



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**DETECCIÓN DE BACTERIAS PRODUCTORAS DE
CARBAPENEMASAS EN LAS SUPERFICIES DE UNA
CASA DE SALUD EN LA CIUDAD DE MACHALA-
ECUADOR.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

AUTORES: RENÉ MAURICIO CALLE URDIALES

JOSEPH BRYAN VALAREZO GOMEZ

DIRECTORA: BQF. ANDREA F. MACÍAS MATAMOROS MSc.

CUENCA- ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**DETECCIÓN DE BACTERIAS PRODUCTORAS DE
CARBAPENEMASAS EN LAS SUPERFICIES DE UNA CASA DE
SALUD EN LA CIUDAD DE MACHALA-ECUADOR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

AUTORES: RENÉ MAURICIO CALLE URDIALES

JOSEPH BRYAN VALAREZO GOMEZ

DIRECTORA: BQF.ANDREA F. MACÍAS MATAMOROS MSc

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Detección de bacterias productoras de carbapenemasas en las superficies de una casa de salud en la ciudad de Machala-Ecuador.

Detection of carbapenemase producing bacteria on the surfaces oh a health house in the city of Machala-Ecuador.

René Calle Urdiales^{1[0009-0000-2852-4752]}, Joseph Bryan Valarezo Gómez^{2[0009-0006-4309-9778]},

Andrea Macías Matamoros^{3[0009-0007-0441-0575]}

^{1,2,3} Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Unidad Académica de Salud y Bienestar, Carrera de Bioquímica y Farmacia. Av. De las Américas y Humboldt. 010150. Cuenca-Azuay. Ecuador

¹rene.calle@est.ucacue.edu.ec, ²joseph.valarezo@est.ucacue.edu.ec, ³andrea.macias@ucacue.edu.ec

CITA EN APA:

Recibido: 2023-01-15

Revisado: 2023-01-22 al 2023-02-11

Corregido: 2023-02-20

Aceptado: 2023-02-24

Publicado: 2023-03-10

TESLA

Revista Científica

ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Resumen.

Introducción: Las enterobacterias forman parte de una familia de bacterias que viven en el intestino de los seres humanos sin producir daño alguno, pero pueden generar resistencia a los antibióticos carbapenémicos y betalactámicos, el cual es un problema clínico y de salud emergente.

Objetivo: Analizar la prevalencia de bacterias productoras de carbapenemasas presentes en las superficies en una casa de salud en la ciudad de Machala-Ecuador.

Métodos: El estudio fue cuantitativo, observacional, con diseño descriptivo, de campo y corte transversal. El universo estuvo conformado por las superficies en contacto con el paciente, se recolectaron 25 muestras durante diciembre de 2023 para analizar la prevalencia de bacterias productoras de carbapenemasas. Así, con el antibiograma se pudo identificar estos microorganismos.

Resultados: se identificó diferentes enterobacterias en dieciséis de las superficies analizadas, siendo *P. aeruginosa* y *Enterobacter cloacae* con 37.5 % y 12,5 % respectivamente las principales enterobacterias productoras de carbapenemasas, sin embargo, en este caso son sensibles a los carbapenémicos, ya que en el antibiograma no existió deformación de los halos que supongan resistencia a los antibióticos.

Conclusiones: la resistencia a los carbapenémicos constituye una grave amenaza para la salud pública y la implementación de medidas preventivas es crucial para abordar de manera efectiva este problema en constante evolución.

Palabras Clave: Resistencia a Antibióticos (RA), Enterobacterias, Antibióticos Carbapenémicos, Betalactamasas.

Abstract:

Keywords: Antibiotic resistance (AR), Enterobacteriaceae, Carbapenem Antibiotics, Beta-lactamases.

Introduction: Enterobacteriaceae are part of a family of bacteria that live in the intestine of humans without causing any damage. However, they can generate resistance to carbapenem and beta-lactam antibiotics, an emerging clinical and health problem.

Objective: To analyze the prevalence of carbapenemase-producing bacteria on surfaces in a hospital in Machala-Ecuador.

Methodology: The study was quantitative and observational, with a descriptive, field, and cross-sectional design. The universe comprised the surfaces in contact with the patient. Twenty-five samples were collected during December 2023 to analyze the prevalence of carbapenemase-producing bacteria. Thus, it was possible to identify these microorganisms through the antibiogram.

Results: Different enterobacteria were identified on sixteen of the surfaces analyzed, with *P. aeruginosa* and *Enterobacter cloacae* at 37.5% and 12.5%, respectively, being the main carbapenemase-producing enterobacteria. However, in this case, the bacteria are sensitive to carbapenems, since there was no halo deformation in the antibiogram that would imply resistance to antibiotics.

Conclusion: Carbapenem resistance constitutes a severe threat to public health, and the implementation of preventive measures is crucial to address this constantly evolving problem effectively.

1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha identificado la resistencia a los antimicrobianos como una de las principales problemáticas para la salud humana, y las enterobacterias productoras de carbapenemasas (EPC) como uno de los microorganismos multirresistentes de mayor preocupación para la salud pública. Entre las carbapenemasas la enzima KPC, por *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas, es la enzima que ha alcanzado una amplia diseminación en el mundo(1).

Las enterobacterias forman parte de una familia de bacterias que viven en el intestino de los seres humanos sin producir daño alguno, sin embargo, dan paso a una invasión bacteriana. Debido a la colonización, estas pueden acceder a distintos lugares del ser humano y producir una infección que puede generar una enfermedad(2). A nivel mundial a lo largo de los años han surgido microorganismos resistentes a los diferentes antimicrobianos que se han incorporado al arsenal farmacoterapéutico(3). La resistencia a antibióticos (RA), es una prioridad de primer orden para los enfermos, la comunidad, los profesionales sanitarios y la salud pública. En los últimos años la RA se ha convertido en una emergencia sanitaria según las agencias internacionales de salud, resultando ser las enterobacterias una de las familias bacterianas que con mayor frecuencia presentan resistencia a múltiples antibióticos(4).

El mecanismo principal de resistencia a los antibióticos β -lactámicos en las enterobacterias es el enzimático, debido a la producción de β -lactamasas, sin embargo, ha surgido la aparición y dispersión de enterobacterias productoras de enzimas que conceden resistencia a todos los antibióticos β -lactámicos, incluyendo los antibióticos carbapenémicos(4).

Estas enzimas llamadas carbapenemasas, pertenecen mayoritariamente a 3 clases diferentes según la clasificación molecular de Ambler:

- a) Clase A, principalmente enzimas del tipo KPC.
- b) Clase B o metalo- β -lactamasas (MBL) dependientes del zinc.
- c) Clase D o serin- carbapenemasas (principalmente OXA-48)

Las carbapenemasas son representativas de la familia de β -lactamasas más versátil con un amplio espectro, gran parte de estas enzimas reconocen e hidrolizan a casi todos los β -lactámicos y son resistentes a la acción de los inhibidores de los β -lactámicos. Desde entonces, las enterobacterias que producen estas enzimas se han convertido en un creciente problema clínico y de salud pública que continúa evolucionando de manera intra e interhospitalaria de difícil control y tratamiento(5), (4).

Es de vital importancia recalcar que las tasas de mortalidad debido a la RA son altas, las cuales oscilan entre el 18 y 60 % en casos de infección por *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas, siendo consideradas las tasas más altas en pacientes que presentan bacteriemia. Si el tratamiento antibiótico

empírico es inadecuado incrementa las posibilidades de una peor evolución clínica, en cambio las terapias con una combinación de antibióticos y el control del foco de infección ayudan a la supervivencia de los pacientes (4).

En España los últimos datos publicados a nivel nacional indicaban una extensión de las enterobacterias productoras de carbapenemasas (EPC) en pacientes pediátricos colonizados en un centro hospitalario, esto debido a procedimientos quirúrgicos, trasplantes de órganos, ingresos en UCI y el uso de ventilación mecánica (6).

En Perú el impacto generado por las enterobacterias productoras de carbapenemasas y las pocas opciones de tratamiento, han obligado a la comunidad de médicos a conocer la epidemiología de las carbapenemasas. Debido a esta problemática en este país se realiza una revisión sistemática para describir los reportes genotípicos de las carbapenemasas y de esta manera saber cómo contrarrestar su evolución en pacientes que se sospeche presenten estas enfermedades (7).

A nivel nacional, en el Ecuador no existen estudios que se hayan realizado acerca de enterobacterias productoras de carbapenemasas en las superficies de contacto con el paciente, sin embargo, hay un estudio que se realizó en el hospital SOLCA núcleo de Tungurahua, sobre "Implementación de un sistema de vigilancia de resistencia antimicrobiana". En este estudio se utilizaron 360 muestras biológicas de pacientes atendidos en el área de hospitalización y consulta externa que presentaban indicios de infecciones bacterianas, se realizó el antibiograma por el método de disco de difusión Kirby Bauer para la detección de Betalactamasas de Espectro Extendido (BLEE), dando como resultado 72 muestras positivas resistentes a diversos antibióticos durante enero 2022- junio 2022 (8).

El principal factor de adquisición de este tipo de bacterias es la hospitalización, siendo los factores principales el ingreso en la UCI, la estancia hospitalaria prolongada, compartir habitación con un paciente colonizado y los traslados entre unidades(9).

Es vital realizar este estudio en la casa de salud de Machala, ya que, nos ofrece actualizar la resistencia de las bacterias a los diferentes antibióticos del arsenal terapéutico, y que pueden estar presentes en las superficies en contacto con los pacientes. El objetivo es analizar la prevalencia de bacterias productoras de carbapenemasas presentes en las superficies en una casa de salud, mediante el análisis clínico de 25 muestras que se tomaron en el mes de diciembre del 2023. Los resultados obtenidos en este estudio son relevantes a nivel académico y social, ya que, determinamos los riesgos a los que se exponen los pacientes internados en la casa de salud.

2. METODOLOGÍA O MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, tipo observacional, con diseño descriptivo, de campo y corte transversal.

2.2. Unidad de análisis

Las unidades de análisis para el presente estudio son:

- Enterobacterias productoras de carbapenemasas: familia de bacterias gramnegativas, caracterizadas por ser anaerobios facultativos, por lo general son móviles y tienden a tener una longitud de 1-5 μm , capaces de producir carbapenemasas. Se incluye también como enterobacterias productoras de carbapenémicas a cualquier enterobacteria en las que los valores de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de al menos un carbapenem sea igual o superior al punto de corte de resistencia establecido por las normas CLSI(10).
- Muestras de superficies en contacto con el paciente: hisopado de las distintas áreas de la casa de salud de contacto directo con los pacientes. En este estudio se considera una variable nominal dicotómica, con una escala de medición que nos ayuda a determinar la presencia o ausencia de los microorganismos.

2.3. Técnicas de recolección

La recolección de muestras se realizó con medios Stuart. Todas las muestras se tomaron directamente de las diferentes superficies de la casa de salud rotuladas respectivamente, y fueron transportadas en un contenedor para protegerla de las condiciones ambientales. Después, en el transcurso de un día y medio se trasladó las muestras a los laboratorios de análisis clínico de la carrera de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Católica de Cuenca para seguir con los respectivos análisis.

Para la siembra de las diferentes muestras utilizamos dos tipos de agares, y diferentes reactivos que nos ayudaron a confirmar la presencia de enterobacterias:

Agar MacConkey: se prepararon 25 cajas mono Petri con 20 ml de agar, se realiza la siembra por estría por agotamiento de la muestra directamente con el hisopo y se incuba a 37°C durante 24 horas.

Prueba confirmatoria: se realizó la tinción de gram para verificar si se trata de gram negativas, y de esta manera verificar si se tratan de enterobacterias.

Procedimiento: utilización de azul violeta, lugol, alcohol cetona y safranina. Finalmente, se observa al microscopio.

Preparación de la dilución: se realiza una dilución de la cepa problema en 3 ml de solución salina, hasta llegar a una concentración de 0.5 McFarland.

Galerías API: se coloca 1 ml de la dilución problema en cada galería API 20e, que nos ayudarán a identificar el género y especie de las enterobacterias.

Preparación de la segunda dilución: se realiza nuevamente una dilución de 3 ml de la cepa problema en solución salina, hasta llegar a una concentración de 0.5 McFarland.

Agar Müller Hinton: se realiza la siembra de la dilución problema con un asa estéril por estría por agotamiento en el agar, una vez realizado este procedimiento se coloca en el centro del agar un disco de ácido borónico, y a una distancia de 15 mm de este disco alrededor del mismo, se coloca los discos de imipenem, meropenem y ertapenem. Finalmente se incuba la muestra a 37°C durante 24 horas para leer los resultados.

2.4. Procesamiento y análisis de la información

La información obtenida en este estudio, se organizaron en tablas de Microsoft Excel 2019. Mediante estadísticas descriptivas se clasificaron los resultados en tablas, y de esta manera determinar la presencia o ausencia de enterobacterias productoras de carbapenemasas, al igual que se especifica si este tipo de enterobacterias son resistentes o no a los medicamentos carbapenémicos y como estas pueden afectar al ser humano.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Se realizó el análisis de 16 muestras de superficies de contacto con el paciente de la casa de salud de Machala, mediante el uso de las cámaras Biomerieux API 20 E donde se observó que existe mayor prevalencia de *Moraxella spp*, *Pseudomona aureginosa* y *Pseudomona putida*. (Tabla 1)

Siendo de mayor importancia la presencia de *Enterobacter cloacae*, *Moraxella spp* y *Pseudomona aureginosa* esto debido a su capacidad evolutiva en el desarrollo de resistencia ante antibióticos carbapenémicos.

Tabla 1. Identificación de microorganismos, mediante Biomerieux API 20E.

| Microorganismos | Porcentaje de identificación Galería Api (%) | Frecuencia de muestras aisladas | Porcentaje de aislamiento total de muestras (%) |
|--------------------------------|--|---------------------------------|---|
| <i>Moraxella spp.</i> | 65.7 | 8 | 50 |
| <i>Brucella spp.</i> | 65.7 | 4 | 25 |
| <i>Shewanella putrefaciens</i> | 97.2 | 1 | 6.25 |
| <i>Ochrobactrum anthropi</i> | 27.3 | 4 | 25 |
| <i>P. aeruginosa</i> | 70.5 | 6 | 37.5 |
| <i>P. putida</i> | 76.1 | 6 | 37.5 |
| <i>Enterobacter cloacae</i> | 91 | 2 | 12.5 |

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 evidencia una lista de especies bacterianas aisladas durante el estudio, las cuales fueron verificadas con pruebas confirmatorias mediante tinción de gram que nos indican que son gram negativas, se muestran la frecuencia de muestras aisladas, al igual que el porcentaje de aislamiento total de muestras, donde encontramos las siguientes enterobacterias:

Moraxella spp: bacterias Gram negativas de lento crecimiento y desarrollo en forma circular, esta especie es susceptible a la penicilina y sus derivados. Son microorganismos de baja virulencia que afectan comúnmente el tracto respiratorio superior, y generan resistencia medicamentos betalactámicos (11).

Brucella spp: bacteria Gram negativa inmóvil aerobia, muy virulenta y patogénica. Esta bacteria se transmite por ingestión o por contacto de superficies contaminadas o por compartir habitación con un paciente colonizado (12).

Shewanella putrefaciens: bacteria Gram negativa responsable de más del 80% de las infecciones humanas y considerada la más virulenta transmitida principalmente por contacto con el medio marino y hábitat tropicales (13).

Ochrobactrum anthropi: bacilo Gram negativo distribuida ampliamente en la naturaleza y se la puede encontrar en el suelo y en el agua, presenta un cuadro clínico inespecífico de baja virulencia, capaz de adherirse a diferentes superficies por ende es de fácil adherencia a catéteres e instrumentos médicos (14).

P. aeruginosa: bacilo Gram negativo oportunista y muy persistente en el medio ambiente, crece a elevadas temperaturas y son las principales causantes de las infecciones nosocomiales (15).

P. putida: bacteria Gram negativa, causante del aumento de las infecciones nosocomiales, incluidas las que se presentas en los pacientes que se encuentran en cuidados intensivos, con la capacidad de sobrevivir en medios donde otros microorganismos no pueden hacerlo y debido a ella puede generar resistencia a los diferentes medicamentos del arsenal farmacoterapéutico (16).

Enterobacter cloacae: bacilos Gram negativos que se encuentran ampliamente en el medio ambiente y en el tracto gastrointestinal de los humanos, estas bacterias han generado carbapenemasas de tipo A, B y D, lo que ha aumentado la resistencia a los carbapenémicos y dificultado su manejo (17).

Tabla 2. Medición de los diámetros de los halos de las 16 enterobacterias mediante antibiograma, de acuerdo a los parámetros descritos en el CLSI. (S: sensible, I: intermedio, R: resistente).

| Microorganismos | Ertapenem S: >22 mm I: 19-21 mm R: < 19 mm | | Imipenem S: >23 mm I: 20-22 mm R: < 19 mm | | Meropenem S: > 23 mm I: 20-22 mm R: < 19 mm | |
|--------------------------------|---|---|--|---|--|---|
| <i>Shewanella putrefaciens</i> | 30 | S | 34 | S | 38 | S |
| <i>Brucella spp</i> | 23 | S | 23 | S | 24 | S |
| <i>Brucella spp</i> | 26 | S | 26 | S | 26 | S |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 44 | S | 45 | S | 28 | S |
| <i>Brucella spp</i> | 22 | S | 24 | S | 36 | S |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 22 | S | 24 | S | 28 | S |
| <i>Enterobacter cloacae</i> | 36 | S | 32 | S | 36 | S |
| <i>Pseudomonas putida</i> | 24 | S | 36 | S | 32 | S |
| <i>Brucella spp</i> | 26 | S | 36 | S | 24 | S |

| | | | | | | |
|-------------------------------|----|---|----|---|----|---|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 22 | S | 34 | S | 30 | S |
| <i>Ochrobactrum anthropi</i> | 28 | S | 38 | S | 42 | S |
| <i>Enterobacter cloacae</i> | 22 | S | 32 | S | 34 | S |
| <i>Moraxella spp</i> | 44 | S | 40 | S | 45 | S |
| <i>Enterobacter cloacae</i> | 25 | S | 36 | S | 42 | S |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 23 | S | 34 | S | 34 | S |
| <i>Moraxella spp</i> | 27 | S | 46 | S | 34 | S |

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 nos muestra los resultados obtenidos en el antibiograma, al igual que los diámetros de los halos de inhibición de los carbapenémicos, dando como resultado que las bacterias son sensibles a este tipo de antibióticos, debido a que no hubo desplazamiento de los halos o deformación de los mismos, sin embargo, estas enterobacterias son propensas a generar resistencia a los antibióticos carbapenémicos, ya que, se desarrollan y sobreviven a altas temperaturas y son las principales clases de enterobacterias que generan resistencia a este tipo de antibióticos. Se tomaron los valores referenciales establecidos en el CLSI para compararlos con los valores de nuestro estudio.



Imagen 1: Resultados del antibiograma, dando como resultado que las enterobacterias encontradas en las muestras son sensibles a los antibióticos. No existe deformación de los halos que supongan resistencia a los carbapenémicos.
Fuente: Elaboración propia.

Discusiones:

La existencia y proliferación de enterobacterias resistentes a antibióticos, particularmente aquellas que generan carbapenemasas, representan un desafío significativo para la salud pública a nivel mundial. Dado que varios de estos microorganismos son parte de la microbiota normal, pueden existir modificaciones que permiten desarrollar resistencia a diversos antibióticos, incluidos los carbapenems, una categoría que esta considera como último recurso en la terapia clínica(18), (19).

Al ser la resistencia a los antibióticos una prioridad a nivel global, reconocida por entidades de salud como la Organización Mundial de la Salud (OMS). La capacidad de las enterobacterias para adquirir resistencias mediante mecanismos enzimáticos destaca la necesidad y urgencia de abordar esta problemática. Además, la rápida evolución de enterobacterias que producen las carbapenemasas, capaces de resistir incluso a los antibióticos carbapenémicos, agrega un desafío adicional al tratamiento de infecciones bacterianas(19), (20).

La clasificación de Ambler identifica tres clases fundamentales de carbapenemasas, cada una con sus características particulares. La diversidad de enzimas resalta la versatilidad y complejidad de la resistencia bacteriana, mientras que, su rápida propagación intra e interhospitalaria de dichas enterobacterias complica su control y tratamiento, destacando la necesidad de estrategias eficaces a nivel clínico y de salud pública(21).

Diferentes estudios realizados a nivel mundial muestran las muestras biológicas de los pacientes, y no se consideran las superficies de contacto con el paciente, una de las principales fuentes donde se desarrollan este tipo de bacterias y donde pueden colonizar a los hospitalizados.

El principal mecanismo de transmisión de las EPC lo suele dar el contacto por el personal sanitario que actúa como vehículo al no realizarse una correcta higiene tras explorar o atender al paciente. Un estudio realizado sobre enterobacterias productoras de carbapenemasas en pacientes del servicio de clínica médica del Hospital Nacional de Itauguá, en donde se realiza un análisis a 63 pacientes que se sospecha que presentan EPC, menciona que éstas pudieron ser adquiridas durante su estadía de hospitalización, ya que se sospechaba que las camas estaban contaminadas y eran posibles portadoras de enterobacterias productoras de carbapenemasas, dando como resultado que el 13% de los análisis realizados sean positivos para KPC que son una de las enterobacterias resistentes a los antibióticos. Comparado con nuestro estudio, ambos identifican EPC tomando como punto de partida camas contaminadas que son superficies de contacto con el paciente y son un posible riesgo de contaminación entre superficies y pacientes, y en el presente estudio se centra en todas las superficies de contacto, dando como resultados que existe

enterobacterias productoras de carbapenemasas en la muestra del paciente que pudo adquirir este tipo de bacterias debido a las camas contaminadas (2).

Si bien *Enterobacter cloacae* es un microorganismo ampliamente distribuido en la naturaleza su mayor problema radica en su existencia en áreas de salud, debido a que su prolongada exposición a distintos tipos de medicamentos en las distintas áreas dentro de un centro de salud y su gran capacidad de evolucionar generan resistencia a antibióticos carbapenémicos que son la última línea de defensa ante estos microorganismos. En 2020 Pintos y otros, realizaron un estudio observacional que consto de 272 pacientes donde se observó que las especies más frecuentes de enterobacterias productoras de carbapenemasas son *Enterobacter cloacae* representando un 10.1% , de esta manera se observa que la presencia de dichas enterobacterias son relativamente frecuentes, en contraste se observó que en nuestra investigación el índice de presencia de estas enterobacterias correspondió a un 12,5% dentro de las distintas áreas analizadas, sin embargo estas demostraron ser sensibles ante ertapenem, meropenem e imipenem, esto puede suponer que dicho microorganismo tuvo una exposición casi nula a distintos tipos de medicamentos , no obstante, se debe tener en consideración que al ser el estudio realizado en superficies de contacto con los pacientes lo que significa que van a haber distintos factores que influirán en su proliferación, mientras que el estudio realizado por Pintos y otros, realizaron sus estudios basándose en el índice de incidencia en pacientes (22).

En 2023, Miranda realizó un estudio observacional donde destaca la prevalencia de *Pseudomona aeruginosa* productora de carbapenemasas en pacientes de cuidados intensivos en Hospitales de Latinoamérica que represento un 38,8 % (23). Mientras que, en el presente estudio realizado se observa que la presencia de *P. aeruginosa* y *E. cloacae* con un porcentaje de detección de 37,5% y 12,5 % respectivamente, las cuales, si su índice de hallazgo no es relativamente alto, indica el inicio de un problema por sus capacidades evolutivas y sumado a una prolongada exposición a antibióticos que puede ser relativamente constante en las distintas áreas de salud.

Por otro lado, un estudio realizado en el 2020, sobre la infección asociada a enterobacterias productoras de carbapenemasas OXA-48 en pacientes quirúrgicos, analiza la administración de antibióticos y la evolución temporal de sensibilidades y el tratamiento dirigido de las infecciones asociadas a enterobacterias productoras de carbapenemasas, en donde se incluyeron 65 pacientes con 66 aislamientos de OXA-48, dando resultados de *Kebsiella pneumoniae* (86,5 %) y *Enterobacter cloacae* (7,6 %), comparado con nuestro estudio ambos presentan un porcentaje alto en uno de estos tipos de enterobacterias que son las principales productoras de carbapenemasas en el caso de nuestro estudio presenta un porcentaje de 12,5 % de *Enterobacter cloacae*, cabe recalcar que existe diferencia en el estudio realizado y en el presentado en este trabajo, ya que, uno presenta análisis realizados en pacientes con muestras biológicas y el otro es un estudio que se realiza en las superficies de contacto con los pacientes (24).

En el 2019 un artículo publicado sobre contaminación de las superficies de un entorno sanitario por bacterias resistentes a múltiples fármacos, donde se realizó un estudio transversal para determinar la distribución bacteriana y su resistencia a los antibióticos que se propagan en las superficies hospitalarias en un centro hospitalario en Marruecos. Se encontró un predominio de enterobacterias gram negativas obteniendo una prevalencia del 88,4% de contaminación bacteriana en las diferentes superficies del hospital. Comparado con el presente, ambos estudios determinan que existe presencia de bacterias en las superficies de las distintas casas de salud y las más predominantes que se desarrollan son las enterobacterias que en nuestro estudio se encuentran en un 64% de todas las superficies estudiadas, que poco a poco van generando resistencia a los distintos medicamentos del arsenal farmacoterapéutico (25).

Por otra parte, un estudio realizado en los hospitales de Kenia sobre la contaminación ambiental en múltiples departamentos hospitalarios con bacterias multirresistentes plantea un riesgo elevado de infecciones asociadas a la atención médica, donde se estudiaron las superficies de alto contacto en seis departamentos hospitalarios realizando un cultivo bacteriológico para determinar el número y el tipo de enterobacterias que puedan estar presentes en las superficies estudiadas donde se muestra que existe una contaminación del 3,6% de *Enterobacter* y *P.aeruginosa* con un 0,3%, dichas bacterias se encuentran principalmente en las áreas de recién nacidos, cirugía y maternidad, relacionado con el estudio realizado con nosotros se evidencia que existe presencia de este tipo de enterobacterias al igual que en el estudio anterior con un 12,5% y 37,5% respectivamente, una vez descrito esto se puede decir que este tipo de bacterias son las que más se desarrollan en las superficies de contacto con el paciente y por ende pueden generar resistencia a los antibióticos carbapenémicos, debido a que este tipo de bacterias ya presentan resistencia a múltiples tipos de medicamentos (26).

Recientemente un estudio publicado en el 2015 sobre contaminación bacteriana de superficies y equipos inanimados en la unidad de cuidados intensivos, donde se realiza un estudio a las superficies de UCI y los equipos inanimados que pueden estar contaminados por bacterias resalta un papel importante en la colonización e infección en esta área. Estas enfermedades pueden desarrollarse debido a la eliminación directa de bacterias por parte de los pacientes que pueden sobrevivir durante varios meses en superficies secas, debido a esto en este estudio se proporciona evidencia actualizada sobre la contaminación de equipos y superficies en la UCI que pueden transmitir patógenos bacterianos a diferentes pacientes críticos. Los equipos inanimados más contaminados son los cables de electrocardiografía, estetoscopios, ventiladores mecánicos, equipos de ultrasonido. Este estudio se relaciona con el realizado por nosotros en que ambos toman como muestra de estudio las superficies que entran en contacto con el paciente, sin embargo, uno estudia todo tipo de bacterias que están presentes en las superficies, y el otro solo se centra en las enterobacterias productoras de carbapenemasas, dichos estudios nos muestran que las superficies son las

principales fuentes en donde se desarrollan las bacterias y que pueden colonizar a los pacientes internados (27).

En 2022 Kuczewski y otros, realizaron un análisis para tomar en consideración la importancia de la contaminación cruzada entre superficies y pacientes, donde uno de los principales microorganismos de estudio fue la *Pseudomona aureginosa* donde ellos realizaron su toma de muestra mediante toallitas no tejidas estériles humedecidas con agua de peptona tamponada para posteriormente ser incubadas en caldo de triptona de soja y para la de determinación de *Pesudomonas aureginosa* se procedió a sembrar en un agar de subcultivo conocido como cetrimida que es característico para la determinación de dicho microorganismo, mientras que en nuestro estudio se procedió a realizar la toma de muestra mediante medios Stuard posteriormente se realizó un cultivo en agar Macconkey para identificación de bacilos Gram negativos, posteriormente se volvió a resembrar ante posible sospecha en Agar Muller Hinton para finalmente realizar la identificación mediante el uso de las galerías API 20E (27).

Boutin S. y otros realizaron un análisis en un entorno hospitalario dentro del primer año de una sala quirúrgica para determinar bacterias Gram negativas resistentes a carbapenémicos el método que utilizaron fue un análisis observacional que duro 12 meses donde se evaluó principalmente la contaminación cruzada que existe entre pacientes y reservorios ambientales, donde tomaron como punto de referencia el análisis de aguas residuales como reservorio de bacterias Gram negativas, para su determinación se realizó un análisis de PCR que es un método específico para la determinación, mientras que en nuestro análisis se realizó mediante pruebas bioquímicas y dentro de un corto periodo de tiempo (27).

En este estudio, estas bacterias están en las superficies de contacto con el paciente, pero no generan resistencia a los antibióticos carbapenémicos, ya que no hubo deformación ni cambios en los halos utilizados para el estudio y por lo tanto no demostraron resistencia a estos antibióticos.

CONCLUSIONES

En conclusión, al analizar la prevalencia de enterobacterias productoras de carbapenemasas presentes en las superficies de contacto con el paciente, se observó que existen diferentes tipos de enterobacterias que pueden desarrollarse en dichas superficies, las más características y con mayor frecuencia que se encuentran en nuestro estudio son las *Enterobacter cloacae*, *pseudomona aeruginosa* y *pseudomona putida* las cuales son las más propensas a generar resistencia a los diferentes antibióticos del arsenal farmacoterapéutico, lo que constituye una amenaza grave para la salud pública, ya que las enterobacterias de este tipo se encuentran presentes en las distintas áreas de contacto con el paciente, y la población más vulnerable a ser colonizados por este tipo de enterobacterias son los pacientes hospitalizados, los cuales entran en contacto directo con las principales superficies en donde estas bacterias se desarrollan.

AGRADECIMIENTOS

FINANCIACIÓN

Los autores declaran no haber recibido financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de interés con su investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

| <i>Participar activamente en:</i> | <i>Calle René</i> | <i>Valarezo Bryan</i> | <i>Macías Andrea</i> |
|---|-------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Conceptualización</i> | X | X | |
| <i>Análisis formal</i> | X | X | |
| <i>Adquisición de fondos</i> | X | X | |
| <i>Investigación</i> | X | X | |
| <i>Metodología</i> | X | X | |
| <i>Administración del proyecto</i> | X | X | X |
| <i>Recursos</i> | X | X | |
| <i>Redacción –borrador original</i> | X | X | |
| <i>Redacción –revisión y edición</i> | X | X | X |
| <i>La discusión de los resultados</i> | X | X | |
| <i>Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.</i> | X | X | X |

RECONOCIMIENTO A REVISORES: (Espacio a ser llenado por la editorial)

La revista reconoce el tiempo y esfuerzo del editor / de sección “XXX XXXX”, y de revisores anónimos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en la evaluación y mejoramiento del presente artículo.

REFERENCIAS (VANCOUVER)

1. Staneloni MI, Alonso L, Ilari S, Herrera MP, López C, Colque Á, et al. Programa de prevención de Enterobacterias Productoras de Carbapenemasas en unidades críticas en Argentina durante la pandemia COVID-19. *Medicina (Buenos Aires)*. octubre de 2022;82(5):722-31.
2. Ocampos Ugarte JG, Takahasi Alvarez VE. Enterobacterias productoras de carbapenemasas en pacientes del Servicio de Clínica Médica del Hospital Nacional de Itauguá. *Revista Virtual de la Sociedad Paraguaya de Medicina Interna*. septiembre de 2015;2(2):33-42.
3. Paciel DD, Seija V, Prieto J, Vignoli R, Medina J. Enterobacterias productoras de KPC (*Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa).
4. Oteo J, Calbo E, Rodríguez-Baño J, Oliver A, Hornero A, Ruiz-Garbajosa P, et al. La amenaza de las enterobacterias productoras de carbapenemasas en España: documento de posicionamiento de los grupos de estudio GEIH y GEMARA de la SEIMC. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 1 de diciembre de 2014;32(10):666-70.
5. Pena Viña I. Enterobacterias productoras de carbapenemasas: tipos, epidemiología molecular y alternativas terapéuticas [Internet] [<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>]. Universidad Complutense de Madrid; 2015 [citado 12 de enero de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=149360>
6. González-Rubio R, Parra-Blázquez D, San-Juan-Sanz I, Ruiz-Carrascoso G, Gallego S, Escosa-García L, et al. Evolución de la incidencia de pacientes con colonización e infección por bacterias productoras de carbapenemasas VIM en un hospital pediátrico en España. *Rev Esp Quimioter*. febrero de 2019;32(1):60-7.
7. Angles-Yanqui E, Huaranga-Marcelo J, Sacsquispe-Contreras R, Pampa-Espinoza L. Panorama de las carbapenemasas en Perú. *Rev Panam Salud Publica*. 23 de septiembre de 2020;44:e61.
8. Vásconez Nuela DCL. Implementación de un sistema de vigilancia de resistencia antimicrobiana en el Hospital SOLCA Núcleo de Tungurahua [Internet] [masterThesis]. Universidad Técnica de Ambato/ Facultad de Ciencias de Salud /Centro de Posgrados; 2022 [citado 15 de enero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36831>
9. Pascual IP, Santiago AD de, Serrano AM. Infecciones por bacilos gramnegativos productores de carbapenemasas. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 1 de marzo de 2022;13(51):2992-3001.
10. Vera-Leiva A, Barría-Loaiza C, Carrasco-Anabalón S, Lima C, Aguayo-Reyes A, Domínguez M, et al. KPC: *Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa, principal carbapenemasa en enterobacterias. *Revista chilena de infectología*. octubre de 2017;34(5):476-84.
11. Roitman KL, Cipolla L, Minervini P, Prieto M. Study of the genetic diversity of *Moraxella* spp. isolates obtained from corneal abscesses. *Revista Argentina de Microbiología*. 1 de enero de 2023;55(1):20-4.
12. Freer E, Castro-Arce R. *Brucella*: una bacteria virulenta carente de los factores de virulencia clásicos. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*. junio de 2001;22(1-2):73-82.
13. Sayas-Herazo M, Ramos-Díaz A. Shock sistémico por *Shewanella putrefaciens*: reporte de caso. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. octubre de 2021;21(4):334-7.

14. Contreras-Rodríguez A, Majalca-Martínez C, Aguilera-Arreola MG, Contreras-Rodríguez A, Majalca-Martínez C, Aguilera-Arreola MG. *Ochrobactrum anthropi*. Revista chilena de infectología. agosto de 2018;35(4):431-2.
15. Paz-Zarza VM, Mangwani-Mordani S, Martínez-Maldonado A, Álvarez-Hernández D, Solano-Gálvez SG, Vázquez-López R, et al. *Pseudomonas aeruginosa*: patogenicidad y resistencia antimicrobiana en la infección urinaria. Revista chilena de infectología. abril de 2019;36(2):180-9.
16. García Alonso B. Biosíntesis de polihidroxicanoatos en *Pseudomonas putida* U: caracterización genética y bioquímica del sistema responsable de su acúmulo y movilización [Internet] [http://purl.org/dc/dcmitype/Text]. Universidad de León; 2004 [citado 29 de enero de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=125778>
17. Silva F, Martínez O. TP, Silva F, Martínez O. TP. Complejo *Enterobacter cloacae*. Revista chilena de infectología. 2018;35(3):297-8.
18. González Mendoza J, Maguiña Vargas C, González Ponce F de M. La resistencia a los antibióticos: un problema muy serio. Acta Médica Peruana. abril de 2019;36(2):145-51.
19. J. Oromí. Editorial: Resistencia bacteriana a los antibióticos. Medicina integral: Medicina preventiva y asistencial en atención primaria de la salud. 2000;36(10):367-70.
20. Padilla Serrano A, Serrano Castañeda JJ, Carranza González R, García Bonillo MP. Factores de riesgo de colonización por enterobacterias multirresistentes e impacto clínico. Revista Española de Quimioterapia. 2018;31(3):257-62.
21. Tejeda-Rosales E, Sánchez-Tejeda G, Sánchez-Tejeda JF, Sánchez-Ruiz JF, González-Ochoa G. Análisis taxonómico mediante química computacional de betalactamasas. Rev Mex Med Forense. 7 de enero de 2021;5(S3):9-12.
22. Pintos-Pascual I, Cantero-Caballero M, Rubio EM, Sánchez-Romero I, Asensio-Vegas Á, Ramos-Martínez A. Epidemiología y clínica de las infecciones y colonizaciones causadas por enterobacterias productoras de carbapenemasas en un hospital de tercer nivel. Rev Esp Quimioter. 2020;33(2):122-9.
23. Ayala MAM, Parrales ENL. Prevalencia de *Pseudomonas Aeruginosa* productora de Carbapenemasa en pacientes de cuidados intensivos en hospitales de Latinoamérica. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 9 de marzo de 2023;5(3):343-57.
24. Mora-Guzmán I, Rubio-Pérez I, Domingo-García D, Martín-Pérez E. Infecciones asociadas a enterobacterias productoras de carbapenemasas OXA-48 en pacientes quirúrgicos: consumo de antibióticos y evolución de sensibilidades. Rev Esp Quimioter. 2020;33(6):448-52.
25. Chaoui L, Mhand R, Mellouki F, Rhallabi N. Contamination of the Surfaces of a Health Care Environment by Multidrug-Resistant (MDR) Bacteria. Int J Microbiol. 29 de noviembre de 2019;2019:3236526.
26. Odoyo E, Matano D, Tiria F, Georges M, Kyanya C, Wahome S, et al. Environmental contamination across multiple hospital departments with multidrug-resistant bacteria pose an elevated risk of healthcare-associated infections in Kenyan hospitals. Antimicrobial Resistance & Infection Control. 29 de marzo de 2023;12(1):22.
27. Russotto V, Cortegiani A, Raineri SM, Giarratano A. Bacterial contamination of inanimate surfaces and equipment in the intensive care unit. Journal of Intensive Care. 10 de diciembre de 2015;3(1):54.