



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA  
AISLADAS DE LA MOSCA COMÚN (MUSCA DOMESTICA) EN EL MERCADO  
TAYACAJA, EL AGUSTINO, 2023

**Línea de investigación:**

**Genética, bioquímica y biotecnología**

Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología

**Autor:**

Osorio Guevara, Víctor Leonardo

**Asesora:**

Rodrigo Rojas, María Elena  
(ORCID: 0000-0002-1555-4036)

**Jurado:**

Iannacone Oliver, Jose Alberto

Salas Asencios, Ramses

Mayanga Herrera, Ana Lucia

Lima - Perú

**2023**



# IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA AISLADAS DE LA MOSCA COMÚN (MUSCA DOMESTICA) EN EL MERCADO TAYACAJA, EL AGUSTINO, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://cienciasdejoseleg.blogspot.com">cienciasdejoseleg.blogspot.com</a> Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Internacional del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://hmong.es">hmong.es</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to University of Bedfordshire Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to University of KwaZulu-Natal Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a>	



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

## **FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA  
AISLADAS DE LA MOSCA COMÚN (*MUSCA DOMESTICA*) EN EL MERCADO  
TAYACAJA, EL AGUSTINO, 2023**

### **Línea de investigación**

**Genética, bioquímica y biotecnología**

Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología

### **Autor**

Osorio Guevara Víctor Leonardo

### **Asesora**

Rodrigo Rojas, María Elena  
(ORCID: 0000-0002-1555-4036)

### **Jurado**

Iannacone Oliver, Jose Alberto

Salas Asencios, Ramses

Mayanga Herrera, Ana Lucia

**Lima – Perú**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Primero doy gracias a Dios, y dedico de manera especial esta tesis a mis padres Juan y Faustina, quienes han sido un pilar fundamental en mi viaje académico y personal. Su apoyo inquebrantable, comprensión y aliento constante han sido esenciales en la construcción de mi carrera. A mi mamá, por su amor incondicional, y a mi papá, cuyo espíritu perdura en cada logro mío. También, agradezco a mis profesores y mentores por su valiosa guía, y a mis amigos y seres queridos por su comprensión. Esta dedicación es un tributo a la importancia de la familia, la perseverancia y la gratitud en mi camino hacia la culminación de mi tesis

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo agradecer a mi profesora María Elena Rodrigo por su orientación invaluable a lo largo de mi formación académica y durante el desarrollo de esta tesis. Su compromiso con la investigación y los valores éticos en la investigación han sido fundamentales para mi crecimiento como investigador. También agradezco al Laboratorio de Investigación en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la UNFV por proporcionarme acceso a sus recursos y facilidades, lo que contribuyó significativamente a los logros de este trabajo.

Este logro es el resultado de la combinación de apoyo académico y los recursos facilitados por estas entidades, y estoy profundamente agradecido por su contribución a mi éxito en esta tesis.

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Descripción del problema.....	9
1.2. Antecedentes .....	10
1.3. Objetivos .....	12
1.3,1. Objetivo general .....	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación.....	12
1.5. Hipótesis.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antibióticos .....	14
2.1.1 Clases de antibióticos .....	14
2.1.2 Tetraciclinas en la historia antigua.....	19
2.1.3 Mecanismo, absorción y resistencia específica a tetraciclina.....	19
2.1.4 Mutaciones del sitio de unión.....	19
2.2 Mosca común .....	20
III. MÉTODO .....	23
3.1 Tipo de investigación .....	23
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	23
3.3 Variable .....	24
3.4 Población y muestra .....	24
3.4.1 Población .....	24
3.4.2 Muestra .....	24
3.5 Instrumentos .....	24
3.6 Procedimiento.....	24
3.7 Análisis de datos.....	27
3.8 Consideraciones éticas .....	27
IV. RESULTADOS .....	27
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	41
VIII.REFERENCIAS.....	42

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como **objetivo:** Identificar enterobacterias con resistencia a la tetraciclina aisladas de la mosca común (*Musca domestica*) en el mercado Tayacaja, El Agustino, en el año 2023. **Método:** Para ello, se capturaron 100 moscas utilizando trampas de pegamento. Las muestras fueron procesadas mediante dos métodos distintos para analizar tanto la parte externa como interna del insecto. Se realizaron aislamientos en agar MacConkey, pruebas de sensibilidad con discos de tetraciclina y pruebas bioquímicas para la identificación bacteriana. **Resultados:** Arrojaron un total de 7 especies bacterianas diferentes en la parte externa y 8 en la parte interna. Algunas de ellas mostraron resistencia a la tetraciclina, mientras que otras fueron sensibles. Los análisis estadísticos de chi-cuadrado indicaron la presencia de resistencia significativa. Los gráficos de componentes y dendrogramas revelaron similitudes y diferencias entre las bacterias internas y externas en cuanto a su sensibilidad o resistencia al antibiótico. **Se concluyó:** Que la mosca común puede actuar como un vector eficaz para la transmisión de enterobacterias resistentes a los antibióticos, lo que representa un riesgo para la salud pública. Se recomienda implementar medidas de control vectorial y promover el uso racional de antibióticos para abordar esta problemática de manera integral

*Palabras claves:* Enterobacterias, Resistencia antimicrobiana, *Musca domestica*

## ABSTRACT

This thesis had the **objective:** To identify enterobacteria resistant to tetracycline isolated from the common housefly (*Musca domestica*) in the Tayacaja market, El Agustino, in 2023. **Method:** For this, 100 flies were captured using sticky traps. The samples were processed using two different methods to analyze both the external and internal parts of the insect. Isolations were performed on MacConkey agar, sensitivity tests with tetracycline discs, and biochemical tests for bacterial identification. **Results:** Yielded a total of 7 different bacterial species in the external part and 8 in the internal part. Some of them showed resistance to tetracycline, while others were sensitive. Chi-square statistical analyses indicated the presence of significant resistance. Component plots and dendrograms revealed similarities and differences between internal and external bacteria in terms of their sensitivity or resistance to the antibiotic. It was **concluded:** That the common housefly can act as an effective vector for the transmission of antibiotic-resistant enterobacteria, which represents a public health risk. It is recommended to implement vector control measures and promote the rational use of antibiotics to address this problem in a comprehensive manner.

*Keywords:* Enterobacteria, Antimicrobial resistance, *Musca domestica*

## I. INTRODUCCIÓN

Los antibióticos se definieron inicialmente como sustancias o compuestos (metabolitos secundarios) producidos por ciertos microorganismos capaces de matar o inhibir el crecimiento de otros microorganismos. Hoy en día, los antibióticos también incluyen muchos compuestos sintéticos con propiedades similares, como los  $\beta$ -lactámicos, cefalosporinas y carbapenémicos. Desde su descubrimiento inicial, los antibióticos han sido ampliamente utilizados en medicina humana y veterinaria, así como en la producción agrícola y procesamiento de alimentos, siendo esenciales para proteger la salud humana y animal contra patógenos. Innumerables infecciones bacterianas que alguna vez fueron mortales han sido tratadas eficazmente con antibióticos, mejorando significativamente la esperanza de vida y la calidad de vida de las personas en todo el mundo. Se han descubierto más de 5000 antibióticos y alrededor de 100 se utilizan activamente para tratar infecciones humanas y animales (Khardori, 2006).

En los últimos años, la rápida aparición de infecciones adquiridas en hospitales por patógenos oportunistas, como *Clostridium difficile* resistente a la vancomicina (VRE) y las resistentes a las fluoroquinolonas como *Pseudomonas aeruginosa* (FQRP), se han convertido en una importante amenaza para la salud pública (Moritz y Hergenrother, 2007). Muchos de estos tipos de resistencia han surgido en entornos clínicos humanos y veterinarios debido al uso de antimicrobianos y se diseminan a través de varias vías. Según el informe Swann, las bacterias resistentes a los antimicrobianos (ARB) asociadas con el ganado pueden transmitirse a los seres humanos y, a su vez, reducir la eficacia de los tratamientos para las infecciones bacterianas en entornos clínicos (Her Majesty Stationery Office, 1969).

Los mecanismos de diseminación y las vías de transmisión de las ARB asociados al ganado hacia los seres humanos se centran principalmente en la cadena alimentaria. Otras vías importantes incluyen el agua, el suelo, el aire, los animales salvajes y los insectos (Berendonk et al., 2015). En algunos casos, los insectos han sido portadores de ARB cruciales que son resistentes a los antimicrobianos importantes en entornos clínicos humanos (Ahmad et al., 2011).

### **1.1. Descripción del problema**

El abuso y mal uso de antibióticos ha estimulado el desarrollo evolutivo de bacterias con resistencia selectiva a estos fármacos (Mamza et al., 2010). La transferencia horizontal de genes de resistencia a los antibióticos en el medio ambiente se ha convertido en un problema médico y social de gran preocupación (Haque et al., 2018). En países de todo el mundo, se están implementando regulaciones sobre el uso de antibióticos en entornos ambientalmente sensibles, dado que las bacterias utilizan diversos mecanismos y vectores para la transferencia horizontal de los genes de resistencia (Islam et al., 2019). Uno de los vectores mecánicos implicados es *Musca domestica*, ya que este insecto tiene un comportamiento sinantrópico, con amplio movimiento y capacidad de volar largas distancias (Mohammed et al., 2016). Mayormente, se sienten atraídos por la materia orgánica en descomposición y se mueven entre las heces y cadáveres (Sobur et al., 2019).

El daño más significativo relacionado con las moscas está asociado con la potencial transmisión de patógenos como virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos, incluyendo bacterias resistentes a los antibióticos (Ostrolenk y Welch, 1942). Cuando las moscas se alimentan, algunos patógenos pueden alojarse en las piezas bucales o el canal alimentario durante varios días y luego transmitirse cuando la mosca defeca o regurgita (Capinera, 2010).

En cuanto a las bacterias resistentes a los antibióticos transportadas por las moscas domésticas, existe un número limitado de estudios disponibles, y la mayoría de ellos se han centrado solo en patógenos resistentes u oportunistas. Por ejemplo, en un estudio que evaluó la prevalencia de resistencia en bacterias patógenas transportadas por moscas recolectadas en hospitales y entornos urbanos en Libia, se pudieron aislar diferentes especies bacterianas resistentes a antibióticos, como *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Klebsiella spp* y *Pseudomonas spp*. (Rahuma, 2005).

Por tanto, el presente trabajo plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Se pueden identificar enterobacterias con resistencia a tetraciclina aisladas de la mosca común (*Musca domestica*) en el mercado Tayacaja, El Agustino, 2023?

## 1.2. Antecedentes

Sharmin et al. (2020) aisló cepas de *Staphylococcus aureus* (78,6%), *Salmonella spp.* (66,4%) y *Escherichia coli* (51,4%) resistentes a eritromicina, tetraciclina, penicilina y amoxicilina a partir de *Musca domestica*. Concluyeron que las moscas constituyen un vector perfecto que ayuda a propagar bacterias con genes de resistencia.

Onwugamba et al. (2020) aisló cepas de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Campylobacter spp.* y *Yersinia enterocolitica* de la mosca común. Todas las bacterias aisladas presentaron resistencia a tetraciclina, eritromicina, estreptomicina y ciprofloxacina en un rango del 75 al 90%. Los autores concluyeron que la mosca común puede transportar bacterias resistentes a los antimicrobianos de manera eficaz debido a las largas distancias que este insecto puede recorrer.

Onwugamba et al. (2018) aisló cepas de *Escherichia coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis* de la mosca común. Se encontró que las Enterobacteriaceae son productoras de resistencia a tetraciclina, lo que causa gran preocupación para la salud debido a su propagación en humanos y animales. Los autores concluyeron que la mosca común puede transmitir fácilmente estas bacterias.

Abdus et al. (2016) aisló cepas de *Salmonella spp.* (56.7%) resistentes a tetraciclina y ciprofloxacina a partir de las moscas. Este estudio detectó un alto nivel de cepas de *Salmonella spp.* multidrogoresistentes en las moscas, lo que representa una grave amenaza para la salud humana y animal.

Davood et al. (2015) capturaron moscas en hospitales, veterinarias, granjas, mercados y restaurantes, encontrando cepas de *Aeromonas spp.* Casi todas presentaron resistencia a antibióticos como tetraciclina, eritromicina, estreptomycin y ciprofloxacina. Se concluyó que las moscas comunes albergan patógenos diarreicos que transportan genes de resistencia en diferentes niveles.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Identificar enterobacterias con resistencia a tetraciclina aisladas en *Musca domestica*, en el mercado Tayacaja, El Agustino, 2023.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

Seleccionar el método adecuado de captura de moscas en el mercado Tayacaja, que no permita contaminación microbiana externa al insecto.

Aislar enterobacterias a partir de las moscas capturadas tomando en cuenta su localización (superficie y parte interna del insecto).

Identificar las enterobacterias aisladas y verificar sus niveles de resistencia a tetraciclina.

### **1.4 Justificación**

El presente trabajo aborda un tema de interés para la salud pública debido al potencial riesgo de dispersión mecánica por las moscas de bacterias que afectan la salud, como *Aeromonas hydrophila*, agente causante de gastroenteritis, *Providencia alcalifaciens*, patógeno reconocido que causa intoxicación alimentaria o diarrea y gastroenteritis del viajero, y *Acinetobacter soli*, generadora de gastroenteritis e infecciones de heridas (Nichlols, 2016). Se debe considerar que las bacterias citadas son sólo el 5% de las potencialmente patógenas para el hombre; otras bacterias de importancia clínica pertenecen al género *Clostridium*, *Enterococcus*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Campylobacter*, las cuales son transmitidas mediante contaminación cuando los alimentos se encuentran expuestos a lugares insalubres (Humphrey, 2007). Muchas de estas bacterias ya presentan resistencia a antibióticos como eritromicina, ciprofloxacina, vancomicina, estreptomina, ampicilina, doxiciclina, tetraciclina y estreptomina

(Albert, 2013), lo que hace al tratamiento mucho más difícil. También podemos observar que los porcentajes globales de resistencia a la tetraciclina se encuentran entre 8,7% y 24,3%, lo que significa que un porcentaje de bacterias con resistencia se encuentra en hospitales, mercados, basureros y en el ambiente en general. Entre las bacterias que muestran resistencia se incluyen *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pneumoniae*, entre otras (Mendes et al., 2015).

Esto representa un riesgo, especialmente en casos como el nuestro, donde el mercado Tayacaja se encuentra cerca de un hospital. Las infecciones pueden ser más graves en pacientes que ingresan al hospital. Por lo tanto, este trabajo tiene relevancia debido a la importancia de la cercanía del mercado con el hospital y su posible implicación en la transmisión de bacterias resistentes.

### 1.5. Hipótesis

H1: Se pueden identificar enterobacterias con resistencia a tetraciclina aisladas en *Musca domestica*, en el mercado Tayacaja, El Agustino, 2023.

H0: No Se puede identificar enterobacterias con resistencia a tetraciclina aisladas en *Musca domestica*, en el mercado Tayacaja, El Agustino, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antibióticos

Una sustancia química con propiedades antimicrobianas puede ser producida por un microorganismo. Su origen puede clasificarse en dos categorías:

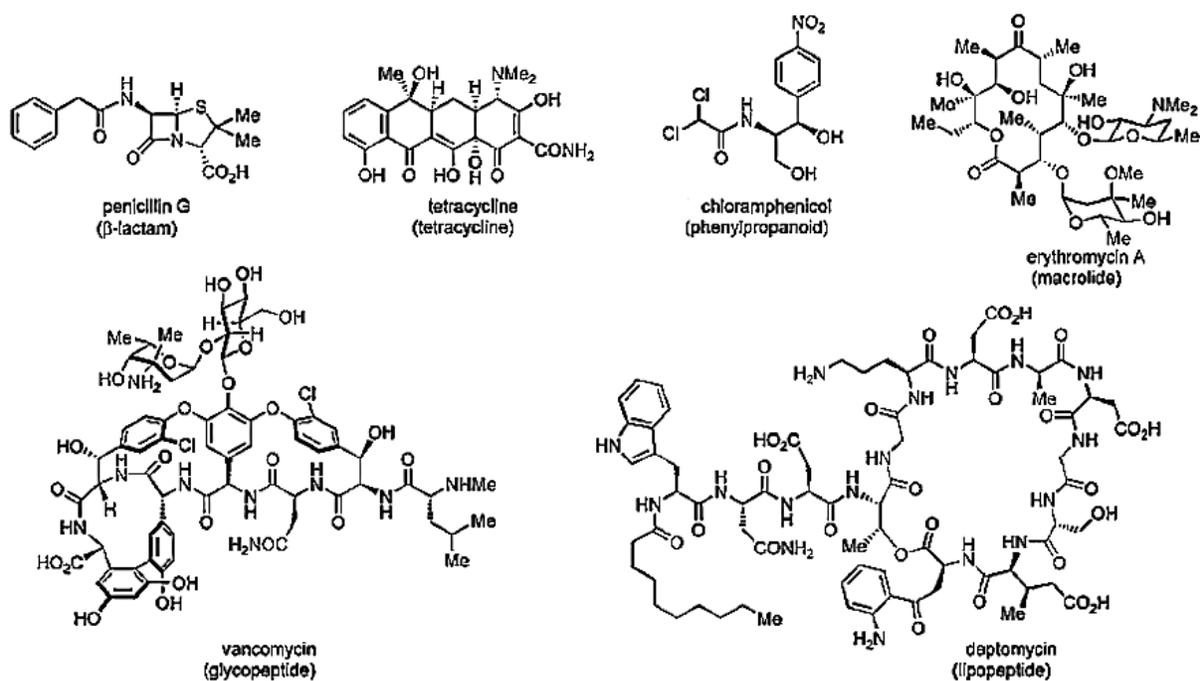
- Natural o biológico: Se obtiene a partir de cultivos de microorganismos, ya sean hongos o bacterias.
- Semisintético: Se parte de un agente obtenido de forma natural como núcleo básico y se realizan modificaciones en sus características químicas para mejorar sus propiedades. Estas modificaciones pueden incluir el aumento de su actividad, la ampliación de su espectro de acción, la facilitación de su administración o la reducción de sus efectos indeseables (Paredes y Roca, 2004).

#### 2.1.1 Clases de antibióticos

Los antibióticos se pueden clasificar según su mecanismo de acción (bactericida o bacteriostático), espectro de actividad (amplio o estrecho), vías de administración (oral o inyección) y, en su mayor parte, por sus estructuras químicas. Las estructuras químicas de las principales clases de antibióticos de origen natural (por ejemplo, betalactámicos, tetraciclinas, macrólidos y aminoglucósidos) y los antibióticos sintéticos se muestran en las Figuras 1 y 2 (Okamoto et al., 1994)

## Figura 1

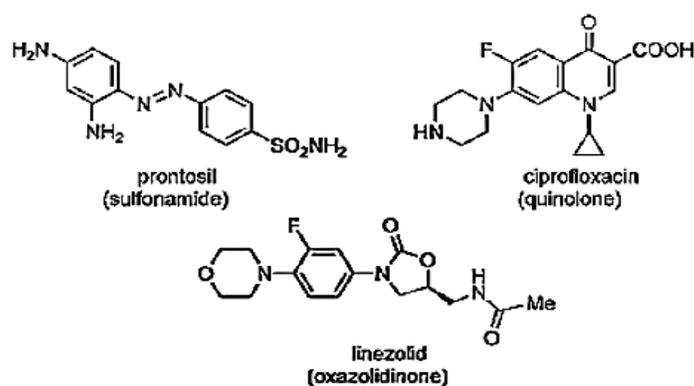
### *Estructura química de los antibióticos*



Nota. Diversos antibióticos presentan estructuras únicas: Penicilina con anillo beta-lactámico, tetraciclina con anillos fusionados, cloramfenicol derivado bencénico, erytromicina macrólido, vacomicina compleja y debromicina amino-glucopéptido. Tomado de Houseflies as Potential Vectors for Antibiotic Resistant Bacteria. p.26, Wang., W.2013. School of the Ohio State University

## Figura 2

*Antibióticos representativos de origen sintético*



*Nota.* derivado de sulfanilamida con azo; linezolid: oxazolidinona con anillo aromático; ciprofloxacina: quinolona con piperazinil. Cada uno aborda infecciones de forma selectiva. Tomado de Houseflies as Potential Vectors for Antibiotic Resistant Bacteria. p.28, Wang., W.2013.School of the Ohio State University

Entre los antibióticos más utilizados en la terapia clínica se encuentran los betalactámicos, que contienen un  $\beta$ -lactámico en su estructura molecular. Estos antibióticos suelen ser bactericidas frente a microorganismos Gram positivos y Gram negativos al bloquear irreversiblemente las proteínas fijadoras de penicilina (PBP), que incluyen carboxipeptidasas, endopeptidasas y

transpeptidasas. Las PBP son un grupo de proteínas que facilitan el entrecruzamiento del peptidoglicano recién sintetizado (Fontana et al., 1990).

Los aminoglucósidos son otro tipo de antibióticos bactericidas. Su estructura clave incluye un anillo de aminociclitol en la molécula, con diferentes enlaces glucosídicos y cadenas laterales entre los miembros de esta familia (Kotra et al., 2000). Los aminoglucósidos afectan a las células bacterianas, desplazando cationes como  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  en la membrana bacteriana externa, interrumpiendo la permeabilidad normal. Además, los aminoglucósidos también pueden ser bacteriostáticos, ya que impiden el crecimiento de las células bacterianas al unirse a la subunidad ribosomal en los ribosomas bacterianos y evitando así la síntesis proteica.

Las bacterias susceptibles a los aminoglucósidos son principalmente *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.* y *Pseudomonas aeruginosa* (Moellering y Robert, 1983). Algunos representantes de los aminoglucósidos incluyen gentamicina, kanamicina, neomicina y estreptomycin. Estos antibióticos se utilizan principalmente para tratar infecciones en la piel y el sistema respiratorio, y a menudo se combinan con otros tipos de antibióticos para la terapia clínica y el tratamiento en medicina veterinaria y en la producción de alimentos para animales (Shaikh y Allen, 1985).

Los glicopéptidos son otro ejemplo de antibióticos bactericidas. Se originaron con el descubrimiento de la vancomicina en 1956. La estructura básica de los glicopéptidos incluye un residuo de siete aminoácidos llamado aglicona que es biológicamente activo, con diferentes aminoácidos en las posiciones 1 y 3, y diferentes sustituyentes de los aminoácidos aromáticos entre los miembros de este grupo (Nicolaou et al., 1999). Los gluco péptidos afectan a las células

bacterianas al inhibir la síntesis del peptidoglucano de la pared celular. Sin embargo, a diferencia de los antibióticos betalactámicos, el modo de acción de los glucopéptidos incluye la interacción con un sustrato de la enzima que cataliza la reacción de transglicosilasa, y aparentemente lo protege del sitio activo de la enzima (Reynolds, 1989).

### ***2.1.2 Tetraciclinas en la historia antigua***

Si bien los campos de estudio de la resistencia a los antibióticos y las tetraciclinas se expandieron rápidamente durante la década de 1980, este período también trajo otro hallazgo sorprendente con respecto a las tetraciclinas, uno que parece reescribir su historia, cambiando la fecha de su descubrimiento por casi 2000 años. El bioarqueólogo George Armelagos y sus compañeros, entonces en la Universidad de Amherst, Massachusetts, encontraron bandas fluorescentes de tipo tetraciclina en restos óseos de una tribu del antiguo Sudán que data del período de la Antigüedad Tardía, en el año 350 d.C., de un área que una vez fue conocida como Nubia (Bassett, Keith y Armelagos, 1980). Más de 70 personas de todos los grupos de edad fueron estudiadas, y mostraron un marcado y consistente aumento del contenido de tetraciclina en el hueso, lo cual solo ocurre con una exposición crónica repetida al antibiótico (Frost et al., 1961). Estos hallazgos fueron ridiculizados por sus compañeros, atribuyendo el hueso etiquetado a la contaminación superficial por tetraciclina producida por los mohos. Sin embargo, el equipo planteó la hipótesis de que los nubios rutinariamente fermentaban granos como parte de sus papillas de cerveza productoras de dieta, y que *Streptomyces* podría haber contaminado accidentalmente sus tinajas. Una vez descubierto por los nubios, podrían haber sido propagados intencionalmente para su uso (Keith y Armelagos, 1983).

### ***2.1.3 Mecanismo, absorción y resistencia específica a tetraciclina***

En estudios de vigilancia recientes, la prevalencia de resistencia a la tetraciclina en europeos seleccionados se encontró que era 66.9% y 44.9% para b-lactamasa de espectro extendido (BLEE) produciendo especies de *Escherichia coli* y *Klebsiella spp.*, respectivamente (Castanheira et al., 2014), y los porcentajes globales de resistencia a la tetraciclina fueron del 8,7% y 24,3% para *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (MRSA) y *Streptococcus pneumoniae*, respectivamente (Mendes et al., 2015). La resistencia a las tetraciclinas suele atribuirse a uno o más de los siguientes: la adquisición de elementos genéticos móviles que portan genes de resistencia específicos a la tetraciclina, mutaciones dentro el sitio de unión ribosomal y/o mutaciones cromosómicas que conducen a una mayor expresión de mecanismos de resistencia intrínsecos. Los mecanismos se han descrito como flujo de salida, protección ribosómica e inactivación enzimática de fármacos de tetraciclina. Existen varias revisiones recientes sobre los determinantes de resistencia a la tetraciclina y su prevalencia en la clínica y el medio ambiente (Roberts, 2005).

#### **2.1.4 Mutaciones del sitio de unión**

Debido a que la mayoría de las bacterias tienen múltiples copias de ARNr, las mutaciones basadas en el objetivo en el ARNr confieren resistencia a la tetraciclina. Esto se encuentra comúnmente en bacterias con un bajo número de copias del gen rRNA. Se han informado mutaciones en 16S rRNA en *Propionibacterium acnes* (2–3 copias de ARNr 16S), *Helicobacter pylori* (1–2 copias de ARNr 16S), *Mycoplasma bovis* (1–2 copias de ARNr 16S) y *S. pneumoniae* (4 copias de ARNr 16S). Los efectos de estas mutaciones sobre la unión de tetraciclina generalmente pueden explicarse mediante datos cristalográficos o biofísicos. Por ejemplo, en *H. pylori*, una triple mutación AGA 965-967 TTC en el loop h31, y una delección de G942

(numeración de *E. coli*), confieren resistencia a la tetraciclina (Trieber y Taylor, 2002). Los residuos 965–967 están ubicados en el enlace primario, o Tet-1, mientras que G942 se encuentra en el sitio de unión secundario de Tet-4 (Pioletti et al., 2001).

Mutaciones en h34 de 16S rRNA se han asociado con un aumento de resistencia a la tetraciclina en *P. acnes* (G1058C) y *M. bovis* (G1058A/C), y también se han encontrado mutaciones de resistencia a la tetraciclina A965T, A967T/C y U1199C (que también están emparejadas con G1058 en h34) en *M. bovis* (Amram et al. 2015). Aunque G1058 no interactúa directamente con la tetraciclina, la mutación a citosina probablemente causa un cambio conformacional en el sitio de unión, reduciendo la afinidad de la tetraciclina por la subunidad ribosomal 30S. Las mutaciones G1058C preexistentes en *P. acnes* redujeron las actividades antibacterianas de tetraciclina, doxiciclina, eravaciclina y tigeciclina, en consonancia con todos estos antibióticos de tetraciclina que tienen interacciones comunes con el ARNr en bacterias (Grossman et al. 2012). En *S. pneumoniae*, las mutaciones en 16S RNA C1054T y T1062G/A conferían resistencia a la tigeciclina cuando estaban presentes en las cuatro copias genómicas de 16S rRNA (Lupien et al., 2015).

## **2.2 Mosca común**

La mosca común (*Musca domestica*) es un insecto perteneciente al suborden de Cyclorrhapha. Es, con mucho, la especie más prevalente de todas las moscas domésticas, abarcando aproximadamente el 91% de la población de moscas en entornos habitados por humanos. Además, se trata de uno de los insectos de distribución global más extendida en todo el planeta (Larraín y Salas, 2008). La FDA la considera una plaga que puede portar patógenos y enfermedades graves. Los adultos miden entre 0,3 y 0,5 pulgadas de largo, con tórax gris y cuatro

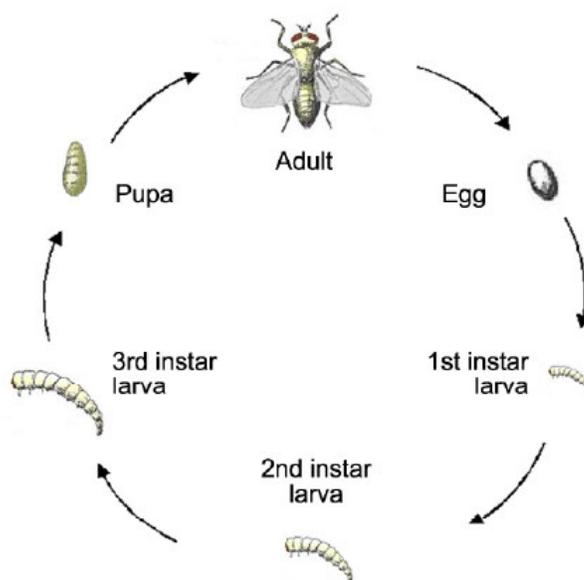
líneas oscuras longitudinales en el dorso. Las moscas hembras son ligeramente más grandes que los machos y tienen un espacio mucho más grande entre sus ojos rojos compuestos. Cada mosca hembra puede poner aproximadamente 500 huevos en varios lotes de alrededor de 75 a 150 (Amano, 1985).

Dentro de un día, las larvas (gusanos) salen de los huevos; viven y generalmente se alimentan de materia orgánica en descomposición, como basura o heces. Al final de su tercer estadio, los gusanos se arrastran hasta un lugar fresco y seco, se transforman en pupas y luego emergen como moscas adultas. Todo este ciclo se conoce como metamorfosis completa (Krafsur, 1985).

Los adultos viven de dos semanas a un mes en la naturaleza, o más tiempo en condiciones benignas de laboratorio. Después de emerger de las pupas, las moscas dejan de crecer; las moscas pequeñas no son necesariamente moscas jóvenes, sino que son el resultado de obtener alimentos insuficientes durante la etapa larvaria. Las moscas domésticas dependen de las temperaturas cálidas; en general, cuanto más cálida sea la temperatura, más rápido se desarrollarán y reproducirán las moscas (Lysyk, 1991).

### Figura 3

#### *Ciclo de vida de la mosca doméstica*



*Nota.* La vida de la mosca doméstica pasa por cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos se ponen en desechos, las larvas crecen en la pupa y emergen como adultos. Tomado de Houseflies as Potential Vectors for Antibiotic Resistant Bacteria. p.31, Wang., W.2013. School of the Ohio State University

Las moscas se alimentan de sustancias líquidas o semilíquidas, además de material sólido que ha sido ablandado por la saliva o el vómito. Debido a su gran ingesta de alimentos, depositan heces constantemente, lo que las convierte en peligrosos portadores de patógenos. Aunque generalmente se encuentran en viviendas humanas, estas moscas tienen la capacidad de volar varios kilómetros desde su lugar de reproducción. Además, la capacidad de las larvas de mosca para alimentarse y desarrollarse en una amplia gama de materia orgánica en descomposición es importante para el reciclaje de nutrientes en la naturaleza. De hecho, algunos investigadores incluso han sugerido que esta adaptación puede utilizarse para combatir la creciente cantidad de residuos (Miller et al., 1974).

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva (por que se identificarán las bacterias aisladas de las moscas y se describirán sus características de resistencia fenotípica a tetraciclina) , exploratoria ( por que se busca investigar y coleccionar información respecto a bacterias presentes en moscas del mercado Tayacaja , tema que aún no ha sido estudiado), transversal ( debido a que la toma de muestra se realizara en una sola oportunidad) y aplicada (debido a que los resultados de la investigación permitirán plantear estrategias de higiene sanitaria en el mercado señalado a fin de evitar la diseminación de bacterias potencialmente infecciosas , con riesgo de presentar resistencia antimicrobiana)

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo se desarrolla durante los meses mayo a octubre de 2023 en el laboratorio de Investigación en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la UNFV. Las muestras utilizadas para la investigación son capturadas en los depósitos de basura del mercado Tayacaja, ubicado en El Agustino.

#### 3.3 Variable

##### 3.3.1 *Variable dependiente*

Enterobacterias con resistencia a tetraciclina

##### 3.3.2 *Variable Independiente*

Carga bacteriana de la *Musca Domestica*

### **3.4 Población y muestra**

#### ***3.4.1 Población***

La población se define como moscas comunes (*Musca domestica*) presentes en los alrededores y los estantes de basura del mercado Tayacaja (El Agustino).

#### ***3.4.2 Muestra***

La muestra está constituida por 100 moscas comunes, las cuales son colectadas de los estantes de basura del mercado Tayacaja (El Agustino).

### **3.5 Instrumentos**

En esta investigación los instrumentos que se usarán son las fichas de resistencia a tetraciclina de las cepas aisladas a partir de moscas colectadas en los alrededores del mercado Tayacaja.

### **3.6 Procedimiento**

Para la realización de esta investigación, se lleva a cabo la captura de *Musca domestica* en el mercado Tayacaja (-12.038463492548795, -76.99259567198676), el cual es identificado con una clave taxonómica de entomología una guía práctica (Goncharenko y Galinovsky.2009) Se realiza una visita al mercado para localizar los contenedores de basura (Figura 4).

Para la colecta del insecto, se opta por utilizar trampas de pegamento los cuales tenia forma de plato, estos fueron cortados en cuadrados pequeño, lo cual facilita la captura de manera más efectiva (Figura 5). Se capturan un total de 100 moscas y se emplean dos métodos distintos para el procesamiento de las muestras, permitiendo un análisis tanto de la parte externa como de la interna del insecto. Una vez recolectadas las moscas, estas son llevadas al refrigerador durante 2 a 5 minutos para adormecerlas.

Para el procesamiento externo, se colocan 10 moscas en tubos de ensayo con suero fisiológico al 0,9 % y se agitan vigorosamente utilizando un Vórtex durante 2 minutos. Posteriormente, se transfieren las moscas a otro tubo de ensayo que contiene alcohol al 96 %, y se mantienen en él durante 5 minutos para eliminar las bacterias externas. Con el primer tubo de ensayo que contiene suero fisiológico, se realiza el sembrado en Agar MacConkey y se deja incubar durante 24 horas (Linta et al., 2018).

Para el procesamiento interno, se lleva a cabo la desinfección del insecto con alcohol de 96%, pasados 5 minutos se retira del alcohol y se deja secar a temperatura ambiente, para luego colocar la mosca en suero fisiológico al 0.9%, para después triturar la muestra y centrifugarla a 3000 rpm por 10 minutos. Finalmente, se realiza un sembrado de la muestra en Agar MacConkey, dejándolo incubar por un promedio de 24 horas (Linta et al., 2018).

Para la evaluación de resistencia, se siembran las colonias seleccionadas en agar Mueller Hinton y se usan discos de papel filtro embebidos en tetraciclina (Sacsquispe y Ventura. 2005. Manual de procedimiento bacteriológicos en infecciones intrahospitalarias). Tanto para la muestra externa e interna, se eligen diferentes colonias que lleguen a crecer en el Agar MacConkey y se las colocan a incubar por 24 horas.

Para la identificación de las bacterias, se usan las pruebas bioquímicas TSI, LIA, Indol y citrato (Sacsquispe y Ventura. 2005. Manual de procedimiento bacteriológicos en infecciones intrahospitalarias).

**Figura 4**

*Mercado Tayajaca punto de captura de Musca domestica*

**Figura 5**

*Trampa de pegamento para Musca domestica.*



### 3.7 Análisis de datos

Para el análisis de datos se utiliza el programa de PAST para realizar las pruebas de chi cuadrado (Nazari et al.2017) y también los gráficos de box plot, dendograma y agrupamiento de datos.

### **3.8 Consideraciones éticas**

No se requiere una aprobación ética para el análisis de invertebrados. Todos los métodos se llevarán a cabo de acuerdo con las directrices y regulaciones pertinentes de las metodologías recopiladas para llevar a cabo este trabajo de investigación

#### IV. RESULTADOS

En los resultados obtenidos, se observa en la tabla 1 un total de 7 bacterias distintas presentes en la parte externa. Algunas de ellas muestran resistencia a la tetraciclina, mientras que otras son sensibles. En la tabla 2, se llevó a cabo el análisis de chi cuadrado, obteniendo un valor de 0.5735, el cual es superior a  $\leq 0.005$ . Esto sugiere la existencia de un cierto porcentaje de bacterias que podrían adquirir resistencia a la tetraciclina proveniente del entorno.

En la figura 6, se presenta un diagrama de componentes que señala que las bacterias con valores negativos son resistentes al antibiótico. Algunas bacterias demuestran sensibilidad y resistencia, con valores entre 0 y 0.1. Un ejemplo es *Proteus vulgaris*. Además, en el gráfico, se observan bacterias con valores entre 0.4 y 1.6, como *klebsiella Pneumoniae* y *Citrobacter Freundii*, que presentan un nivel de sensibilidad más común.

En la figura 7, el gráfico de barras muestra la posibilidad de adquirir resistencia o sensibilidad en distintos géneros de bacterias, con porcentajes cercanos al 50%. Algunas especies podrían ser más sensibles debido a su entorno o lugares previos del insecto. Las bacterias cercanas a valores negativos revelan una mayor sensibilidad, como *klebsiella Pneumoniae* y *Citrobacter Freundii*, con un rango de -0.4. Por otro lado, *Enterobacter Aerogenes* y *Proteus Mirabilis* presentan mayor resistencia con valores de 0.4. Las demás bacterias tienen valores intermedios, indicando una combinación de resistencia y sensibilidad.

**Tabla 1***Bacterias externas de Musca domestica*

	Chi squared
Degrees freedom:	7
Chi2:	7.3611
p (no assoc.):	0.39227
Monte Carlo p :	0.5735

Nota: Los datos muestran los resultados de pruebas de sensibilidad antimicrobiana en varias bacterias de la superficie externa de *Musca domestica*. Estos resultados reflejan la reacción de las cepas frente a distintos antibióticos. "S" denota sensibilidad, en contraste con "R" que señala resistencia.

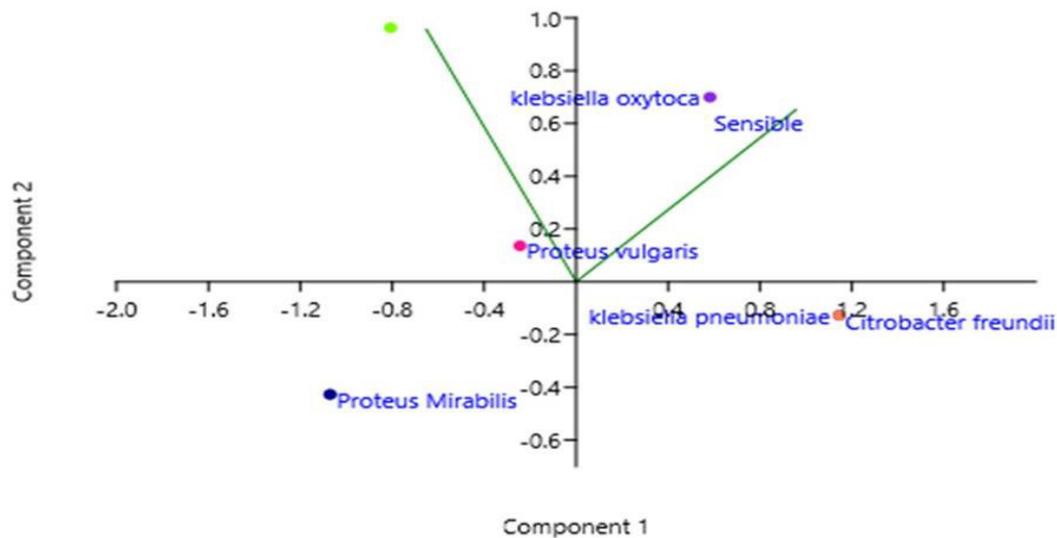
**Tabla 2***Prueba de chi cuadrado para bacterias externa de Musca domestica*

Especie de bacterias	Muestra Externa	
	cantidad	resistente/sensible
<i>klebsiella Pneumoniae</i>	2	S
	1	R
<i>klebsiella Oxytoca</i>	2	S
<i>salmonella sp</i>	2	R
	1	S
<i>Citrobacter Freundii</i>	2	S
<i>Enterobacter Aerogenes</i>	1	R
<i>Proteus Vulgaris</i>	1	S
	1	R
<i>Proteus Mirabilis</i>	1	R

Nota: se observa que el valor obtenido supera el umbral de 0.05

### Figura 6

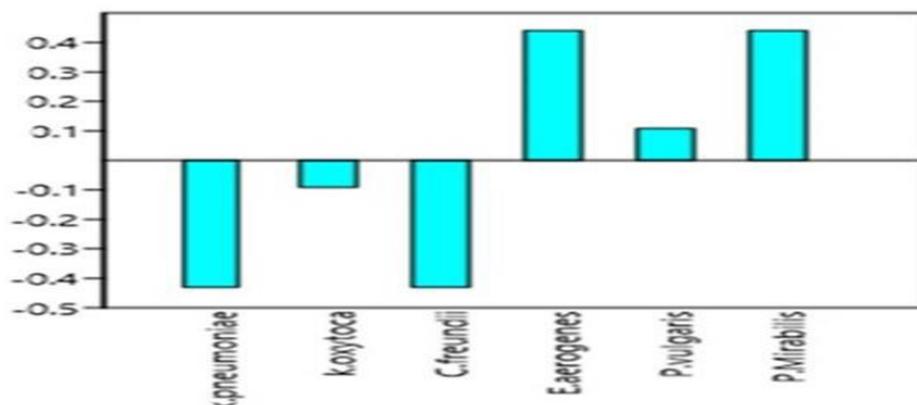
Gráfico de componentes para distribución de las bacterias externas según su sensibilidad y resistencia



Nota: En el diagrama se pueden distinguir varias distribuciones. En el caso de los valores negativos, se destaca *Proteus mirabilis*. Con una mayor sensibilidad, se puede apreciar a *Klebsiella oxytoca*, mientras que *Proteus vulgaris* exhibe una sensibilidad intermedia.

### Figura 7

Gráfico de componentes para medir los valores de la resistencia y sensibilidad de las bacterias externas



Nota: El gráfico muestra que existen bacterias con valores de resistencia entre 0.3 y 0.4, así como también bacterias con sensibilidades entre -0.3 y -0.4.

En el caso de la tabla 3, se observa un total de 8 bacterias aisladas internamente, entre las cuales también se presenta resistencia a la tetraciclina. En la tabla 4, en el análisis de chi cuadrado realizado para las bacterias internas, el resultado es un valor de 0.1075, mayor a  $\leq 0.005$ , lo que indica la presencia de un grupo significativamente resistente al antibiótico.

En la figura 8, en el gráfico de componentes, se puede apreciar el comportamiento de las distribuciones de estas bacterias. *Klebsiella oxytoca* muestra un valor de 0.45, mientras que *Citrobacter freundii* y *Shigella Sonnei* tienen un valor de 0.35. En cambio, para otras especies sensibles, se encuentran en un rango de 0.4 a 1.6, incluyendo *Salmonella sp* y *Enterobacter aerogenes*. El análisis presenta una forma aleatoria distinta debido a la cantidad de bacterias con mayor resistencia.

En la figura 9, en el diagrama, se observa que la bacteria que muestra mayor resistencia a la tetraciclina es *Klebsiella oxytoca*, mientras que *Citrobacter freundii* y *Shigella Sonnei* presentan resistencia en el rango de 0.4. En este caso, las bacterias con resistencia mantienen un rango similar debido a la cantidad obtenida.

**Tabla 3**

*Bacterias internas de Musca domestica*

Especie de bacterias	MUESTRA INTERNA	
	cantidad	resistente/sensible
<i>klebsiella oxytoca</i>	2	R
<i>salmonella sp</i>	2	S
<i>Enterobacter aerogenos</i>	2	S
<i>Escherichia coli</i>	1	R
<i>Escherichia coli</i>	1	S
<i>Proteus vulgaris</i>	2	S
<i>Citrobacter freundii</i>	1	R
<i>Shiguella Sonnei</i>	1	R

Nota: Los datos muestran los resultados de pruebas de sensibilidad antimicrobiana en varias bacterias de la parte interna de *Musca domestica*. Estos resultados reflejan la reacción de las cepas frente a distintos antibióticos. "S" denota sensibilidad, en contraste con "R" que señala resistencia.

**Tabla 4**

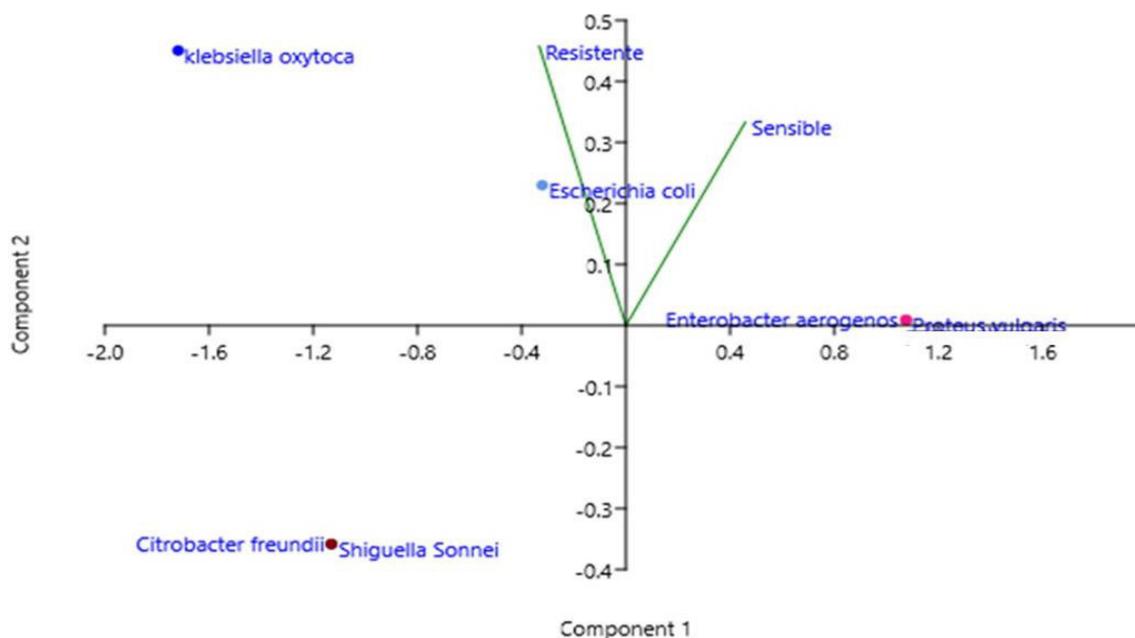
*Prueba de chi cuadrado para bacterias internas de Musca domestica*

Chi squared	
Degrees freedom:	7
Chi2:	11.822
p (no assoc.):	0.10656
Monte Carlo p :	0.1075

Nota: se observa que el valor obtenido supera el umbral de 0.05

**Figura 8**

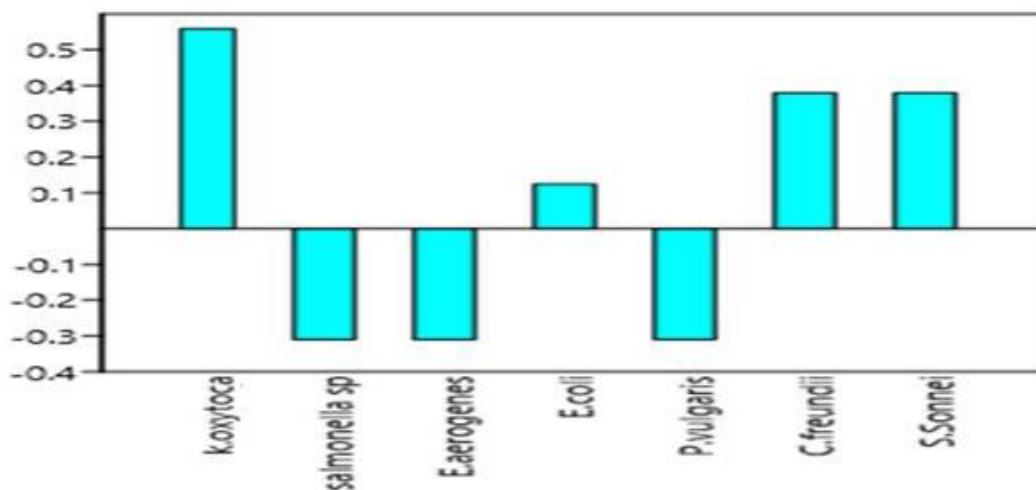
*Gráfico de componentes para distribución de las bacterias internas según su sensibilidad y resistencia*



Nota: En el diagrama, se pueden identificar diversas distribuciones. En cuanto a los valores, *Klebsiella oxytoca* refleja 0.45, mientras que tanto *Citrobacter freundii* como *Shigella Sonnei* presentan 0.35.

### Figura 9

Gráfico de componentes para medir los valores de la resistencia y sensibilidad de las bacterias internas



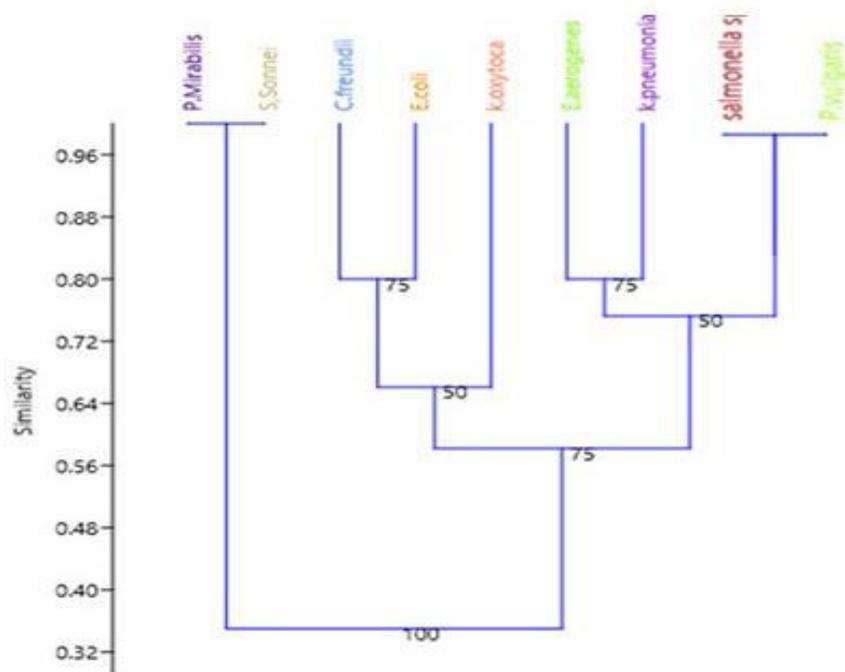
Nota: El gráfico muestra que existen bacterias con valores de resistencia entre 0.5 y 0.3, así como también bacterias con sensibilidades entre -0.3

Para la figura 10, se presenta un dendrograma que nos permite visualizar con claridad la similitud entre las bacterias tanto internas como externas. En este sentido, se pueden identificar bacterias como *Citrobacter freundii* y *Escherichia coli*, ambas con al menos un 75% de similitud. Asimismo, *salmonella sp* y *Proteus vulgaris* también comparten una similitud del 50%. Adicionalmente, se observa un valor del 50%, lo que sugiere que esta relación no es constante en todas las bacterias. Por otro lado, en el gráfico se aprecia un valor del 100%, lo que indica que estas bacterias pueden encontrarse tanto en la parte interna como en la externa. En la figura 11, se

presenta un diagrama de agrupamiento para analizar la relación entre estas bacterias y su resistencia o sensibilidad al antibiótico utilizado. En este caso, se han agrupado todas las bacterias, tanto internas como externas. El eclipse muestra una mayor inclinación hacia la resistencia, sugiriendo que es más probable encontrar bacterias resistentes a este antibiótico. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta tendencia puede variar de manera aleatoria.

**Figura 10**

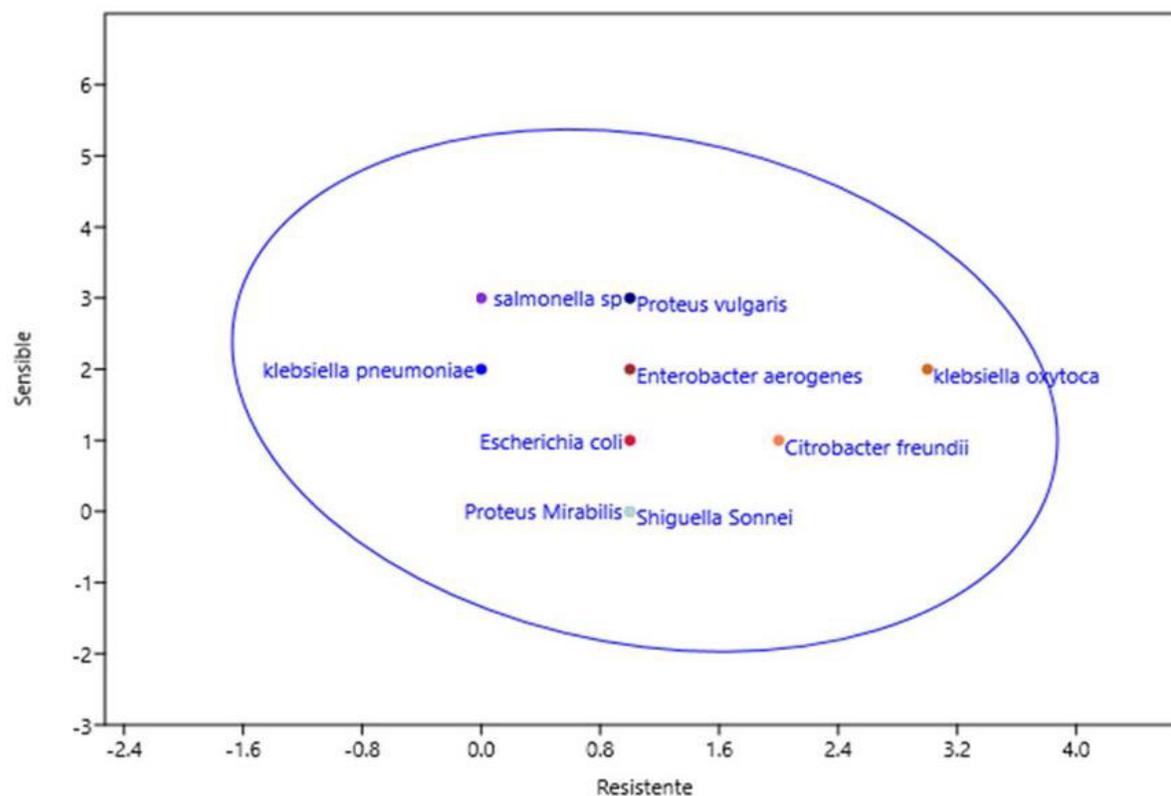
Gráfico de dendrograma para medir la similitud bacteriana externa e interna



Nota: En el dendrograma, observamos la formación de tres grupos. *Proteus mirabilis* y *Shigella sonnei* están más distantes del grupo principal, ya que son bacterias que no se encuentran habitualmente en él. Para las otras bacterias, como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Klebsiella oxytoca*, entre otras, el nivel de recurrencia es más alto

**Figura 11**

*Gráfico de agrupamiento de bacterias internas y externa respecto a la sensibilidad y resistencia a tetraciclina*



Nota: gráfico muestra una inclinación pronunciada hacia la resistencia, indicando una mayor probabilidad de hallar bacterias resistentes a este antibiótico.

En la tabla 5, se pueden observar bacterias sensibles, las cuales se evaluaron midiendo el halo formado para determinar su nivel de sensibilidad. Se agruparon bacterias similares encontradas tanto interna como externamente para realizar posteriormente un análisis estadístico con respecto al valor 0 de la tabla nos determina que hubo resistencia por parte de las bacterias. En la figura 12, se presenta un gráfico de tipo box plot con el propósito de comparar la sensibilidad de las bacterias tanto internas como externas. Sin embargo, al observar el gráfico, se aprecia que ambas muestran una similitud considerable, mostrando escasas diferencias.

En la tabla 6 muestra el resultado del test pareado de muestras en dos grupos (two sample paired-test). En el primer apartado, se obtiene un valor de 0 en la media del halo interno, mientras que para el halo externo se registra un valor de 17. Esto indica que las especies externas pueden presentar una mayor sensibilidad a los antibióticos en comparación con las bacterias internas. En cuanto a los valores del test T, se observa que la media para el primer valor del halo interno es 0.53987, mientras que para el valor externo es 0.64063. Esto también sugiere la persistencia de sensibilidad. En relación con el test de Wilcoxon, se aprecia una media del halo interno de 0.67205, mientras que para el halo externo el valor es de 0.73456. Este resultado concuerda con el nivel de confiabilidad de la prueba, lo cual respalda que las bacterias externas poseen mayor sensibilidad que las internas en *Musca domestica*.

**Tabla 5**

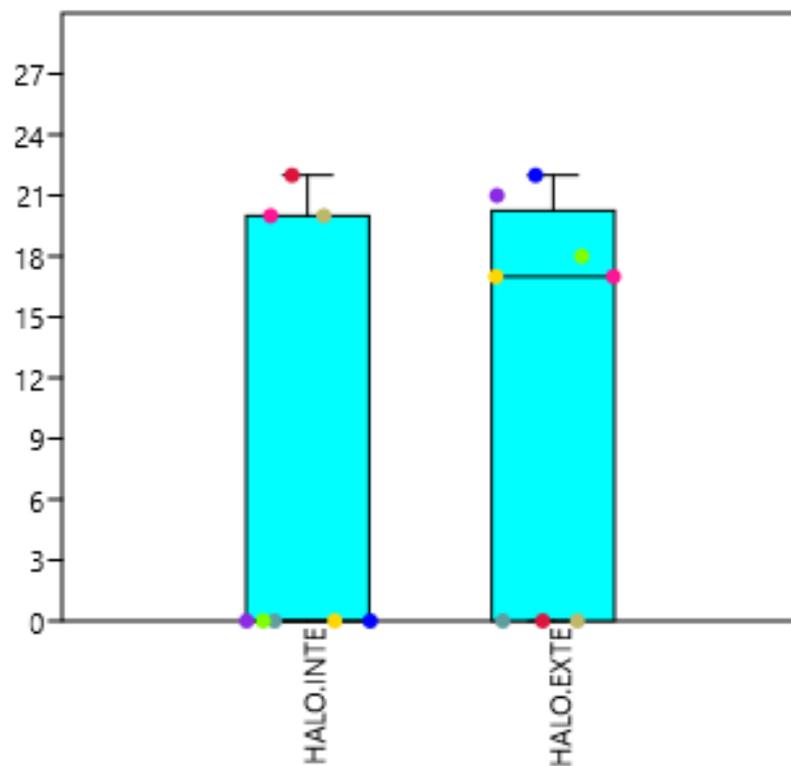
*Halo de sensibilidad de las bacterias internas y externas*

Especies	Bacterias Internas	Bacterias Externa
<i>Salmonella sp</i>	22 mm	0 mm
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0 mm	21 mm
<i>klebsiella oxytoca</i>	0 mm	0 mm
<i>Salmonella sp</i>	0 mm	18 mm
<i>klebsiella oxytoca</i>	20 mm	0 mm
<i>Citrobacter freundii</i>	20 mm	0 mm
<i>Proteus vulgaris</i>	20 mm	17 mm
<i>Proteus vulgaris</i>	0 mm	17 mm

Nota; Los datos presentan los diámetros de halos de sensibilidad de bacterias internas y externas ante distintas especies. Especies como *Salmonella sp* y *Citrobacter freundii* muestran variabilidad en halos, mientras que *Klebsiella oxytoca* y *Enterobacter aerogenes* exhiben diferencias notables entre bacterias internas y externas.

**Figura 12**

*Box plot comparación se la sensibilidad de bacterias internas y externas*



Nota: Muestra un diagrama de caja para comparar la sensibilidad de bacterias internas y externas. No obstante, al analizar el gráfico, se nota una notoria similitud entre ambas, evidenciando pocas diferencias.

**Tabla 6**

*two sample paired – test para determinar la mayor sensibilidad de las bacterias*

HALO.INTE		HALO.EXTER	
N	8		
Mean	7.75	Mean	11.875
Median	0	Median	17
<hr/>			
t test			
Mean difference	4.125	95% conf : (-11.01219.262)	
T : Exact	-0.64437	p(same mean): 0.53987	
		p(same mean): 0.64063	
Sign test			
r	4	p(same median): 1	
<hr/>			
Wilcoxon test			
W	16.5	p(same median): 0.67205	
Normal appr z	0.42333	p(same median): 0.73456	
Exact		p( same median): 0.73438	

Nota: Los datos presentan comparaciones entre dos grupos: halo interno y halo externo. El grupo halo interno tiene un promedio de 8 y una mediana de 7.75, mientras que el grupo halo externo muestra un promedio de 11.875 y una mediana de 17. Diversas pruebas estadísticas, como la prueba t y la prueba de Wilcoxon, evaluaron las diferencias entre estos grupos. Sin embargo, en todos los casos, los valores de p (indicadores de significancia) superan el umbral convencional de 0.05.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Entre los resultados obtenidos, se identificó un total de 7 bacterias diferentes en la parte externa y 8 en la parte interna. En relación a la cantidad de bacterias, se encontraron similitudes con estudios realizados en la India, donde se aplicó la misma metodología, obteniendo ciertas bacterias en común (Lintá et al., 2018). Sin embargo, en el estudio de la India, la recolección de *Musca doméstica* se realizó en diferentes áreas, como carnicerías, hospitales, mercados y residencias, logrando un total de 8 bacterias de todas estas áreas combinadas. En contraste, en el presente trabajo, la recolección se llevó a cabo en las cercanías del basurero del mercado del Agustino, obteniendo 7 bacterias en la parte externa y 8 en la parte interna. Además, se reportaron bacterias con resistencia a tetraciclina en Bangladesh, incluyendo géneros como *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.* y *Shigella sp.*, con resistencia al antibiótico (Sharmin et al., 2020). En los resultados estadísticos de las pruebas de chi cuadrado, se obtuvieron valores superiores a 0.005, lo que indica la presencia de resistencia. Esto concuerda con los hallazgos en el trabajo de la India (Nazari, et al., 2017).

En cuanto a los gráficos de componentes, se observa que las bacterias pueden variar de manera aleatoria debido a diferentes zonas de muestreo, temporadas de recolección y estaciones. Las poblaciones de bacterias también cambian durante las estaciones del año, y algunas bacterias pueden mantenerse desde su estado larval hasta su fase adulta (Speer y Salyers, 1988). Además, reportes de Corea indican la proliferación de bacterias como *Salmonella sp.*, *E. coli* y *Shigella sp.*, presentes en colectas alrededor de botes de basura y mercados (Yun et al., 2017).

En este trabajo, se lograron encontrar algunas de estas bacterias, aunque en menor proporción, ya que el estudio en Corea abarcó un total de 119 moscas domésticas en áreas de agricultura y 118 en áreas de mataderos, basureros y mercados.

Respecto al dendrograma, se evidencia que estas bacterias pueden variar considerablemente entre interiores y exteriores, y en su sensibilidad o resistencia a antibióticos. Esto podría deberse a factores como la ubicación del insecto, ya que reportes de otros países indican que pueden adquirir bacterias de múltiples lugares como restaurantes, mercados, hospitales y granjas. La frecuencia de estas bacterias puede variar en diferentes entornos, como los hospitales con mayor cantidad en comparación con entornos urbanos como mercados y botes de basura.

En la prueba two sample paired-test, se observa que las bacterias externas son más susceptibles al antibiótico que las internas, lo cual puede relacionarse con la ecología del insecto en diferentes ambientes. Además, la transferencia horizontal de genes entre patógenos bacterianos puede conducir a cambios macroevolutivos y adaptaciones a nuevos ambientes (Vinogradova et al., 2013).

El ambiente del intestino del insecto alberga microorganismos con relaciones biológicas que varían desde mutualismos hasta interacciones flexibles, lo que contribuye a cambios en la resistencia y sensibilidad de las bacterias (Grossman et al., 2012). La relación entre la bacteria y el intestino puede ser transitoria, influida por factores como la dieta y el entorno (Capinera, 2010).

## VI. CONCLUSIONES

La estrecha asociación entre la mosca doméstica y las bacterias, así como su papel en la transmisión de patógenos, la convierten en un organismo modelo ideal para estudiar la importancia y la variación de la microbiota en especies de vectores. Diversos estudios sugieren que las moscas domésticas tienen el potencial de actuar como vectores de microorganismos tanto a nivel externo como interno. Existen varias razones que respaldan la idea de que la *Musca doméstica* puede transportar microorganismos. Estos insectos poseen pelos microscópicos en todas sus partes, excepto los ojos, y estas cerdas los convierten en un vehículo óptimo para las bacterias. Su estructura corporal está evolutivamente optimizada para la dispersión de microorganismos en el entorno, siendo uno de sus mecanismos de dispersión la excreción de patógenos resistentes a través de heces y vómitos.

Por lo tanto, es crucial prestar mayor atención a estos insectos, ya que son potencialmente portadores de infecciones. Muchas de las bacterias que pueden encontrarse en estos insectos pueden provocar diversas enfermedades, y su resistencia a los antibióticos puede complicar aún más el tratamiento, haciéndolo más prolongado y difícil de combatir.

## VII. RECOMENDACIONES

Para abordar de manera integral la problemática de salud pública que representa la transmisión de enfermedades a través de moscas, es necesario fomentar la colaboración entre el municipio, el Ministerio de Salud y la universidad. Esta alianza permitiría, por un lado, implementar un sistema de vigilancia epidemiológica en la zona para detectar brotes y tomar medidas rápidamente. Por otro lado, se podrían diseñar campañas conjuntas para promover el uso racional de antibióticos tanto en humanos como en animales, con el fin de limitar el desarrollo de resistencias bacterianas. La universidad aportaría conocimientos y evidencia científica para sustentar estas políticas. De esta manera, con acciones coordinadas entre los diferentes actores, se podría incidir tanto en el control vectorial de las moscas como en la contención de la diseminación de bacterias resistentes, abordando así integralmente esta problemática que afecta la salud pública.

## VIII. REFERENCIAS

- Abdus, S., Mehedi, H., Emdadul, H., Asmaul, I.M., Ayman, N., Mohamed E. y Tanvir, R. (2019) Detección molecular y antibiotipado de multifármacos resistentes *Salmonella* Aislado de moscas domésticas en un mercado de pescado. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 2-3
- Ahmad, A., Ghosh, A., Schal, C., y Zurek, L. (2011). Insects in confined swine operations carry a large antibiotic resistant and potentially virulent enterococcal community. *BioMed Central Microbioly*, 11, 23
- Albert, MJ (2013) Susceptibilidad in vitro de *Campylobacter jejuni* de Kuwait a tigeciclina y otros agentes antimicrobianos. *Indian Journal of Medical Research* , 137, 2-3
- Amano, K. (1985). Breeding of the house fly, *Musca domestica*, (Diptera; Muscidae) in fresh dung of cattle fed on pasture grass. *Applied Entomological Zoology*, 20, 143-150.
- Amram, E., Mikula, I., Schnee, C., Ayling, R.D., Nicholas, R.A., Rosales, R.S., Harrus, S. y Lysnyansky, I. (2015). 16S rRNA gene mutations associated with decreased susceptibility to tetracycline in *Mycoplasma bovis*. *Antimicrob Agents Chemother*, 59, 796–802.
- Bassett, E.J., Keith, M.S y Armelagos. G. (1980). Tetracycline-labeled human bone from ancient Sudanese Nubia (A. D. 350). *Science* 209: 1532–1534.
- Bassett, E.J., Keith, M.S y Armelagos. G.(1980). Tetracycline-labeled human bone from ancient Sudanese Nubia (A. D. 350). *Science* 209, 1532–1534.
- Berendonk, T. U., Manaia, C. M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., Bürgmann, H., Sørum, H., Norström, M., Pons, M., N., Kreuzinger, N., Huovinen, P., Stefani, S.,

- Schwartz, T., Kisand, V., Baquero, F. y Martinez, J. L. (2015). Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, 13, 310–317
- Capinera, J. (2010). *Insects and Wildlife: Arthropods and their Relationships with Wild Vertebrate Animals*. Wiley Blackwell. ISBN-10, 1444333003.
- Castanheira, M., Mendes, R.E., Jones, R.N. (2014). Update on Acinetobacterspecies: Mechanisms of antimicrobial resistance and contemporary in vitro activity of minocycline and other treatment options. *Clinical Infectious Diseases*, 59, 367– 373.
- Davood, O., Seyed, M.H., Elahe, T. y Faham, K. (2015) Molecular detection and antimicrobial resistanceof Aeromonas from houseflies (*Musca domestica*) in Iran.*scielo*, 20,232-235
- Fontana, R., Canepari, P., Lleo, M.M. y Satta, G. (1990). Mechanisms of resistance of enterococci to beta-lactam antibiotics. *European Journal of Clinical Microbiology y Infectious Diseases*, 9,103-105
- Frost, H.M., Villanueva, A., Roth, H. y Stanislavecic, S. (1961). Experimental multiband tetracycline measurements of lamellar osteoblastic activity. *Henry Ford Hospital Medical Bulletin*. 9, 312–319.
- Goncharenko, G. G., & Galinovsky, N. G. (2009). Entomología: una guía práctica. Minsk: OOO Derecho y Conocimiento.53.
- Grossman, T.H., Starosta, A.L., Fyfe, C., O'Brien, W., Rothstein, D.M., Mikolajka, A., Wilson, D.N. y Sutcliffe, J.A. (2012). Target- and resistance-based mechanistic studies with TP-434, a novel fluorocycline antibiotic. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*,56, 2559–2564.

- Haque, ZF, Sabuj, A.A.M., Mahmud, M.M., Pongit, A., Islam, M.A. y Saha, S. (2018) Caracterización de *Staphylococcus aureus* de leche y productos lácteos vendidos en algunos mercados locales del distrito de Mymensingh en Bangladesh. *Journal of Nutrition and Food Science*, 8 (6),743
- Her Majesty Stationery Office. (1969). *Report of the Joint Committee on the Use of Antibiotics in Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. J.W. Arrowsmith, Ltd. London, United Kingdom
- Humphrey T, O'Brien, S y Madsen, M (2007) *Campilobacter* como patógenos zoonóticos: una perspectiva de la producción de alimentos. *International Journal of Food Microbiology*, 117,237-257
- Islam, K., Dana, D, Pankaj, V., Bhavin, S., Hemant, V., Ghate. T, Milind, S. P. y Yogesh S. S. (2019) Caracterización filogenética de bacterias en el intestino de las moscas domésticas (*Musca domestica* L.). *Indian Journal of Medical Research* ,137, 2-4
- Keith, M., & Armelagos, G. J. (1983). Naturally occurring dietary antibiotics and human health. En *The Anthropology of Medicine*, 1.<sup>a</sup> ed. (pp. 63-74)
- Khadori, N. (2006). Antibiotics past, present, and future. *Medical Clinics of North America*, 90(6), 1049-1076.
- Kotra, L. P., Haddad, J. Y Mobashery, S. (2000). Aminoglycosides: perspectives on mechanisms of action and resistance and strategies to counter resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* ,44, 3249-3256.

- Krafsur, E.S. (1985). Age structure and reproductive biology of a natural house fly (Diptera: Muscidae) population. *Environmental Entomology*, 14,159-164.
- Larraín, P. S. y Salas, C. F. (2008). House fly (*Musca domestica* L.) (Diptera: Muscidae) development in different types of manure. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(2),192-197.
- Linta, P., Parth, P., Bhumi, T. y Pragna, P. (2018). Isolation of pathogenic bacteria from *Musca domestica* and the effect of antibiotics, captured from Vadodara city, Gujarat. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 1369-1377.
- Lupien, A., Gingras, H., Leprohon, P. y Ouellette, M. (2015). Induced tigecycline resistance in *Streptococcus pneumonia* mutants reveals mutations in ribosomal proteins and rRNA. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 70, 2973–2980.
- Lysyk T. J. (1991). Effects of temperature, food, and sucrose feeding on longevity of the house fly (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology*, 20,1176-1180.
- Mamza, S.A., Egwu, G.O y Mshelia, G.D. (2010) Beta-lactamasa *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* aislado de los pollos en Nigeria. *Veterinaria Italiana.*, 46 (2), 155-165
- Mendes, R.E., Farrell, D.J., Sader, H.S., Streit, J.M. y Jones, R.N. (2015). Update of the telavancin activity in vitro tested against a worldwide collection of Gram-positive clinical isolates (2013), when applying the revised susceptibility testing method. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* ,81, 275–279.

- Miller B. F., Teotia, J. S. y Thatcher, T. O. (1974). Digestion of poultry manure by *Musca domestica*. *British Poultry Science*,15(2),231.
- Moellering, J.R. Y Robert, C. (1983). *In vitro* antibacterial activity of the aminoglycoside antibiotics. *Reviews of Infectious Diseases*,5(2),212-232.
- Mohammed, A.N., Abdel-Latef, G.K., Abdel-Azeem, N.M. y El Dakhly, K.M. (2016) Ecological study on antimicrobial-resistant zoonotic bacteria transmitted by flies in cattle farms. *Parasitology Research*,115
- Moritz, E. M., y P. J. Hergenrother. (2007). Toxin-antitoxin systems are ubiquitous and plasmid-encoded in vancomycin-resistant enterococci. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104,311-316.
- Nazari, M., Mehrabi, T., Hosseini, S. M., Y Alikhani, M. Y. (2017). Bacterial contamination of adult house flies (*Musca domestica*) and sensitivity of these bacteria to various antibiotics, captured from Hamadan City, Iran. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(4).
- Nichols, G.L. (2016) Fly transmission of *Campylobacter*. *Emerging Infectious Diseases*, 11 (3), 2-3
- Nicolaou, K. C., Boddy, C. N., Bräse, S., y Winssinger, N. (1999). Chemistry, Biology, and Medicine of the Glycopeptide Antibiotics. *Chemistry - A European Journal*, 38, 2096-2152.
- Okamoto, M. P., Nakahiro, R.K., Chin, A., Bedikian, A. y Gill A.M. (1994). Cefepime: a new fourth-generation cephalosporin. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 51(4),463-477.

- Onwugamba, F. C., Alexander, M., Nwaugo, V. O., Süselbeck, B. y Schaumburg, F. (2020) Antimicrobial resistant and enteropathogenic bacteria in ‘filth flies’: a cross-sectional study from Nigeria. *Scientific Reports*,10,16990
- Onwugamba, F. C., Fitzgerald, J.R., Rochon, K., Guardabassi, L., Alabi, A., Kühne, S., Grobusch, M.P. y Schaumburg, F. (2018) The role of ‘filth flies’ in the spread of antimicrobial resistance. *Travel Medicine and Infectious Disease*,10 ,49-60
- Ostrolenk, M. y Welch, H. (1942). The house fly as a vector of food poisoning organisms in food producing establishments. *American Journal of Public Health*,32(5),487–494.
- Paredes, F y Roca, J.J (2004). Acción de los antibióticos Perspectiva de la medicación antimicrobiana, *Elsevier*, 23,102-105
- Pioletti, M., Schlunzen, F., Harms, J., Zarivach, R., Gluhmann, M., Avila, H., Bashan, A., Bartels, H., Auerbach, T y Jacobi C. (2001). Crystal structures of complexes of the small ribosomal subunit with tetracycline, edeine and IF3. *The EMBO Journal*,20,1829–1839.
- Rahuma, N. (2005). Carriage by the housefly (*Musca domestica*) of multiple antibiotic-resistant bacteria that are potentially pathogenic to humans, in hospital and other urban environments in Misurata, Libya. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 99, 795–802
- Reynolds, P. E. (1989). Structure, Biochemistry and Mechanism of Action of Glycopeptide Antibiotics. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 8(11), 943-950.

- Roberts, M.C. (2005). Update on acquired tetracycline resistance genes. *FEMS Microbiology Letters*, 245,195 –203
- Sacsquispe, R., & Ventura, G. (2005). *Manual de procedimientos bacteriológicos en infecciones intrahospitalarias*, 28.
- Shaikh, B. Y Allen, E. H. (1985). Overview of physical-chemical methods for determining aminoglycoside antibiotics in tissues and fluids of food-producing animals. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*,68(5),1007-1013.
- Sharmin. A, Abdullah, M. S., Zobayda, F. H., Tanvir R. Abdul. K y Sukumar. S (2020) Detección de bacterias resistentes a los antibióticos y sus genes de resistencia. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*, 67(4),1001-1012.
- Sobur, M.A.; Sabuj, A.A.M.; Sarker, R.; Rahman, A.M.M.T.; Kabir, S.M.L y Rahman, M.T. (2019) Antibiotic-resistant *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. associated with dairy cattle and farm environment having public health significance. *Veterinary World*,12, 1-2
- Speer, B.S.y Salyers, A.A. (1988). Characterization of a novel tetracycline resistance that functions only in aerobically grown *Escherichia coli* .*Journal of Bacteriology* ,170,1423–1429
- Trieber, C.A. y Taylor, D.E. (2002). Mutations in the 16S rRNA genes of *Helicobacter pylori* mediate resistance to tetracycline. *Journal of Bacteriology* ,184,2131–214
- Vinogradova, K. A., Bulgakova, V. G., Polin, A. N., & Kozhevnikov, P. A. (2013). Microbial antibiotic resistance: Resistome, its volume, diversity and development. *Journal Name*, Volume (58), 5-6.

Wang, W. (2013). *Houseflies as Potential Vectors for Antibiotic Resistant Bacteria*. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Graduate School of The Ohio State University.

Yun, B., Jang, Y. J., Kim, Y. R., Kim, H. Y., Kim, W. I., Han, S., Kim, S. R., Ryu, J. G., & Kim, H. J. (2017). Virulence profile and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* from flies captured from agricultural environment. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 32(2), 147