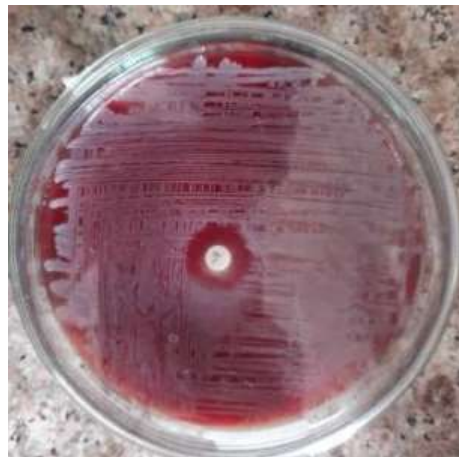
- Prueba de coagulasa



- Prueba de Novobiocina



- Prueba de Novobiocina



ANEXO F: Identificación de bacilos gramnegativos.

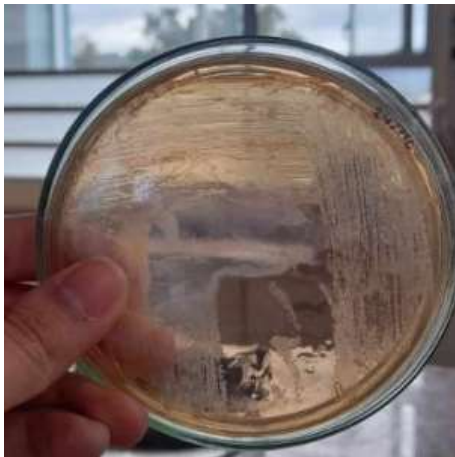
- Preparación del medio MacConkey



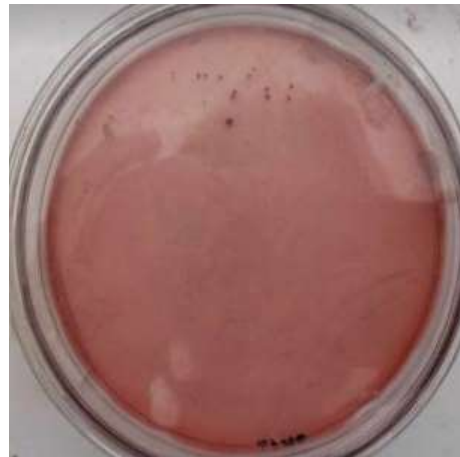
- Inoculación en el medio MacConkey



- *Pseudomonas aeruginosa* en Agar MacConkey



- Colonias *Escherichia coli* en Agar MacConkey



- Pruebas bioquímicas *Pseudomonas aeruginosa*



- Pruebas bioquímicas *Escherichia coli*



ANEXO G: Pruebas de sensibilidad bacteriana.

- Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Escherichia coli*



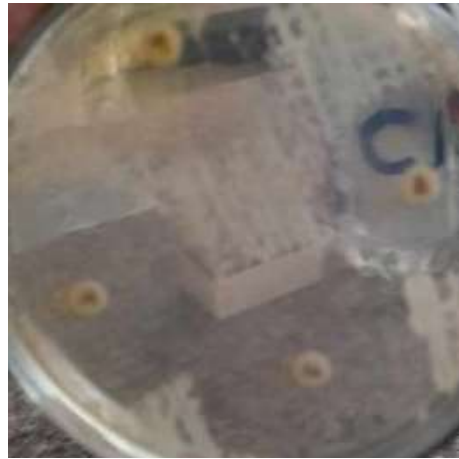
- Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus aureus*



Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus saprophyticus*



Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa*



Pruebas de sensibilidad bacteriana de *Staphylococcus epidermidis*



ANEXO H: Socialización de resultados.

● TRÍPTICO INFORMATIVO

En la actualidad

El teléfono celular es visto como un accesorio de mucha utilidad.

Los jóvenes universitarios representan el mayor porcentaje de la población en utilizar estos dispositivos.

Sin embargo:

En los últimos años se ha dado importancia a los problemas que el uso excesivo del celular puede causar en la vida diaria ya que la falta de higiene después de realizar las actividades diarias hace que sean el lugar ideal para la proliferación de bacterias y por ende tener un alto potencial de transmitir infecciones.

Medidas de prevención

Existen medidas sencillas para evitar la contaminación en los teléfonos celulares.

- Mantener el dispositivo fuera de ambientes con un gran índice de gérmenes.
- Limpiar suavemente con un paño sumergido en alcohol.
- Lavarnos las manos varias veces al día para evitar la contaminación del celular.

Precaución

Mantener el teléfono celular alejado de limpiadores líquidos o en aerosol ya que pueden dañar el dispositivo electrónico.

EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA SUPERFICIE DE TELÉFONOS CELULARES DE LOS ESTUDIANTES DE SEXTO SEMESTRE DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA.

Realizado por: **Monserath Casaña**



Después de analizar 30 muestras tomadas de los teléfonos celulares de estudiantes de sexto semestre, se encontraron 5 cepas bacterianas de interés clínico



Además se realizaron pruebas para conocer si existe la presencia de hongos




Resistencia bacteriana

La resistencia a los antibióticos está aumentando en todo el mundo a niveles peligrosos poniendo en peligro la capacidad para tratar las enfermedades infecciosas comunes (OMS, 2020).

- 1 Staphylococcus aureus presenta resistencia a los antibióticos entéricos y ampicilina.
- 2 Staphylococcus epidermidis presentó resistencia a ampicilina y una cepa bacteriana presentó resistencia a ampicilina y entéricos.
- 3 Staphylococcus aureus presentó resistencia a ampicilina y una cepa bacteriana presentó resistencia a ampicilina y entéricos.
- 4 Escherichia coli presentó sensibilidad a todos los antibióticos estudiados: tetraciclina, Ampicilina, sulbactam, rifampicina, ciprofloxacina y gentamicina.
- 5 Pseudomonas aeruginosa presentó resistencia a Ampicilina y Ciprofloxacina.

Motivos de la contaminación del teléfono celular

- Utilizarlo en lugares que no se consideran seguros (consultorios médicos, baño, etc)
- Uno de los peores lugares para utilizar el teléfono celular es el baño, ya que al descargar los residuos, se propagan gérmenes por todas partes.
- No lavarse las manos después de realizar las actividades diarias.
- No desinfectar el teléfono constantemente

Riesgos



A pesar que se pueden encontrar microorganismos pertenecientes a la flora normal del ser humano, existen patógenos resistentes a antibióticos que pueden causar infecciones y afectar a la salud de la población.

Activar Windows
Go to Settings to activate Windows.

● Socialización a estudiantes



● Socialización a docentes





- Socialización a personal administrativo





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 28/05/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Nadia Monserrath Casañas Arias
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímica Farmacéutica
<p style="text-align: center;"> BQCL. Mishell Carolina Moreno Samaniego, MSc. Director del Trabajo de Titulación</p> <p style="text-align: center;"> Dra. Sandra Noemi Escobar Arrieta, PhD Asesor del Trabajo de Titulación</p>