



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA
AISLADAS DE HOJAS DE LECHUGA, ESPINACA, ALBAHACA Y BETERRAGA
DEL MERCADO VILLA HERMOSA, EL AGUSTINO – LIMA, PERÚ

Línea de investigación:

Microbiología, parasitología e inmunología

Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Biología

Autora

Fernandez Tello, Katia Paola

Asesora

Rodrigo Rojas, María Elena

ORCID: 0000-0002-1555-4036

Jurado

Robles Román, Margarita

Salas Asencios, Ramsés

Yana Neira, Evelin

Lima - Perú

2025

IDENTIFICACION DE BACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA AISLADAS DE HOJAS DE LECHUGA, ESPINACA, ALBAHACA Y BETERRAGA DEL MERCADO VILLA HERMOSA, EL AGUSTINO – LIMA, PERU

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|------------------------|
| 12% | 11% | 2% | 5% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | www.coursehero.com Fuente de Internet | 2% |
| 2 | Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante | 1% |
| 3 | bolsa-trabajo.upads.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | www.researchgate.net Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 6 | repositorio.unfv.edu.pe:8080 Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 9 | Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante | <1% |



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

**IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS CON RESISTENCIA A TETRACICLINA
AISLADAS DE HOJAS DE LECHUGA, ESPINACA, ALBAHACA Y BETERRAGA DEL
MERCADO VILLA HERMOSA, EL AGUSTINO – LIMA, PERÚ**

Línea de investigación:

Microbiología, parasitología e inmunología.

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora

Fernandez Tello, Katia Paola

Asesora

Rodrigo Rojas, María Elena

ORCID: 0000-0002-1555-4036

Jurado

Robles Román, Margarita

Salas Asencios, Ramsés

Yana Neira, Evelin

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada en primer lugar a Dios quien permite que cada pasó que doy en mi vida se logré satisfactoriamente y a mis padres Rosita y Juan José por confiar en mí y quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional y han sido mi motivación en mi etapa universitaria y en el día a día.

A mis hermanas por ser mi refugio, fuerza y compañía porque su amor y apoyo son el motor que me ha permitido llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Mg. María Elena Rodrigo, por sus valiosas observaciones, su paciencia, su orientación y el constante apoyo que me brindó ante cada duda que surgió a lo largo de este proceso. Su vasta experiencia ha sido fundamental y ha enriquecido mi formación durante todo este camino de investigación.

Agradezco al Laboratorio de Investigación en Biología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la UNFV, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi investigación y proporcionarme los recursos necesarios para llevar a cabo la experimentación.

Asimismo, agradezco a mi compañero de laboratorio, quien me brindó sugerencias útiles al comenzar mis trámites. Todo ello contribuyó para cumplir satisfactoriamente mi presente trabajo.

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| I. Introducción | 13 |
| 1.1. Descripción y formulación del problema | 14 |
| 1.2. Antecedentes | 15 |
| 1.3. Objetivos | 18 |
| 1.3.1. <i>Objetivo general</i> | 18 |
| 1.3.2. <i>Objetivo específico</i> | 19 |
| 1.4. Justificación | 19 |
| 1.4.1. <i>Impacto social</i> | 19 |
| 1.4.2. <i>Impacto económico</i> | 20 |
| 1.4.3. <i>Impacto ambiental</i> | 21 |
| II. Marco teórico | 23 |
| 2.1. Antibióticos | 23 |
| 2.1.1. <i>Resistencia antimicrobiana</i> | 23 |
| 2.1.2. <i>Hortalizas frescas como vehículo de contaminación bacteriana</i> | 23 |
| 2.1.3. <i>Resistencia a los antibióticos: Una amenaza para la salud pública</i> | 24 |
| 2.1.4. <i>Resistencia a la tetraciclina en bacterias aisladas de vegetales</i> | 25 |
| 2.2. Vías de contaminación y diseminación de la resistencia | 25 |
| 2.2.1. El efecto de la aplicación de antibióticos en el microbioma de los sistemas agrícolas de plantas | 26 |
| III. Método | 29 |

| | |
|---|----|
| 3.1. Tipo de investigación | 29 |
| 3.2. Ámbito espacial y temporal | 29 |
| 3.3. Variables | 29 |
| 3.3.1. <i>Variable 1</i> | 29 |
| 3.3.2. <i>Variable 2</i> | 29 |
| 3.4. Población y muestra..... | 30 |
| 3.4.1. <i>Población</i> | 30 |
| 3.4.2. <i>Muestra</i> | 30 |
| 3.4.2.1 <i>Criterios de exclusión</i> | 30 |
| 3.4.2.2 <i>Criterios de inclusión</i> | 30 |
| 3.5. Instrumentos | 30 |
| 3.6. Procedimientos | 31 |
| 3.6.1. <i>Muestreo vegetal</i> | 31 |
| 3.6.2. <i>Aislamiento e identificación bacteriana</i> | 31 |
| 3.6.3. <i>Análisis de susceptibilidad</i> | 32 |
| 3.7. Análisis de datos | 32 |
| 3.8. Consideraciones éticas | 32 |
| IX. Resultados | 33 |
| V. Discusión de resultados | 49 |
| VI. Conclusiones | 53 |
| VII. Recomendaciones | 54 |
| VIII. Referencias | 56 |
| IX. Anexos | 65 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de albahaca del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa | 33 |
| Tabla 2 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de albahaca del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa | 34 |
| Tabla 3 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado del envés de la hoja de albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 35 |
| Tabla 4 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado del haz de la hoja de albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 35 |
| Tabla 5 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas de albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 35 |
| Tabla 6 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de lechugas del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa | 36 |
| Tabla 7 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de lechugas del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa | 37 |
| Tabla 8 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina en el envés de hojas lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa | 38 |
| Tabla 9 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina en el haz de hojas lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa | 38 |
| Tabla 10 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas de lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa | 38 |
| Tabla 11 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas de hojas de espinaca del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Tabla 12 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de espinaca del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa..... | 40 |
| Tabla 13 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislados del envés de hojas de espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 41 |
| Tabla 14 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislados del haz de hojas de espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 41 |
| Tabla 15 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas de espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa | 41 |
| Tabla 16 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislados de hojas del envés y haz de hojas de beterraga del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa..... | 42 |
| Tabla 17 Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislados de hojas del envés y haz de hojas de beterraga del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa..... | 43 |
| Tabla 18 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislados del envés de hojas de beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 44 |
| Tabla 19 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislados del haz de hojas de beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 44 |
| Tabla 20 Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas de beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa..... | 44 |
| Tabla 21 <i>Frecuencias de bacterias resistentes a tetraciclina del haz y envés en el primer puesto del mercado Villa Hermosa</i> | 45 |
| Tabla 22 <i>Frecuencias de bacterias resistentes a tetraciclina del haz y envés en el segundo puesto del mercado Villa Hermosa</i> | 46 |

Tabla 23 *Frecuencias de bacterias presentes en el haz y envés de los dos puestos del*

mercado Villa Hermosa47

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Efecto de la aplicación de antibióticos en el microbioma en sistemas agrícolas de huertos de plantas | 27 |
|---|----|

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo A. Flujograma sobre la metodología de preparación e inoculación de Agar Mueller-Hinton..... | 64 |
| Anexo B. Flujograma sobre la metodología de inoculación de microorganismos aislados en Agar Mueller-Hinton..... | 66 |
| Anexo C. Fotografías del proceso experimental..... | 67 |
| Anexo D. Fotografías de los medios de cultivo y pruebas bioquímicas para identificación bacteriana..... | 68 |
| Anexo E. Fotografías de procedimiento de análisis de susceptibilidad..... | 69 |
| Anexo F. Fotografías de Halos de inhibición | 70 |
| Anexo G. Halos de inhibición obtenidos del análisis por duplicado de cada puesto del Mercado Villa Hermosa | 71 |

RESUMEN

La resistencia a los antibióticos (RA) en bacterias asociadas a hortalizas de consumo crudo constituye un desafío creciente para la salud pública. En este estudio se identificaron bacterias resistentes a tetraciclina en hojas de lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y beterraga (*Beta vulgaris*) comercializadas en dos puestos del mercado Villa Hermosa (El Agustino, Lima, Perú). Se recolectaron 64 muestras (4 muestras de cada especie vegetal \times 2 puestos \times 4 muestras de hojas \times 2 (haz y envés)), se aislaron bacterias en agar MacConkey y se identificaron mediante pruebas bioquímicas (TSI, Citrato de Simmons, LIA). La susceptibilidad a tetraciclina (30 μ g) se evaluó por difusión en disco en agar Mueller–Hinton, registrándose los diámetros de halo (mm) e interpretando según criterios estandarizados. Se identificaron especies de relevancia clínica como *Citrobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Proteus* sp., *Salmonella* sp. y *Escherichia coli*, con patrones de resistencia variables entre puestos y superficies foliares (haz/envés). Los análisis de Chi-cuadrado evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia de resistencia para varias combinaciones hortaliza–superficie, destacando la heterogeneidad de los perfiles de RA en el mercado. Estos hallazgos confirman que las hortalizas evaluadas actúan como reservorios de bacterias resistentes a tetraciclina y sugieren la necesidad de reforzar las prácticas de higiene y la vigilancia microbiológica en la cadena de producción y comercialización de alimentos frescos.

Palabras clave: resistencia antimicrobiana; hortalizas; Enterobacteriaceae; tetraciclina

ABSTRACT

Antibiotic resistance (AR) in bacteria associated with raw vegetables is a growing public health challenge. This study identifies tetracycline-resistant bacteria in leaves of lettuce (*Lactuca sativa*), spinach (*Spinacia oleracea*), basil (*Ocimum basilicum*), and beetroot (*Beta vulgaris*) sold at two stalls in the Villa Hermosa market (El Agustino, Lima, Peru). Sixty-four samples were collected (4 samples of each plant species \times 2 stalls \times 4 leaf samples \times 2 (upper and lower surfaces)), bacteria were isolated on MacConkey agar, and identified using biochemical tests (TSI, Simmons Citrate, LIA). Susceptibility to tetracycline (30 μ g) was assessed by disk diffusion on Mueller-Hinton agar, recording the halo diameters (mm) and interpreting them according to standardized criteria. Clinically relevant species such as *Citrobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Proteus* sp., *Salmonella* sp., and *Escherichia coli* were identified, with variable resistance patterns between locations and leaf surfaces (adaxial/abaxial). Chi-square analyses revealed statistically significant differences in resistance frequency for various vegetable-surface combinations, highlighting the heterogeneity of antimicrobial resistance (AR) profiles in the market. These findings confirm that the evaluated vegetables act as reservoirs for tetracycline-resistant bacteria and suggest the need to strengthen hygiene practices and microbiological surveillance throughout the fresh food production and marketing chain.

Keywords: antimicrobial resistance; vegetables; Enterobacteriaceae; tetracycline

I. INTRODUCCION

Los vegetales de hoja y otras hortalizas frescas, frecuentemente consumidos crudos o con mínimo procesamiento, aportan nutrientes esenciales, pero también pueden vehicular microorganismos patógenos y bacterias resistentes a antibióticos (BRA). La creciente demanda de alimentos "listos para consumir" ha intensificado la atención sobre su inocuidad, dado que brotes por *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* y *Listeria monocytogenes* se han asociado a hojas verdes (Hölzel et al., 2018).

En este contexto, la resistencia a los antibióticos (RA) emerge como una de las mayores crisis de salud pública a nivel global. Esta resistencia es consecuencia directa del uso generalizado de antibióticos en medicina humana y prácticas agrícolas. Las bacterias desarrollan y diseminan resistencia mediante mutaciones genéticas o transferencia horizontal de genes, permitiendo rápida propagación de estas características en diversas poblaciones bacterianas. Los alimentos, particularmente los vegetales crudos, constituyen un vehículo crucial para la transmisión de BRA y genes de resistencia (ARG) del ambiente a los humanos (Mohapi et al., 2025).

La tetraciclina, antibiótico policétido que inhibe la síntesis proteica bacteriana, se ha empleado en agricultura para control de enfermedades vegetales desde 1950. Aunque algunos estudios sugieren que la resistencia a tetraciclina podría ser menor comparada con otros antibióticos, se ha observado que muchas bacterias aisladas de vegetales crecen en concentraciones que superan dosis terapéuticas típicas en humanos. La resistencia a tetraciclina es característica común entre bacterias de productos frescos, con estudios que reportan frecuencia del 84% de aislamientos resistentes. Los mecanismos de resistencia, como sistemas de eflujo o proteínas protectoras ribosomales, son frecuentes y se diseminan mediante transferencia genética. Preocupa que compuestos como tetraciclina puedan ser absorbidos por

vegetales como lechuga, espinaca y col a través de sus raíces desde medios de cultivo (Reynolds, 2012).

Considerando la relevancia de esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo identificar bacterias resistentes a tetraciclina aisladas de hojas de lechuga, espinaca, albahaca y beterraga del mercado Villa Hermosa (El Agustino, Lima, Perú). Los hallazgos contribuirán a mejor comprensión de la frecuencia y perfiles de resistencia a tetraciclina en bacterias asociadas a vegetales de consumo común en la región, subrayando la importancia de monitorear la calidad microbiológica de estos alimentos para mitigar riesgos para la salud pública.

1.1. Descripción y formulación del problema

Los vegetales de hoja verde y otros productos frescos se han consolidado como elementos fundamentales de la dieta moderna, valorados por su aporte nutricional y conveniencia, consumidos frecuentemente crudos o con procesamiento mínimo (Gudda et al., 2023). Esta tendencia, impulsada por mayor demanda de alimentos "listos para consumir", también ha incrementado preocupaciones sobre su potencial como vehículos de patógenos transmitidos por alimentos. Se estima que las enfermedades transmitidas por alimentos causan millones de infecciones, hospitalizaciones y miles de muertes anualmente, con cifras que pueden aproximarse a niveles históricos al incluir patógenos no identificados.

La resistencia a los antibióticos (RA) representa una de las mayores amenazas para la salud pública global (Van et al., 2020). Este fenómeno se ve exacerbado por el uso generalizado e inadecuado de antibióticos en medicina humana y, significativamente, en agricultura (Centers for Disease Control and Prevention, 2019). Las bacterias adquieren resistencia mediante mutaciones genéticas o transferencia horizontal de genes, permitiendo rápida propagación de estas características. Los alimentos, particularmente vegetales crudos, han sido identificados

como mecanismo potencial para transmisión de BRA y sus genes de resistencia (ARG) del ambiente a humanos mediante consumo.

La multirresistencia a antibióticos (MDR) constituye preocupación considerable. Más de dos tercios de aislamientos bacterianos mostraron resistencia a múltiples antibióticos, con 15.8% resistente a cuatro antibióticos evaluados (Reynolds, 2012). En estudios recientes, 79% de aislamientos de vegetales frescos mostraron MDR a tres o más clases de antibióticos, incluyendo β -lactámicos, cloranfenicol, tetraciclina, aminoglucósidos y macrólidos (Mohapiet al., 2025).

La presencia de bacterias multirresistentes en vegetales representa problema significativo de salud pública, ya que la ingestión de estos microorganismos podría resultar en transmisión de resistencia a patógenos o bacterias comensales presentes en el cuerpo humano, haciendo ineficaces los tratamientos antibióticos, especialmente para individuos inmunocomprometidos.

¿Existen bacterias con resistencia a tetraciclina aisladas de lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y beterraga (*Beta vulgaris*), comercializadas en el mercado Villa Hermosa, El Agustino – Lima, Perú?

1.2. Antecedentes

Mohapi et al. (2025). El estudio evaluó los perfiles de resistencia antimicrobiana en bacterias aisladas de espinaca (*Spinacia oleracea*) y repollo (*Brassica oleracea*) recolectados en la provincia de Free State. Se identificaron 38 aislamientos de 10 especies bacterianas, siendo las más frecuentes *Escherichia coli* (18.4%), *Burkholderia cepacia* (15.8%), *Pseudomonas luteola* (15.8%), *Staphylococcus aureus* (13.2%) y *Serratia marcescens* (10.5%). Los resultados mostraron una alta resistencia a antibióticos, especialmente a tetraciclina (84%) y penicilina (71%). Además, el 79% de los aislamientos resistentes presentó multirresistencia (MDR) a varias clases de antibióticos como β -lactámicos, cloranfenicol,

tetraciclinas, aminoglucósidos y macrólidos. El estudio resalta la importancia de vigilar la calidad microbiológica de los vegetales de hoja, ya que pueden ser portadores de bacterias resistentes a antibióticos con riesgo para la salud humana.

Poeys-Carvalho y Gonzalez (2023). Los vegetales son esenciales en la dieta humana, pero se han reportado cada vez más aislamientos de Enterobacteriaceae resistentes a antimicrobianos en ellos. Este grupo de bacterias Gram negativas puede ser comensal, patógeno intestinal u oportunista extraintestinal, y las infecciones extraintestinales son preocupantes por la resistencia antimicrobiana (AMR). Los β -lactámicos, ampliamente usados por su eficacia y baja toxicidad, han perdido efectividad frente a Enterobacteriaceae resistentes. Una revisión de literatura (2018–2023) identificó 37 estudios que confirman la presencia en vegetales de cepas productoras de β -lactamasas de espectro extendido (ESBLs), β -lactamasas AmpC y carbapenemasas. Esto demuestra que los vegetales pueden actuar como vectores de bacterias resistentes a β -lactámicos, favoreciendo la diseminación de mecanismos de resistencia antes limitados al entorno hospitalario.

Hölzel et al. (2018). Los vegetales, aunque reconocidos como alimentos saludables y de baja densidad energética, pueden ser fuente de enfermedades transmitidas por alimentos al consumirse crudos. Un riesgo particular es la presencia de bacterias resistentes a antibióticos.

La revisión analiza el estado actual del conocimiento sobre la exposición humana a estas bacterias a través de alimentos de origen vegetal, incluyendo identificación de peligros, caracterización, evaluación de exposición y estrategias de prevención. Estudios han demostrado que los vegetales pueden actuar como vehículos de transmisión —aunque poco frecuentes— de patógenos resistentes como *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*, *E. coli* (incluyendo cepas con ESBLs y mcr-1), *Pseudomonas aeruginosa* resistente a colistina y carbapenémicos, así como enterococos y estafilococos resistentes a linezolid, vancomicina y tetraciclina. Se evidencian importantes vacíos de conocimiento que limitan la evaluación de

riesgos, especialmente la falta de datos cuantitativos comparables, información sobre fuentes de contaminación distintas al agua de riego, fertilizantes orgánicos y suelo, y la ausencia de estudios de dosis–respuesta que permitan estimar de forma precisa el riesgo real para la salud humana.

Nkhebenyane et al. (2024). Este estudio realizó una revisión sistemática y metaanálisis (2014–2024) sobre la prevalencia mundial de Enterobacteriaceae productoras de β -lactamasas de espectro extendido (ESBL-E) en vegetales. De 1802 artículos revisados, se analizaron 63, con un total de 2762 aislamientos. La prevalencia global estimada (PPE) de ESBL-E fue 11.9%, con alta heterogeneidad. El gen blaSHV resultó el más frecuente (42.8%), seguido de blaAmpC (4.3%). A nivel regional, España mostró una frecuencia alta (28.4%), China la más baja (6.4%) y Sudamérica presentó la cifra continental más elevada (19.4%). Además, la prevalencia aumentó en los últimos años: 9.0% (2018–2019), 9.8% (2020–2021) y 15.9% (2022–2024). Los resultados confirman que los vegetales son reservorios importantes de bacterias resistentes, representando un riesgo para la salud si se consumen crudos o mal lavados. Se enfatiza la necesidad de reforzar la inocuidad alimentaria y la vigilancia epidemiológica para mitigar la propagación de la resistencia antimicrobiana en los sistemas alimentarios.

Chelaghma et al. (2021). La resistencia antibacteriana es una de las principales amenazas para la salud pública según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) y preocupa especialmente la aparición de resistencia a β -lactámicos y colistina en bacterias Gram negativas. Estas bacterias no solo se encuentran en entornos hospitalarios, sino también en vegetales y frutas, los cuales, al consumirse crudos, representan un riesgo de enfermedad transmitida por alimentos. Los productos frescos pueden actuar como reservorios de bacterias resistentes, incluidas aquellas que producen β -lactamasas de espectro extendido (ESBLs), cefalosporinasas, carbapenemasas y las portadoras del gen mcr mediado por plásmidos. La revisión presenta un panorama de la evidencia científica disponible sobre la presencia de estos

mecanismos de resistencia en frutas y vegetales, destacando además las vías de contaminación que explican cómo los productos frescos pueden convertirse en vehículos de transmisión de bacterias resistentes.

Muñoz et al. (2013). El estudio tuvo como objetivo evaluar la contaminación fecal en tres verduras de consumo crudo (lechuga, col y espinaca) expendidas en cuatro mercados mayoristas de Lima, Perú (La Parada, Ramón Castilla, Ceres y Caquetá). Se recolectaron 180 muestras en total y se analizaron mediante el método del Número Más Probable para coliformes fecales y *Escherichia coli* tipo I, así como la prueba de presencia/ausencia para *Salmonella*. Los resultados evidenciaron que el 18.9% de las verduras presentaron niveles de coliformes fecales superiores a lo recomendado por la ICMSF, siendo la espinaca el vegetal más contaminado. El mercado de La Parada mostró la mayor proporción de contaminación (22.2%), mientras que el 2.2% de las muestras del mercado Caquetá presentó niveles elevados de *E. coli* tipo I. Asimismo, un 10% de las verduras analizadas resultó positivo para *Salmonella spp.*, con predominio en la col. Estos hallazgos indican un riesgo significativo para la salud pública asociado al consumo de verduras crudas en Lima.

Alvarado (2021). El estudio evaluó la presencia de coliformes totales y fecales en lechugas comercializadas en los mercados “La Unión” y “San Martín” del distrito de Parcona, Ica. Se analizaron 48 muestras recolectadas aleatoriamente, aplicando el método del Número Más Probable (NMP) según la NOM-112-SSA1-1994, contrastando los resultados con la norma sanitaria peruana NTS N°071-MINSA/DIGESA-V.01. Los resultados mostraron que el 100 % de las lechugas superaron el límite máximo permisible para coliformes totales, con un promedio de $6,1 \times 10^3$ NMP/g, mientras que el 56,3 % presentó niveles inaceptables de coliformes fecales (3×10^2 NMP/g). Se concluye que la lechuga analizada representa un riesgo sanitario para los consumidores al no cumplir con los estándares de inocuidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar bacterias con resistencia a tetraciclina en hojas de lechuga, espinaca, albahaca y beterraga, comercializadas en el mercado Villa Hermosa, (El Agustino, Lima).

1.3.2. Objetivos específicos

- Recolectar y trasladar hojas de lechuga, espinaca, albahaca y beterraga del mercado Villa Hermosa bajo condiciones estandarizadas de muestreo y cadena de frío, a fin de obtener muestras para el aislamiento de bacterias con resistencia a tetraciclina.
- Aislar e identificar bacterias presentes en muestras de lechuga, espinaca, albahaca y beterraga comercializadas en dos puestos del mercado Villa Hermosa, El Agustino.
- Determinar el perfil de susceptibilidad a tetraciclina de las bacterias aisladas mediante antibiograma por difusión en disco.
- Comparar la frecuencia de bacterias resistentes a tetraciclina entre dos puestos de venta y superficies foliares del mercado Villa Hermosa, (El Agustino – Lima).

1.4. Justificación

La creciente preocupación por la seguridad alimentaria y la propagación de la resistencia a los antibióticos (RA) hacen que la investigación propuesta, "identificación de bacterias con resistencia a tetraciclina aisladas de hojas de lechuga, espinaca, albahaca y beterraga del mercado Villa Hermosa, El agustino – Lima, Perú", sea de vital importancia. Este estudio aborda una problemática multifacética con repercusiones significativas en la salud pública, la economía y el medio ambiente.

1.4.1. Impacto Social

La salud pública es el principal beneficiario de esta investigación. Los vegetales de hoja verde y otros productos frescos, como la lechuga, espinaca, albahaca y beterraga, son

componentes esenciales de la dieta, a menudo consumidos crudos o mínimamente procesados, lo que los convierte en potenciales vehículos de patógenos transmitidos por los alimentos y bacterias resistentes a antibióticos (BRA). Se estima que las enfermedades transmitidas por alimentos causan millones de infecciones, hospitalizaciones y miles de muertes anualmente en los Estados Unidos, con cifras que pueden ser aún mayores al incluir patógenos no identificados. Brotes de patógenos como *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* y *Listeria monocytogenes* se han asociado con vegetales de hoja verde (Phares et al., 2020).

La resistencia a los antibióticos (RA) es una de las mayores crisis de salud pública a nivel global. La ingestión de bacterias resistentes a través de alimentos puede facilitar la transferencia de genes de resistencia (ARGs) a patógenos o bacterias comensales ya presentes en el cuerpo humano, haciendo que los tratamientos antibióticos sean ineficaces. Esto es especialmente peligroso para personas inmunocomprometidas. Anualmente, se estima que al menos 2 millones de personas en Estados Unidos se infectan con bacterias resistentes a antibióticos, y al menos 23,000 mueren como resultado directo de estas infecciones. En Europa, un estudio de 2007 estimó 386,000 infecciones por bacterias multirresistentes (MDR) y 25,000 muertes. La tetraciclina, un antibiótico utilizado en este estudio, ha sido ampliamente empleada, y se ha detectado resistencia significativa a ella en bacterias aisladas de vegetales (Tadesse et al., 2017).

Este estudio contribuirá directamente a la seguridad alimentaria de los consumidores en El Agustino, Lima, Perú, al identificar la presencia y los perfiles de resistencia a tetraciclina en bacterias de vegetales de consumo común. Esta información es crucial para desarrollar estrategias de mitigación que protejan la salud pública y aumenten la conciencia sobre la importancia de la calidad microbiológica de los alimentos. El conocimiento generado ayudará a las autoridades de salud y a los consumidores a tomar decisiones informadas, promoviendo una cadena alimentaria más segura (Msimango et al., 2023).

1.4.2. Impacto Económico

El fenómeno de la resistencia a los antibióticos y las enfermedades transmitidas por alimentos tienen un costo económico considerable. La morbilidad y mortalidad asociadas con infecciones resistentes a antibióticos generan una carga financiera significativa en los sistemas de salud debido a tratamientos más largos, hospitalizaciones prolongadas y la necesidad de medicamentos más costosos o de último recurso. Las enfermedades transmitidas por alimentos conllevan gastos médicos directos e indirectos, incluyendo la pérdida de productividad laboral y los costos de investigación de brotes (Njage y Buys. 2015).

La detección de bacterias resistentes a antibióticos en productos agrícolas puede afectar la confianza del consumidor y, consecuentemente, la demanda y el valor de los productos. Un estudio que revele la frecuencia de RA podría alertar sobre prácticas agrícolas o de comercialización que requieran ajustes, lo que, a largo plazo, podría mejorar la competitividad y la reputación de los mercados locales. La identificación temprana de problemas de resistencia en la cadena de suministro de vegetales puede evitar cierres de mercados o la retirada de productos a gran escala, lo que representa pérdidas económicas significativas para agricultores y comerciantes. La prevención de la propagación de BRA y ARGs, y por ende de enfermedades, representa un ahorro sustancial en costos de atención médica y permite una fuerza laboral más sana y productiva. El aumento proyectado en el uso de antibióticos a nivel mundial para 2030, con un incremento de hasta el 67%, especialmente en países como Sudáfrica, China, Brasil, India y Rusia, subraya la presión económica futura si la resistencia no se controla (Ratshilingano et al., 2022).

1.4.3. Impacto Ambiental

La conexión entre la agricultura, el medio ambiente y la resistencia a los antibióticos es un pilar fundamental del enfoque "Una Salud" (One Health), que reconoce la interdependencia

de la salud humana, animal y ambiental. El uso generalizado de antibióticos en la agricultura, tanto para animales como para plantas, conduce a la liberación de estos compuestos y sus genes de resistencia en el medio ambiente. Se estima que hasta el 50% de los 23 millones de kilogramos de antibióticos utilizados anualmente en los Estados Unidos se destina a fines agrícolas. Los antibióticos como la tetraciclina se han utilizado en plantas desde 1950 (Richter et al., 2019).

La contaminación del suelo y el agua de riego con residuos de antibióticos y bacterias resistentes es una preocupación importante. Los estudios demuestran que entre el 30% y el 90% de los antimicrobianos administrados a los animales se excretan en sus heces u orina, lo que, al usarse como fertilizante (estiércol), puede transferir bacterias resistentes a los cultivos. Además, los antibióticos pueden ser absorbidos por las raíces de vegetales como la lechuga, el repollo y la espinaca desde el medio de crecimiento. Las bacterias endofíticas resistentes, que viven dentro del tejido vegetal y no pueden eliminarse con el lavado, también representan un riesgo. El suelo actúa como un gran reservorio de determinantes de resistencia a los antibióticos (Mohapi et al., 2024).

Al identificar la frecuencia de bacterias resistentes a tetraciclina en los vegetales de mercados locales, esta investigación proporcionará datos cruciales para entender el papel de los sistemas de producción y las prácticas de comercialización en la diseminación ambiental de la resistencia a los antibióticos en la región de El Agustino, Lima. Los resultados pueden influir en la implementación de mejores prácticas agrícolas y de higiene en la cadena de producción, minimizando la transferencia de resistencia desde el ambiente agrícola a los alimentos y, finalmente, a los humanos. Esto es vital para preservar la eficacia de los antibióticos y proteger la biodiversidad microbiana del suelo y el agua.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antibióticos

Los antibióticos constituyen un grupo de medicamentos diseñados para tratar infecciones causadas por diversos agentes patógenos, que abarcan tanto bacterias como ciertos parásitos. Un parásito se define como un microorganismo que necesita vivir en o dentro de otro organismo, conocido como anfitrión. Cabe destacar que los antimicrobianos no son efectivos contra infecciones virales, como el resfriado común o la gripe (Malik et al. 2023).

2.1.1. Resistencia antimicrobiana

La resistencia a los antimicrobianos se caracteriza por la habilidad de un microorganismo para contrarrestar los efectos de los antibióticos. Esta resistencia puede ser una característica innata de la bacteria o desarrollarse durante el transcurso de una infección (Giono-Cerezo et al., 2020).

2.1.2. Hortalizas frescas como vehículo de contaminación bacteriana

En los últimos años, el consumo de hortalizas frescas ha aumentado significativamente debido a su percepción como alimentos saludables y de baja densidad energética. La creciente demanda de productos "listos para consumir" y mínimamente procesados, como las ensaladas preenvasadas, ha llevado a un mayor escrutinio de su calidad microbiológica. Sin embargo, dado que estos productos a menudo se consumen crudos, pueden actuar como una fuente de enfermedades transmitidas por alimentos (Akhter et al., 2023).

Estudios han demostrado que las hortalizas de hoja verde, como la lechuga y la espinaca, pueden albergar una diversa carga microbiana. La superficie de las hojas, conocida como filósfera, constituye un hábitat propicio para la colonización de numerosas bacterias. Estos microorganismos pueden ser epífitos, que residen en la superficie y pueden eliminarse parcialmente con el lavado, o endófitos, que se internalizan en los tejidos de la planta y no pueden eliminarse mediante procedimientos de lavado o desinfección superficial. La presencia

de bacterias endófitas resistentes a los antibióticos es particularmente preocupante, ya que el consumo de estas hortalizas podría facilitar la transferencia de resistencia a la microbiota intestinal humana. (Kon et al., 2023)

Se ha identificado una amplia gama de bacterias en hortalizas, incluyendo patógenos oportunistas como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas luteola* y *Citrobacter freundii*. La contaminación puede ocurrir en diversas etapas, desde el cultivo hasta el consumo, y las superficies cortadas en las hojas pueden liberar nutrientes que estimulan el crecimiento de estos microorganismos. (Lee et al., 2021)

2.1.3. Resistencia a los antibióticos: Una amenaza para la salud pública

La resistencia a los antibióticos es reconocida como una crisis de salud global que ejemplifica el enfoque "Una Sola Salud" (One Health), el cual interconecta la salud humana, animal y ambiental. Se produce cuando las bacterias adquieren la capacidad de sobrevivir a tratamientos con antibióticos, ya sea mediante mutaciones genéticas o por transferencia horizontal de genes. Los mecanismos que utilizan las bacterias para resistir incluyen bombas de eflujo (que expulsan el antibiótico de la célula), la modificación enzimática del antibiótico para inactivarlo y la alteración del sitio diana al que el antibiótico se une. (Montero et al., 2021)

Las hortalizas frescas son un reservorio documentado de bacterias resistentes a los antibióticos (BRA) y de genes de resistencia a los antibióticos (GRA). La ingestión de estos productos crudos o insuficientemente lavados representa una vía potencial de exposición para los consumidores. La resistencia a múltiples fármacos (MDR), definida como la resistencia a tres o más clases de antibióticos, es una característica común en las bacterias aisladas de vegetales. Un estudio encontró que el 79% de los aislados resistentes eran MDR, mientras que otro reportó que más de dos tercios de los aislados bacterianos mostraban resistencia a múltiples antibióticos. (Nayme et al., 2017)

2.1.4. Resistencia a la tetraciclina en bacterias aisladas de vegetales

La tetraciclina pertenece a la clase de antibióticos policétidos y su mecanismo de acción consiste en la inhibición de la síntesis de proteínas al unirse a la subunidad 30S del ribosoma bacteriano, impidiendo que el aminoacil-tRNA se acople y, por tanto, deteniendo el crecimiento de la cadena peptídica. Históricamente, antibióticos como la tetraciclina y la estreptomicina se han utilizado en la agricultura desde la década de 1950 para tratar enfermedades en diversas plantas de cultivo. Diversos estudios han confirmado la presencia de resistencia a la tetraciclina en bacterias aisladas de hortalizas. (Nayme et al., 2017)

Una investigación en Sudáfrica encontró que el 84% de los aislados bacterianos de espinaca y repollo mostraron resistencia a la tetraciclina (Ojer-Usoz et al., 2017). Otro estudio, aunque reportó que la tetraciclina generaba menos resistencia en comparación con la ampicilina, señaló que muchos aislados crecían en concentraciones de tetraciclina que excedían una dosis humana típica. Además, se ha demostrado que compuestos como la tetraciclina pueden ser absorbidos por las raíces de hortalizas como la lechuga, el repollo y la espinaca desde el medio de cultivo, acumulándose en los tejidos de la planta. (Shastry et al., 2021)

Los mecanismos de resistencia a la tetraciclina más comunes son los sistemas de eflujo dependientes de energía que expulsan el antibiótico de la célula y las proteínas de protección ribosomal que impiden que la tetraciclina se una a su sitio diana. Estos mecanismos suelen ser codificados por genes que se pueden transferir horizontalmente entre bacterias (Sökmen y Özpınar. 2016).

2.2. Vías de contaminación y diseminación de la resistencia

La contaminación de las hortalizas con bacterias resistentes a los antibióticos puede ocurrir a través de múltiples vías a lo largo de la cadena de producción.

Uso agrícola de estiércol y agua de riego: El uso extensivo de antibióticos en la ganadería contribuye a la selección de bacterias resistentes en los animales, las cuales son

excretadas en sus heces. El estiércol, utilizado como fertilizante, especialmente en la agricultura orgánica, es una fuente reconocida de bacterias resistentes y genes de resistencia que pueden transferirse directamente al suelo y a los cultivos. Del mismo modo, el agua de riego contaminada es una vía principal de contaminación de los productos agrícolas. (Soré et al., 2020)

Suelo como reservorio es considerado un gran reservorio de determinantes de resistencia a los antibióticos, ya que alberga microorganismos que producen antibióticos de forma natural, además de recibir bacterias resistentes a través del estiércol y el agua. (Toh et al., 2018)

Contaminación postcosecha la manipulación humana durante la cosecha, el procesamiento, el empaque y la venta es otra fuente importante de contaminación. Prácticas de higiene deficientes por parte de los manipuladores de alimentos pueden introducir patógenos como *Staphylococcus aureus* y *E. coli* en los productos frescos. (Van et al., 2015)

La investigación propuesta sobre la identificación de bacterias resistentes a la tetraciclina en hortalizas del mercado Villa Hermosa en El Agustino, Lima, es de gran relevancia para la salud pública. Este estudio permitirá evaluar el riesgo potencial para los consumidores locales y aportará datos valiosos sobre la frecuencia de la resistencia a antibióticos en la cadena alimentaria de una zona urbana específica, contribuyendo a la vigilancia y al desarrollo de estrategias de inocuidad alimentaria (Vázquez-López et al., 2018).

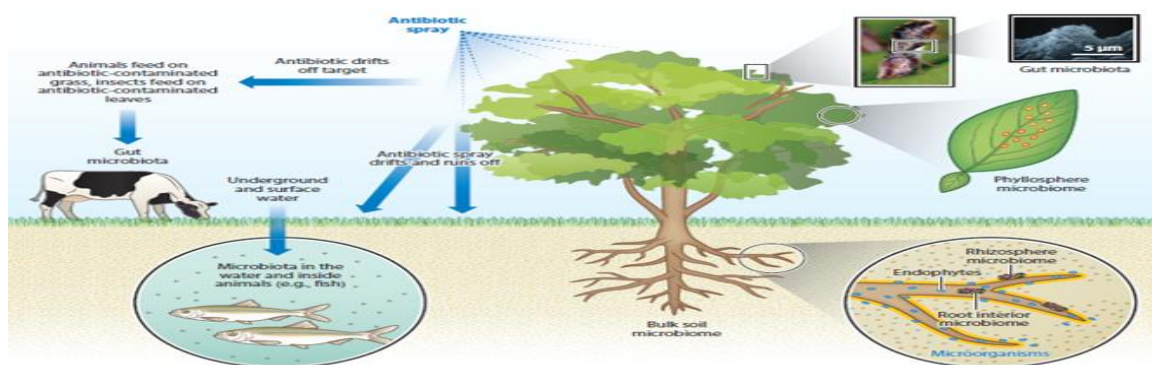
2.2.1. El efecto de la aplicación de antibióticos en el microbioma de los sistemas agrícolas de plantas

La aplicación de antibióticos en árboles dentro de sistemas de cultivo en huertos a través de métodos convencionales de pulverización aérea no logra cumplir con los objetivos esperados. Por lo tanto, el impacto del uso de antibióticos es probablemente más complicado que limitarse a analizar sus efectos sobre el patógeno objetivo y los microorganismos que

cohabitan en el entorno de la planta. Los antibióticos que alcanzan las partes deseadas en la copa de los árboles pueden influir en el microbioma de la filósfera y en los microbiomas presentes en las flores si se aplican durante la fase de floración (ver Figura 1). Además, los insectos que se alimentan dentro del dosel arbóreo podrían consumir estos antibióticos, lo que podría modificar el microbiota intestinal del insecto. Una fracción del aerosol aplicado no logrará impactar su objetivo debido a la deriva o puede perderse por escurrimiento durante la aplicación o como resultado de precipitaciones posteriores (ver Figura 1), (Sundin y Wang, 2018).

Figura 1

Efecto de la aplicación de antibióticos en el microbioma en sistemas agrícolas de huertos de plantas



Nota: Los efectos más inmediatos de la aplicación de antibióticos en los árboles frutales del huerto se reflejan en el microbioma de la filósfera que se encuentra en las hojas tratadas. Por otro lado, los impactos sobre los microbiomas del suelo y la rizosfera, así como en las aguas superficiales y subterráneas, son consecuencia de la deposición de antibióticos en el suelo y su posterior movimiento a través del mismo mediante escurrimiento y deriva de aerosol. Las imágenes en la parte superior derecha muestran un insecto alimentándose, el cual podría estar expuesto a los antibióticos aplicados; si este insecto ingiere dichos antibióticos, podría haber un efecto sobre su microbiota intestinal. Se anticipa que la deriva de aerosol de antibióticos desde los huertos hacia zonas no intencionadas tendrá repercusiones mínimas; sin embargo, si

tal deriva ocurre y los antibióticos afectan a plantas como el pasto, podrían ser ingeridos por animales, lo que impactaría su microbiota intestinal, tomado de "*Tale of the Huanglongbing disease pyramid in the context of the citrus microbiome*," (Wang et al., 2017, pp. 380-387).

III. METODO

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva (identifica y describe bacterias resistentes a tetraciclina mediante pruebas bioquímicas y antibiogramas), exploratoria (recopila información sobre frecuencia de bacterias resistentes a tetraciclina en vegetales del mercado Villa Hermosa, tema con datos limitados en el contexto local peruano), observacional (no manipula factores presentes en muestras recolectadas), aplicada (genera conocimiento para desarrollar estrategias de control de higiene en alimentos vegetales) y transversal (recolección de datos en período específico: septiembre 2023–enero 2024).

3.2. Ámbito temporal y espacial

El período de estudio comprendió de septiembre 2023 a enero 2024. La recolección de muestras de lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y beterraga (*Beta vulgaris*) se realizó en el mercado Villa Hermosa, ubicado en el distrito de El Agustino, Lima. El análisis de cada muestra se ejecutó en el Laboratorio de Investigación en Biología de la Escuela de Biología de la UNFV.

3.3. Variables

3.3.1. Variable 1

Presencia y tipos de bacterias aisladas de superficies (haz y envés) de hojas de lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y beterraga (*Beta vulgaris*) del mercado Villa Hermosa, (El Agustino – Lima, Perú).

3.3.2. Variable 2

Perfil de resistencia a tetraciclina de bacterias aisladas, medido mediante presencia o ausencia de halos de inhibición y sus diámetros en (mm) por método de difusión en disco, según criterios del Manual de procedimientos para prueba de sensibilidad antimicrobiana por difusión en disco (Sacsquispe y Velásquez, 2002).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población estuvo constituida por todas las bacterias presentes en superficies (haz y envés) de vegetales de hoja comercializados en el mercado Villa Hermosa (El Agustino, Lima, Perú), específicamente en lechuga, espinaca, albahaca y beterraga.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por bacterias aisladas e identificadas con resistencia a tetraciclina, obtenidas del haz y envés de hojas de las especies mencionadas, adquiridas en dos puestos del mercado Villa Hermosa durante octubre–noviembre 2023.

3.4.3. Criterios de inclusión

- Bacterias gramnegativas capaces de crecer en agar MacConkey
- Colonias morfológicamente diferenciables
- Bacterias identificables mediante pruebas bioquímicas estándar

3.4.4. Criterios de exclusión

- Bacterias grampositivas
- Colonias no viables o contaminadas
- Microorganismos no bacterianos (hongos, levaduras)

3.5. Instrumentos

En esta investigación, los instrumentos utilizados fueron los medios de cultivo (agar MacConkey y agar Mueller-Hinton), las pruebas bioquímicas (agar TSI, Citrato de Simmons y agar LIA) y el disco de antibiograma.

3.6. Procedimientos

3.6.1 Muestreo vegetal:

Para el presente estudio, se realizó muestreo no probabilístico por conveniencia en dos puestos del mercado Villa Hermosa, ubicado en el distrito de El Agustino, Lima, Perú. Se recolectaron 64 muestras (4 muestras de cada especie vegetal \times 2 puestos \times 4 muestras de hojas \times 2 (haz y envés)), muestreando cada vegetal semanalmente. Las hojas se colectaron aleatoriamente en bolsas estériles, rotuladas con fecha y hora, transportándose refrigeradas (4–8 °C) y analizándose dentro de 1 h para mantener la cadena de frío según lo establecido por la (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2001).

3.6.2. Aislamiento e identificación bacteriana

Las muestras se acondicionaron a temperatura ambiente según especificaciones DIGESA (2001). Todo procedimiento se ejecutó en superficie limpia y desinfectada bajo mechero Bunsen. Se realizó frotis de hoja completa a las 32 muestras (haz y envés) con hisopo estéril, pre - enriqueciéndose en 10 ml de agua peptonada (37 °C/24 h). Para el aislamiento se utilizó agar MacConkey, medio sólido, selectivo y diferencial, se empleó la técnica de estría con asa estéril (3.0 – 3.5 mm), flameando entre los cuatro cuadrantes de la placa petri (90x15mm), lo cual nos permitirá una disminución progresiva de la carga bacteriana y un mejor aislamiento de colonias. Posteriormente las placas se incubaron invertidas (35 – 37 °C/ 24 – 48 h), seleccionándose tres colonias por muestra vegetal. Para la identificación bioquímica se emplearon los medios **TSI** (fermentación de carbohidratos y producción de H₂S), **Citrato de Simmons** (diferenciación de enterobacterias por utilización de citrato) y **LIA** (descarboxilación o desaminación de lisina y producción de H₂S), de acuerdo con los lineamientos descritos en el *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* (Boone et al., 2001).

3.6.3. Análisis de susceptibilidad

La determinación de resistencia se realizó mediante antibiograma por difusión en disco. Los microorganismos se estriaron en agar Mueller–Hinton con hisopo estéril, colocando disco de tetraciclina (30 µg) al centro. Las placas se incubaron invertidas (35 °C/ 24 h), midiendo halos de inhibición (mm) e interpretando según criterios del *Manual de procedimientos para prueba de sensibilidad antimicrobiana por difusión en disco* (Sacsquispe y Velásquez, 2002), véase la Tabla A1, Anexo A. Cada antibiograma se efectuó por duplicado para cada cepa, y el valor final correspondió al promedio de ambas mediciones (véase la Tabla C1, Tabla C2, Anexo C).

3.7. Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante prueba Chi-cuadrado con RStudio v4.3.2, determinando diferencias significativas en frecuencia de bacterias resistentes entre puestos del mercado Villa Hermosa. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación no requirió consideraciones éticas, dado que el muestreo se realizó a través de la compra de los vegetales con el propósito de consumo, sin involucrar procedimientos que impliquen riesgo o intervención en sujetos humanos o animales.

IV. RESULTADOS

Los resultados muestran la detección de bacterias resistentes en muestras de albahaca de ambos puestos del mercado. En el primer puesto se identificaron 8 aislamientos bacterianos con predominio de especies de *Citrobacter* sp., seguidas de *Klebsiella* sp. y *Proteus* sp. La mayoría mostró resistencia, con halos de inhibición entre 1–20 mm. En el segundo puesto se encontraron 9 aislamientos correspondientes a los mismos géneros, presentando alta resistencia con halos principalmente entre 1–19 mm.

Tabla 1

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas de albahaca del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|----------|-----------------------|-------------|-------|
| envés - H1 | albahaca | <i>Citrobacter</i> sp | Resistente | 2 mm |
| envés - H2 | albahaca | <i>Proteus</i> sp | Resistente | 10 mm |
| envés - H3 | albahaca | <i>Proteus</i> sp | Resistente | 10 mm |
| envés - H4 | albahaca | <i>Citrobacter</i> sp | Resistente | 10 mm |
| haz - H1 | albahaca | <i>Citrobacter</i> sp | Resistente | 5 mm |
| haz - H2 | albahaca | <i>Klebsiella</i> sp | Resistente | 1 mm |
| haz - H3 | albahaca | <i>Klebsiella</i> sp | Resistente | 1 mm |
| haz - H4 | albahaca | <i>Citrobacter</i> sp | Resistente | 10 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Se observa predominio de *Citrobacter* sp. con patrones mixtos de resistencia y sensibilidad. Los halos de inhibición menores a 15 mm indican resistencia bacteriana.

Tabla 2

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aisladas del envés y haz de hojas albahaca del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|----------------|-------------|-----------------------|--------------------|-------------|
| envés - H1 | albahaca | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| envés - H2 | albahaca | <i>Proteus sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H3 | albahaca | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H4 | albahaca | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 10 mm |
| haz - H1 | albahaca | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 19 mm |
| haz - H1 | albahaca | <i>Klebsiella sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz - H2 | albahaca | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz - H3 | albahaca | <i>klebsiella sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz - H4 | albaca | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 10 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Todos los aislados bacterianos muestran resistencia, con halos de inhibición entre 1-10 mm, indicando alta resistencia a los compuestos antimicrobianos de la albahaca.

Las tablas 3 y 4 muestran las pruebas de Chi-cuadrado para evaluar las diferencias en resistencia bacteriana entre los dos puestos del mercado Villa Hermosa. Para el envés de la hoja de albahaca se obtuvo un valor $p < 0.01$, mientras que para el haz el valor fue $p = 0.398$. La tabla 5 presenta la evaluación general de resistencia en las hojas de albahaca con un valor $p < 0.01$, indicando diferencias estadísticamente significativas en los patrones de resistencia.

Tabla 3

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado del envés de la hoja de Albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa.

| | |
|--------------|----------|
| Chi-cuadrado | 97.200 |
| Valor p | 6.22E-21 |

Nota: El valor $p < 0.05$ para el envés muestra alta significancia estadística.

Tabla 4

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de haz de la hoja de Albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado: | 2.9538 |
| Valor p: | 0.398 |

Nota: El valor $p > 0.05$ para el haz indica ausencia de diferencias significativas.

Tabla 5

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas albahaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa.

| | |
|--------------|-----------|
| Chi-cuadrado | 152.20000 |
| Valor p | 1.40E-29 |

Nota: Diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) confirman variabilidad en los patrones de resistencia bacteriana en albahaca entre ambos puestos.

En las tablas 6 y 7, correspondientes a las hojas de lechuga, se identificaron bacterias de mayor diversidad incluyendo *Citrobacter* sp., *Morganella* sp., *Salmonella* sp., *Pseudomonas* sp. y *Proteus* sp. En el primer puesto se detectaron 14 aislados con resistencia variable, mientras que en el segundo puesto se encontraron 12 aislados. Los halos de inhibición oscilaron entre 5 mm y 25 mm, mostrando tanto cepas resistentes como sensibles.

Tabla 6

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de lechuga del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|----------------|-------------|-----------------------|--------------------|-------------|
| envés - H1 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| envés - H1 | lechuga | <i>Morganella sp</i> | resistente | 9 mm |
| envés - H2 | lechuga | <i>Proteus sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H2 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H3 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 12 mm |
| envés - H3 | lechuga | <i>Pseudomona sp</i> | resistente | 13 mm |
| envés - H4 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz - H1 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz - H1 | lechuga | <i>Proteus sp</i> | resistente | 9 mm |
| haz - H2 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 12 mm |
| haz - H3 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz - H4 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 25 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Se evidencia mayor diversidad bacteriana en lechuga, incluyendo patógenos como *Salmonella sp.* y *Pseudomonas sp.* con variabilidad en los niveles de resistencia.

Tabla 7

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de lechuga del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|---------|-----------------------|-------------|-------|
| envés - H1 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| envés - H1 | lechuga | <i>Morganella sp</i> | resistente | 9 mm |
| envés - H2 | lechuga | <i>Morganella sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H2 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 10 mm |
| envés - H3 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 12 mm |
| envés - H3 | lechuga | <i>Pseudomona sp</i> | resistente | 13 mm |
| envés - H4 | lechuga | <i>Pseudomona sp</i> | resistente | 9 mm |
| haz - H1 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz - H1 | lechuga | <i>Proteus sp</i> | resistente | 9 mm |
| haz - H2 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 12 mm |
| haz - H2 | lechuga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz - H3 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | sensible | 25 mm |
| haz - H3 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 5 mm |
| haz - H4 | lechuga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 5 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Menor diversidad bacteriana comparado con el primer puesto, con predominio de *Citrobacter sp.* y *Proteus sp.* mostrando patrones de resistencia variables.

Los análisis estadísticos para lechuga (tablas 8, 9 y 10) revelaron diferencias significativas, con valores $p = 0.0005$ para el envés, $p = 0.018$ para el haz, y $p = 0.0042$ para la evaluación general, sugiriendo variaciones importantes en los patrones de resistencia entre puestos.

Tabla 8

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de envés de la hoja de lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado: | 22.071 |
| Valor p: | 0.0005 |

Nota: Valores $p < 0.05$ indican diferencias estadísticamente significativas en los patrones de resistencia bacteriana

Tabla 9

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de haz de la hoja de lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|-------|
| Chi-cuadrado: | 10 |
| Valor p: | 0.018 |

Nota: La diferencia significativa en la resistencia bacteriana a tetraciclina en el haz de lechuga entre puestos fue ($p < 0.05$)

Tabla 10

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas lechuga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa.

| | |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado: | 24.0133 |
| Valor p: | 0.0042 |

Nota: La significancia estadística ($p < 0.05$) confirma variaciones importantes en la resistencia bacteriana en muestras de lechuga.

Las tablas 11 y 12 presentan los resultados de hojas de espinaca, donde se identificaron géneros como *Citrobacter* sp., *Klebsiella* sp., *E. coli*, *Proteus* sp. y *Salmonella* sp. El primer puesto mostró 12 aislados con predominio de bacterias resistentes, mientras que el segundo puesto

presentó 8 aislados con mayor proporción de bacterias sensibles. Los halos variaron entre 1 mm y 26 mm.

Tabla 11

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de espinaca del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|----------|-----------------------|-------------|-------|
| envés - H1 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | Sensible | 20 mm |
| envés - H2 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | Sensible | 23 mm |
| envés - H3 | espinaca | <i>Klebsiella sp</i> | Sensible | 23 mm |
| envés - H4 | espinaca | <i>E.coli</i> | Sensible | 26 mm |
| haz - H1 | espinaca | <i>Proteus sp</i> | Resistente | 1 mm |
| haz - H2 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | Sensible | 22 mm |
| haz - H3 | espinaca | <i>Salmonella sp</i> | Sensible | 22 mm |
| haz - H4 | espinaca | <i>Salmonella sp</i> | Sensible | 25 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. La presencia de *E. coli* resistente en el envés de hojas de espinaca representa un riesgo sanitario. Se observa variabilidad en la resistencia entre diferentes géneros bacterianos.

Tabla 12

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de espinaca del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|----------|-----------------------|-------------|-------|
| envés – H1 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| envés - H1 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 23 mm |
| envés - H2 | espinaca | <i>Klebsiella sp</i> | resistente | 12 mm |
| envés - H2 | espinaca | <i>E.coli</i> | resistente | 4 mm |
| envés - H3 | espinaca | <i>E.coli</i> | resistente | 11 mm |
| envés - H4 | espinaca | <i>E.coli</i> | resistente | 9 mm |
| haz - H1 | espinaca | <i>Proteus sp</i> | resistente | 3 mm |
| haz - H1 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 22 mm |
| haz - H2 | espinaca | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 11 mm |
| haz - H2 | espinaca | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 8 mm |
| haz - H3 | espinaca | <i>Klebsiella sp</i> | resistente | 7 mm |
| haz - H4 | espinaca | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 6 mm |

Nota: Marcada diferencia en los patrones de resistencia comparado con el primer puesto, mostrando mayor sensibilidad bacteriana a los compuestos antimicrobianos.

Los análisis de Chi-cuadrado para espinaca (tablas 13, 14 y 15) mostraron diferencias altamente significativas entre puestos para envés ($p = 6.65E-26$) y haz ($p = 4.23E-09$), aunque la evaluación general presentó un valor $p = 0.766$, indicando menor variabilidad global.

Tabla 13

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de envés de la hoja de espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado: | 127.89 |
| Valor p: | 6.65E-26 |

Nota: Diferencias extremadamente significativas ($p < 0.05$) evidencian marcada variabilidad en los patrones de resistencia entre puestos de venta.

Tabla 14

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de haz de la hoja de espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado: | 47.63 |
| Valor p: | 4.23E-09 |

Nota: Diferencias extremadamente significativas ($p < 0.05$) evidencian marcada variabilidad en los patrones de resistencia entre puestos de venta

Tabla 15

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas espinaca del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa.

| | |
|---------------|-------|
| Chi-cuadrado: | 4.911 |
| Valor p: | 0.766 |

Nota: El valor $p > 0.05$ indica ausencia de diferencias significativas en la resistencia bacteriana global entre los aislados de espinaca.

Finalmente, las tablas 16 y 17 muestran los resultados aislados de hojas de beterraga, donde se detectaron *Klebsiella sp.*, *Salmonella sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Citrobacter sp.* y *Enterobacter sp.* El segundo puesto presentó mayor número de aislados (12) comparado con el primero (8), con halos entre 1 mm y 20 mm.

Tabla 16

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de beterraga del primer puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|-----------|------------------------|-------------|-------|
| envés - H1 | beterraga | <i>Klebsiella sp</i> | Resistente | 1 mm |
| envés - H2 | beterraga | <i>Salmonella sp</i> | Resistente | 12 mm |
| envés - H3 | beterraga | <i>Pseudomonas sp</i> | Sensible | 15 mm |
| envés - H4 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | Resistente | 1 mm |
| haz - H1 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | Sensible | 20 mm |
| haz - H2 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | Sensible | 16 mm |
| haz - H3 | beterraga | <i>Salmonella sp</i> | Resistente | 1 mm |
| haz - H4 | beterraga | <i>Enterobacter sp</i> | Resistente | 1 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Alta resistencia a tetraciclina en bacterias aisladas del envés de las hojas de beterraga, con halos mínimos (1 mm), mientras que el haz presenta mayor sensibilidad bacteriana.

Tabla 17

Detección y caracterización de bacterias resistentes a tetraciclina aislada del envés y haz de hojas de beterraga del segundo puesto de verduras del mercado Villa Hermosa.

| MUESTRA | HOJA | BACTERIA | RESISTENCIA | HALO |
|------------|-----------|------------------------|-------------|-------|
| envés - H1 | beterraga | <i>Klebsiella sp</i> | resistente | 1 mm |
| envés - H2 | beterraga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 12 mm |
| envés – H2 | beterraga | <i>Pseudomona sp</i> | sensible | 20 mm |
| envés -H3 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 1 mm |
| envés – H3 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | resistente | 2 mm |
| envés – H4 | beterraga | <i>Klebsiella sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz – H1 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 20 mm |
| haz – H2 | beterraga | <i>Citrobacter sp</i> | sensible | 16 mm |
| haz – H2 | beterraga | <i>Salmonella sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz – H3 | beterraga | <i>Enterobacter sp</i> | resistente | 1 mm |
| haz – H3 | beterraga | <i>Enterobacter sp</i> | resistente | 2 mm |
| haz – H4 | beterraga | <i>Enterobacter sp</i> | resistente | 3 mm |

Nota: H1, hoja 1; H2, Hoja 2; H3, Hoja 3; H4, Hoja 4. Incremento en la diversidad de *Enterobacter sp.* resistente comparado con el primer puesto, sugiriendo diferencias en las condiciones de almacenamiento.

Los análisis estadísticos de beterraga (tablas 18, 19 y 20) revelaron diferencias extremadamente significativas en el envés entre puestos ($p < 0.01$), mientras que el haz mostró menor variabilidad ($p < 0.01$). La evaluación general presentó un valor de $p < 0.01$, confirmando diferencias significativas en los patrones de resistencia bacteriana.

Tabla 18

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislado de envés de la hoja de beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado: | 352.482 |
| Valor p: | 5.11E-74 |

Nota: Diferencias extremadamente significativas ($p < 0.05$) en el envés sugieren condiciones ambientales distintas que favorecen la resistencia bacteriana.

Tabla 19

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar resistencia bacteriana a tetraciclina aislados del haz de hojas de beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| | |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado: | 5 |
| Valor p: | 4.16E-01 |

Nota: El valor $p > 0.05$ indica que no existen diferencias significativas en los patrones de resistencia del haz entre ambos puestos.

Tabla 20

Prueba de Chi-cuadrado para evaluar la resistencia bacteriana a tetraciclina aislada del haz y envés de las hojas beterraga del primer y segundo puesto del mercado Villa Hermosa.

| | |
|--------------|----------|
| Chi-cuadrado | 85.4 |
| Valor p | 2.72E-16 |

Nota: Alta significancia estadística ($p < 0.05$) confirma diferencias sustanciales en los patrones de resistencia bacteriana.

Tabla 21

Frecuencias de bacterias resistentes a tetraciclina del haz y envés en el primer puesto del mercado Villa Hermosa

| Vegetales | Muestra | Bacteria | Resistente (n, %) | Sensible (n, %) | Total (n, %) |
|------------------|----------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Albaca | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| Beterraga | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Pseudomona sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| | | <i>Enterobacter sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| Espinaca | Envés | <i>E. coli</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| Lechuga | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| | | <i>Morganella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |

| | | | | |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|
| | <i>Pseudomona sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | <i>Salmonella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | <i>Citrobacter sp</i> | 1 (25%) | 1 (25.0%) | 2 (50%) |
| | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| Total | | 21 (30.88%) | 13 (19.12%) | 34 (50.0%) |

Nota: La tabla de frecuencia de bacterias aisladas en vegetales de consumo crudo (albahaca, beterraga, espinaca y lechuga), diferenciadas por superficie de muestreo (envés y haz de la hoja). Los resultados se expresan en número de aislamientos (n) y porcentaje (%), considerando tanto la proporción de cepas resistentes como sensibles. El total corresponde a 34 aislamientos bacterianos analizados, representando el 100% de las muestras procesadas.

Tabla 22

Frecuencias de bacterias resistentes a tetraciclina del haz y envés en el segundo puesto del mercado Villa Hermosa

| Vegetales | Muestra | Bacteria | Resistente (n, %) | Sensible (n, %) | Total (n, %) |
|------------------|----------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Albaca | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 2 (33.33%) | 1 (16.67%) | 3 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 2 (33.33%) | 1 (16.67%) | 3 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| Beterraga | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Pseudomona sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| | | <i>Enterobacter sp</i> | 3 (50%) | 0 (0%) | 3 (50%) |

| | | | | | |
|----------|-------|-----------------------|-------------|-------------|------------|
| | | <i>Salmonella sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| Espinaca | Envés | <i>E. coli</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| | | <i>Klebsiella sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 0 (0%) | 2 (50%) | 2 (50%) |
| Lechuga | Envés | <i>Citrobacter sp</i> | 0 (0%) | 1 (50%) | 1 (50%) |
| | | <i>Morganella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Pseudomona sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | | <i>Salmonella sp</i> | 2 (50%) | 0 (0%) | 2 (50%) |
| | Haz | <i>Citrobacter sp</i> | 1 (16.67%) | 2 (33.33%) | 3 (50%) |
| | | <i>Proteus sp</i> | 1 (50%) | 0 (0%) | 1 (50%) |
| Total | | | 25 (31.25%) | 15 (18.75%) | 40 (50.0%) |

Nota: En esta tabla se muestran los aislamientos bacterianos obtenidos a partir de muestras de hojas de albahaca, beterraga, espinaca y lechuga, diferenciando entre el envés y el haz. Se detallan las proporciones de cepas resistentes y sensibles expresadas en valores absolutos (n) y porcentuales (%). En total se identificaron 40 aislamientos, lo que constituye la totalidad de las muestras evaluadas.

En la tabla 23, ambos puestos se observan que alrededor de un tercio de las bacterias aisladas presentan resistencia a tetraciclina, lo que indica que este fenómeno no es exclusivo de un solo punto de venta, sino un problema generalizado en el mercado.

Tabla 23*Distribución de bacterias resistentes y sensibles por puesto de mercado Villa Hermosa*

| | Primer puesto | | Segundo puesto | | Total | |
|--------------------|---------------|--------|----------------|--------|-------|---------|
| | N | % | N | % | N | % |
| Resistencia | 21 | 60.00% | 25 | 62.50% | 46 | 61.33% |
| Sensible | 14 | 40.00% | 15 | 37.50% | 29 | 38.67% |
| Total | 35 | 50.00% | 40 | 50.00% | 75 | 100.00% |

Nota: Se presenta una distribución de bacterias resistentes y sensibles aisladas de vegetales provenientes de dos puestos de venta en el mercado Villa Hermosa. Los resultados se expresan en número absoluto (N) y porcentaje (%), mostrando un total de 75 aislamientos bacterianos analizados, de los cuales el 61.33% correspondió a cepas resistentes y el 38.67% a cepas sensibles.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la presencia de diversas bacterias de diferentes géneros como *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Morganella*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *E.coli* y dentro de ellas bacterias resistentes en hortalizas de hoja verde, hallazgo que coincide con investigaciones previas que señalan a los vegetales como reservorios importantes de resistencia antimicrobiana. En albahaca se detectaron diferencias significativas en la resistencia bacteriana entre puestos para el envés de las hojas, lo que resalta la importancia de este tejido como microambiente favorable para la colonización bacteriana. Esto concuerda con lo descrito por Reynolds (2012), quien demostró que tanto la superficie como el interior de las hojas de lechuga albergan bacterias resistentes, siendo posible que los factores ambientales, el tipo de cultivo y las condiciones de comercialización influyan en la frecuencia y nivel de resistencia.

La diversidad bacteriana identificada en lechuga, donde se aislaron géneros como *Citrobacter sp.*, *Morganella sp.*, *Proteus sp.*, *Salmonella sp.* y *Pseudomonas sp.*, refleja una situación semejante a la documentada por Blaak et al. (2014), quien reportó que las lechugas presentaban los mayores niveles de resistencia a antibióticos, en particular frente a ampicilina. Estos resultados son preocupantes, dado que muchas de estas bacterias corresponden a patógenos oportunistas con relevancia clínica, capaces de transferir genes de resistencia a través de mecanismos de conjugación, transformación o transducción (Ramatlá et al., 2022).

En espinaca, se observó un contraste entre puestos: mientras que en el primero predominaban bacterias resistentes, en el segundo se encontró un mayor número de cepas sensibles. Este hallazgo pone en evidencia que la resistencia bacteriana puede variar notablemente según el punto de comercialización, aspecto también destacado por Geuther et al. (2023), quien advierte que el uso inadecuado de antibióticos en la agricultura genera

reservorios de bacterias resistentes que pueden diseminarse al ambiente y a los alimentos. Asimismo, los valores de Chi-cuadrado altamente significativos para envés y haz sugieren que la espinaca constituye un vehículo crítico para la diseminación de resistencia, en concordancia con lo señalado por (Jung y Rubin, 2020), quienes describieron a los vegetales frescos como fuentes de transmisión de genes de resistencia a bacterias del microbiota intestinal humana.

En beterraga se detectó una amplia diversidad bacteriana, con predominio de *Klebsiella sp.*, *Salmonella sp.* y *Pseudomonas sp.*, y se hallaron diferencias altamente significativas en resistencia entre puestos, especialmente en el envés. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que los vegetales, incluso los de raíz, no solo son colonizados por bacterias resistentes, sino que también actúan como reservorios para cepas multirresistentes. De hecho, (Mesbah et al., 2020) reportó que más de dos tercios de los aislados de vegetales de hoja mostraban resistencia a múltiples antibióticos, y que algunos de ellos tenían resistencia simultánea frente a ampicilina, estreptomicina, eritromicina y tetraciclina.

Un aspecto clave es que los halos de inhibición observados en este trabajo oscilaron entre 1 mm y 26 mm, evidenciando la coexistencia de cepas altamente resistentes y sensibles. Esta variabilidad refleja lo que también documenta Reynolds (2012), quien encontró que algunos aislados resistían concentraciones muy superiores a las dosis terapéuticas usadas en humanos, en particular frente a ampicilina, lo que implica un riesgo directo para la salud pública. Como señalan Parker et al. (2021), los patógenos transmitidos por alimentos generan millones de infecciones anuales, y la presencia de resistencia incrementa la dificultad del tratamiento clínico.

En conjunto, los resultados de este estudio muestran que las prácticas agrícolas, la manipulación postcosecha y las condiciones higiénicas de los mercados pueden ser factores determinantes en la diseminación de resistencia. Estudios previos han demostrado que el uso de antibióticos en la agricultura no solo afecta a los animales, sino también a los vegetales,

donde antibióticos como la estreptomicina y la tetraciclina han sido aplicados para controlar fitopatógenos (Quarcoo et al., 2022). Este contexto permite entender por qué bacterias resistentes son halladas de manera recurrente en productos frescos de consumo humano.

Por lo tanto, los hallazgos aquí presentados, al igual que los de (Ratshilingano et al., 2022), sugieren que los vegetales frescos constituyen una vía potencial de transmisión de bacterias multirresistentes a la población, lo que subraya la necesidad urgente de fortalecer las medidas de control microbiológico y la vigilancia de la resistencia en la cadena alimentaria.

Los resultados obtenidos en las tablas 21 y 22 del mercado Villa Hermosa muestran que el 61.33% de los aislamientos bacterianos en hortalizas de hoja verde (albahaca, beterraga, espinaca y lechuga) presentaron resistencia a la tetraciclina, mientras que el 38.67% fueron sensibles. Entre los géneros identificados destacan *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Morganella*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Escherichia coli*, lo que confirma que los vegetales de consumo crudo constituyen reservorios relevantes de bacterias con potencial resistencia antimicrobiana.

Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Reynolds (2012), quien demostró que tanto la superficie como el interior de las hojas de lechuga contenían bacterias resistentes a múltiples antibióticos, incluyendo ampicilina, estreptomicina y tetraciclina. En ambos casos se observa que factores como el microambiente del envés de las hojas, las prácticas agrícolas y las condiciones de comercialización favorecen la colonización y persistencia de bacterias resistentes. Esto sugiere que la resistencia no es un fenómeno aislado de un único punto de venta, sino un problema generalizado en los mercados, lo que incrementa el riesgo de transmisión hacia los consumidores.

Asimismo, la elevada proporción de resistencia en bacterias asociadas a vegetales frescos coincide con lo señalado en estudios internacionales, donde se ha advertido que los productos agrícolas pueden actuar como vehículos para la diseminación de genes de resistencia

hacia la microbiota intestinal humana (Levy y Marshall, 2004; Walsh, 2000). La presencia de enterobacterias resistentes en alimentos listos para el consumo refuerza la necesidad de medidas estrictas de inocuidad alimentaria, incluyendo buenas prácticas agrícolas, regulación del uso de antibióticos en el sector agropecuario y estrategias de higiene en la manipulación y comercialización.

VI. CONCLUSIONES

6.1 En este estudio se confirmó la presencia de bacterias resistentes en albahaca, lechuga, espinaca y beterraga provenientes de distintos puestos de venta del mercado, encontrándose diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos y predominio de géneros de importancia clínica como *Citrobacter sp.*, *Klebsiella sp.*, *Proteus sp.*, *Salmonella sp.* y *Pseudomonas sp.*; la variabilidad de halos de inhibición evidenció la coexistencia de cepas sensibles y multirresistentes, lo que concuerda con lo reportado por otros autores, quien destacó que los vegetales frescos pueden albergar aislados resistentes a múltiples antibióticos; en consecuencia, estos productos representan una vía potencial para la transmisión de resistencia antimicrobiana a bacterias patógenas humanas, por lo que resulta imprescindible implementar medidas de higiene estrictas durante la producción, transporte y comercialización, así como políticas de regulación del uso de antibióticos en la agricultura, con el fin de mitigar el riesgo que supone la diseminación de cepas multirresistentes a través de alimentos de consumo cotidiano.

6.2 Tanto el primer como el segundo puesto de mercado mostraron proporciones similares de bacterias resistentes a tetraciclina ($\approx 31\%$), aunque en el segundo puesto se evidenció un mayor número absoluto de aislamientos. Esto indica que la resistencia antimicrobiana está ampliamente distribuida en los vegetales crudos evaluados, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo constante de su calidad microbiológica para reducir riesgos en la salud pública.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Dado que los resultados evidencian la presencia de bacterias resistentes en hortalizas de consumo frecuente y considerando que estos alimentos suelen ingerirse crudos, se recomienda implementar un sistema integral de control que incluya: buenas prácticas agrícolas y de higiene en la producción, reducción del uso de antibióticos en la agricultura, capacitaciones periódicas a comerciantes sobre manipulación segura de vegetales, y campañas educativas dirigidas a consumidores sobre la importancia del lavado y desinfección adecuada de los productos antes de su consumo.
- 7.2 Se sugiere establecer programas de vigilancia microbiológica en mercados locales y cadenas de distribución que permitan monitorear la resistencia bacteriana en vegetales frescos, con el fin de prevenir la transmisión de cepas multirresistentes a la población y contribuir a la protección de la salud pública, tal como lo enfatizan estudios previos sobre la diseminación de resistencia a través de alimentos.
- 7.3 Diseñar estrategias de control específicas para cada tipo de vegetal, dado que la frecuencia de bacterias resistentes varía según el tipo de vegetal (lechuga, espinaca, albahaca y beterraga), se recomienda implementar medidas diferenciadas de higiene, manipulación y comercialización que respondan a las características particulares de cada producto.
- 7.4 Promover estudios adicionales en diferentes mercados del país, asimismo la realización de estudios complementarios que analicen otros tipos de antimicrobianos, así como la trazabilidad de las bacterias resistentes desde el campo hasta el consumidor, involucrando instituciones académicas, gubernamentales y privadas, ya que no se cuenta con ese tipo de estudios.

- 7.5 Se recomienda que los protocolos de limpieza y desinfección en la cadena alimentaria consideren la superficies del haz y el envés, ya que podría estar subestimada en los procedimientos actuales.
- 7.6 Para futuras investigaciones se recomienda el uso de técnicas moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), con el fin de identificar de manera específica los genes responsables de la resistencia antimicrobiana observada en bacterias aisladas de vegetales.
- 7.7 Se sugiere replicar este estudio en diferentes mercados del país, con el fin de evaluar la presencia de bacterias resistentes a antibióticos en vegetales a nivel nacional y comparar los perfiles de resistencia según región, prácticas agrícolas y condiciones sanitarias.

VIII. REFERENCIA

- Alvarado, R. (2021). *Coliformes totales y fecales en Lactuca sativa var.iceberg (lechuga carola) que se expende en los mercados del distrito de Parcona–Ica, Perú*. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/acdaaed7-cf3e-4827-b789-0045aa24777a>
- Adesoji, T., Ogunjobi, A., Olatoye, O., y Douglas, DR. (2015). Prevalence of tetracycline resistance genes among multi-drug-resistant bacteria from selected water distribution systems in southwestern Nigeria. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 14(1).
- Akhter, S., Bhat, M. A., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., Ahmed, S., Siddiqi, W. A., Kulsoom, I., & Nisa, F. U. (2023). Profiling of Antibiotic Residues in Soil and Vegetables Irrigated Using Pharmaceutical-Contaminated Water in the Delhi Stretch of the Yamuna River, India. *Water*, 15(23), 4197. <https://doi.org/10.3390/w15234197>
- Blaak, H., Van Hoek, H., Veenman, C., Van Leeuwen, A. E. D., Lynch, G., Van Overbeek, W. M., & De Roda Husman, A. M. (2013). Extended spectrum β -lactamase- and constitutively AmpC-producing Enterobacteriaceae on fresh produce and in the agricultural environment. *International Journal Of Food Microbiology*, 168-169, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.10.006>
- Boone, D. R., Castenholz, R. W., & Garrity, G. M. (Eds.). (2001). Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume One: The Archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria (2.^a ed.). <https://books.google.com.pa/books?id=3znhBwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). *Antimicrobial resistance threats*. U.S. Department of Health & Human Services, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Healthcare Quality Promotion (DHQP). <https://www.cdc.gov/antimicrobial-resistance/data-research/threats/index.html>
- Chelaghma, W., Loucif, L., Bendahou, M., & Rolain, J. (2021). Vegetables and Fruit as a Reservoir of β -Lactam and Colistin-Resistant Gram-Negative Bacteria: A Review. *Microorganisms*, 9(12),2534. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9122534>
- DIGESA. (2001). Manual de Análisis Microbiológicos de alimentos. Gobierno del Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/417319/393426637908825119520191106-32001-6kwuvw.pdf?v=1573077144>.
- Fernandez, G. y Wang, A. (2003). Presencia de bacterias multirresistentes a antibióticos en hortalizas. Alianza Tecnológica para la Agricultura con Calidad, 1-2.
- Geuther, N., Mbarushimana, D., Habarugira, F., Buregeya, J. D., Kollatzsch, M., Pfüller, R., Mugabowindekwe, M., Ndoli, J., & Mockenhaupt, F. P. (2023). ESBL-producing Enterobacteriaceae in a rural Rwandan community: Carriage among community members, livestock, farm products and environment. *Tropical Medicine & International Health*, 28(11), 855-863. <https://doi.org/10.1111/tmi.13934>
- Giono-Cerezo, S., Santos-Preciado, J. I., Del Rayo Morfín-Otero, M., Torres-López, F. J., & Alcántar-Curiel, M. D. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. *Gaceta Médica de México*, 156(2). <https://doi.org/10.24875/gmm.20005624>
- Gudda, F., Odinga, E. S., Tang, L., Waigi, M. G., Wang, J., Abdalmegeed, D., y Gao, Y. (2023). Tetracyclines uptake from irrigation water by vegetables: Accumulation and

- antimicrobial resistance risks. *Environmental Pollution*, 338, 122696.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122696>
- Hölzel, C. S., Tetens, J. L., & Schwaiger, K. (2018). Unraveling the Role of Vegetables in Spreading Antimicrobial-Resistant Bacteria: A Need for Quantitative Risk Assessment. *Foodborne Pathogens And Disease*, 15(11), 671-688. <https://doi.org/10.1089/fpd.2018.2501>
- Jung, D., & Rubin, J. E. (2020). Identification of antimicrobial resistant bacteria from plant-based food products imported into Canada. *International Journal Of Food Microbiology*, 319, 108509. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108509>
- Kon, H., Lurie-Weinberger, M., Cohen, A., Metsamber, L., Keren-Paz, A., Schwartz, D., Carmeli, Y., & Schechner, V. (2023). Occurrence, Typing, and Resistance Genes of ESBL/AmpC-Producing Enterobacterales in Fresh Vegetables Purchased in Central Israel. *Antibiotics*, 12(10), 1528. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12101528>
- Lee, E., Radu, S., Jambari, N. N., y Abdul-Mutalib, N. A. (2021). Prevalence and antibiogram profiling of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL) producing Escherichia coli in raw vegetables in Malaysia. *Biology and Life Sciences Forum*, 6(1), 44.
- Levy, S. B., & Marshall, B. (2004). Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nature Medicine*, 10(S12), S122-S129. <https://doi.org/10.1038/nm1145>
- Malik, H., Singh, R., Kaur, S., Dhaka, P., Bedi, J. S., Gill, J., & Gongal, G. (2023). Review of antibiotic use and resistance in food animal production in WHO South-East Asia Region. *Journal Of Infection And Public Health*, 16, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2023.11.002>

- Mezbah, F., Granier, S. A., Touati, A., & Millemann, Y. (2019). Occurrence of Third-Generation Cephalosporins-Resistant *Klebsiella pneumoniae* in Fresh Fruits and Vegetables Purchased at Markets in Algeria. *Microbial Drug Resistance*, 26(4), 353-359. <https://doi.org/10.1089/mdr.2019.0249>
- Mohapi, D. A., Ramatla, T., Thekiso, O., Khetsha, Z. P., & Nkhebenyane, J. (2025). Antimicrobial Resistance Profiles of Bacteria Isolated from Fresh Vegetables in Free State Province, South Africa. *Foods*, 14(12), 2139. <https://doi.org/10.3390/foods14122139>
- Mohapi, D., Nkhebenyane, S., Khetsha, Z., y Thekiso, O. (2024). Phyllo-epiphytic and endophytic pathogens on *Brassica oleracea* var. *capitata* L. and *Spinacia oleracea* L. as affected by small-scale farm production systems. *Applied Ecology and Environmental Research*, 22(3).
- Montero, L., Irazabal, J., Cardenas, P., Graham, J. P., y Trueba, G. (2021). Extended-spectrum beta-lactamase producing *Escherichia coli* isolated from irrigation waters and produce in Ecuador. *Frontiers in Microbiology*, 12, 709418.
- Msimango, T., Duvenage, S., Du Plessis, E. M., & Korsten, L. (2023). Microbiological quality assessment of fresh produce: Potential health risk to children and urgent need for improved food safety in school feeding schemes. *Food Science & Nutrition*, 11(9), 5501-5511. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3506>
- Muñoz, SJ, Vilca, ML, Ramos, DD, & Juan, LL. (2013). Frecuencia de enterobacterias en verduras frescas de consumo crudo expendidas en cuatro mercados de Lima, Perú. Scielo Perú. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i3.2578>
- Nayme, K., Barguigua, A., Bouchrif, B., Diawara, I., El Otmani, F., Elmdaghri, N., Zerouali, K., y Timinouni, M. (2017). Occurrence of extended-spectrum β -lactamase, AmpC and

- virulence genes in *Escherichia coli* isolates from vegetable salads in Morocco. *British Food Journal*, 119(7), 1633–1647. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2016-0427>
- Nkhebenyane, S. J., Khasapane, N. G., Lekota, K. E., Thekiso, O., & Ramatla, T. (2024). Insight into the Prevalence of Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing Enterobacteriaceae in Vegetables: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Foods*, 13(23), 3961. <https://doi.org/10.3390/foods13233961>
- Ojer-Usoz, E., González, D., & Vitas, A. (2017). Clonal Diversity of ESBL-Producing *Escherichia coli* Isolated from Environmental, Human and Food Samples. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 14(7), 676. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070676>
- Parker, E., Albers, A., Mollenkopf, D., Korec, D., Mathys, D., Stuever, D., & Wittum, T. (2021). AmpC- and Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing Enterobacteriaceae Detected in Fresh Produce in Central Ohio. *Journal Of Food Protection*, 84(5), 920-925. <https://doi.org/10.4315/jfp-20-347>
- Phares, C. A., Danquah, A., Atiah, K., Agyei, F. K., & Michael, O. (2020). Antibiotics utilization and farmers' knowledge of its effects on soil ecosystem in the coastal drylands of Ghana. *PLoS ONE*, 15(2), e0228777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228777>
- Poeys-Carvalho, R. M. P., & Gonzalez, A. G. M. (2023). Resistance to β -lactams in Enterobacteriaceae isolated from vegetables: a review. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 65(5), 936-946. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2284858>
- Quarcoo, G., Adomako, L. B., Abrahamyan, A., Armoo, S., Sylverken, A. A., Addo, M. G., Alaverdyan, S., Jessani, N. S., Harries, A. D., Ahmed, H., Banu, R. A., Borbor, S.,

- Akrong, M. O., Amonoo, N. A., Bekoe, E. M. O., Osei-Atweneboana, M. Y., & Zachariah, R. (2022). What Is in the Salad? *Escherichia coli* and Antibiotic Resistance in Lettuce Irrigated with Various Water Sources in Ghana. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(19), 12722. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912722>
- Ramatla, T., Tawana, M., Mphuthi, M. B., Onyiche, T. E., Lekota, K. E., Monyama, M. C., Ndou, R., Bezuidenhout, C., & Thekiso, O. (2022). Prevalence and antimicrobial resistance profiles of *Campylobacter* species in South Africa: a “One Health” approach using systematic review and meta-analysis. *International Journal Of Infectious Diseases*, 125, 294-304. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2022.10.042>
- Randolph, K. C. (2011). An analysis of culturable bacteria obtained from store bought leaf vegetables (Honors Thesis). University of Mississippi, Oxford, MS.
- Ratshilingano, M. T., Du Plessis, E. M., Duvenage, S., Korsten, L., Ratshilingano, M. T., Du Plessis, E. M., Duvenage, S., & Korsten, L. (2021). Characterization of Multidrug-Resistant *Escherichia coli* Isolated from Two Commercial Lettuce and Spinach Supply Chains. *Journal Of Food Protection*, 85(1), 122-132. <https://doi.org/10.4315/jfp-21-125>
- Reynolds, B. E. (s. f.). *Antibiotic Resistance of Bacteria Isolated from Leafy Green Salad Vegetables*. eGrove. https://egrove.olemiss.edu/hon_thesis/2249/
- Richter, L., Du Plessis, E. M., Duvenage, S., y Korsten, L. (2019). Occurrence, identification, and antimicrobial resistance profiles of extended-spectrum and AmpC β -lactamase-producing *Enterobacteriaceae* from fresh vegetables retailed in Gauteng Province, South Africa. *Foodborne Pathogens and Disease*, 16(6), 421–427.

- Sacsquispe, R, y Velásquez, J. (2002). Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco difusión. Serie de normas técnicas N° 30. Perú: Instituto Nacional de Salud.
- Shastri, R. P., Ghate, S. D., Banerjee, S., & Yakshitha, P. H. (2021). Culture dependent and independent detection of multiple extended beta-lactamase producing and biofilm forming *Salmonella* species from leafy vegetables. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **38**, 102202. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102202>
- Sökmen, Ç., y Özpinar, H. (2016). Molecular identification of antibiotic resistant ESBL, MBT and AMPC producing Enterobacteriaceae in vegetables. *Honorary Ed*, 27, 1–65.
- Soré, S., Sawadogo, Y., Bonkougou, J. I., Kaboré, S. P., Béogo, S., Sawadogo, C., Bationo, B. G., Ky, H., Madingar, P. D., Ouédraogo, A. S., & Sanou, I. (2020). Detection, identification and characterization of extended-spectrum beta-lactamases producing Enterobacteriaceae in wastewater and salads marketed in Ouagadougou, Burkina Faso. *International Journal Of Biological And Chemical Sciences*, 14(8), 2746-2757. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i8.8>
- Sundin, G. W., & Wang, N. (2018). Antibiotic Resistance in Plant-Pathogenic Bacteria. *Annual Review Of Phytopathology*, 56(1), 161-180. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045946>
- Tadesse, B. T., Ashley, E. A., Ongarello, S., Havumaki, J., Wijegoonewardena, M., González, I. J., & Dittrich, S. (2017). Antimicrobial resistance in Africa: a systematic review. *BMC Infectious Diseases*, 17(1), 616. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2713-1>
- Toh, B. E. W., Bokhari, O., Kutbi, A., Haroon, M. F., Mantilla-Calderon, D., Zowawi, H., & Hong, P. (2017). Varying occurrence of extended-spectrum beta-

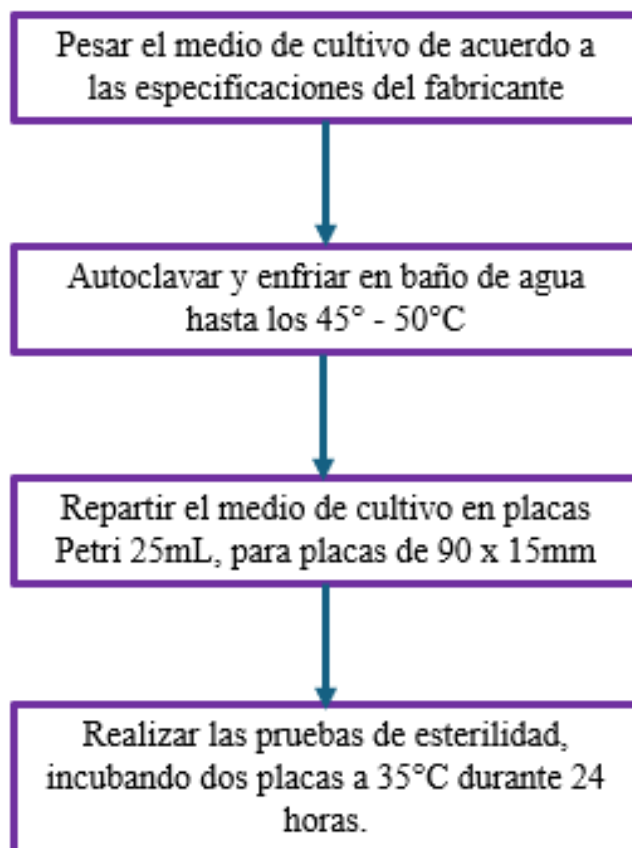
lactamase bacteria among three produce types. *Journal Of Food Safety*, 38(1). <https://doi.org/10.1111/jfs.12373>

- Van Hoek, A. H. A. M., Veenman, C., Van Overbeek, W. M., Lynch, G., De Roda Husman, A. M., & Blaak, H. (2015). Prevalence and characterization of ESBL- and AmpC-producing Enterobacteriaceae on retail vegetables. *International Journal Of Food Microbiology*, 204, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.014>
- Van, T. T. H., Yidana, Z., Smooker, P. M., y Coloe, P. J. (2020). Antibiotic use in food animals worldwide, with a focus on Africa: Pluses and minuses. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 20, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.07.031>
- Vázquez-López, R., Solano-Gálvez, S., León-Chávez, B. A., Thompson-Bonilla, M. R., Guerrero-González, T., Gómez-Conde, E., Martínez-Fong, D., & González-Barrios, J. A. (2018). Characterization of Gene Families Encoding Beta-Lactamases of Gram-Negative Rods Isolated from Ready-to-Eat Vegetables in Mexico City. *High-Throughput*, 7(4), 36. <https://doi.org/10.3390/ht7040036>
- Walsh, C. (2000). Molecular mechanisms that confer antibacterial drug resistance. *Nature*, 406(6797), 775-781. <https://doi.org/10.1038/35021219>
- Wang, N., Stelinski, L. L., Pelz-Stelinski, K. S., Graham, J. H., & Zhang, Y. (2017). Tale of the Huanglongbing Disease Pyramid in the Context of the Citrus Microbiome. *Phytopathology*, 107(4), 380-387. <https://doi.org/10.1094/phyto-12-16-0426-rvw>
- Yu, H, Xu, H, y Pérez, D. (2021). La humanidad enfrenta un desastre: la resistencia antimicrobiana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 20(3), 3850.

IX. ANEXOS

Anexo A

Flujograma sobre la metodología de preparación e inoculación de Agar Mueller-Hinton



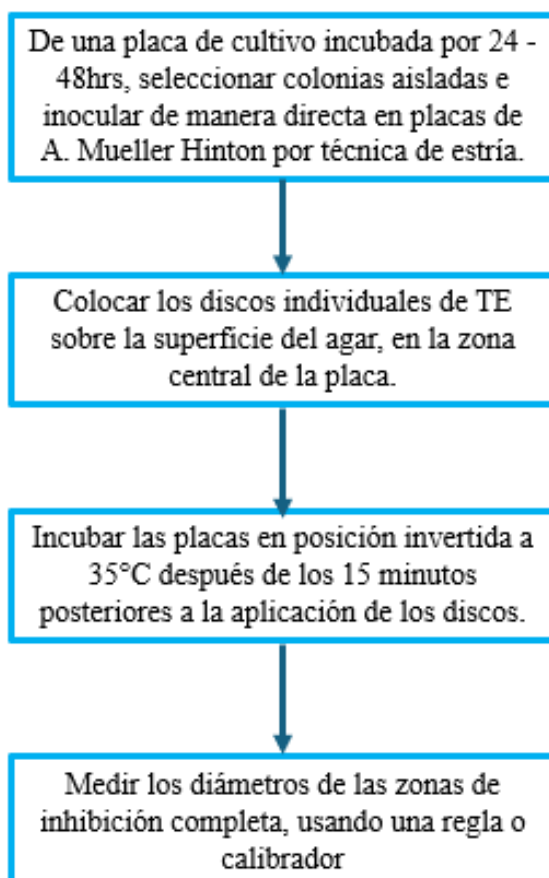
Nota: Adaptado de Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el Método de Disco Difusión por Sacsquise y Velásquez, 2002, Serie de Normas Técnicas N° 30.

Tabla A1*Antibióticos y diámetros críticos para Enterobacterias*

| ANTIMICROBIANO | CONTENIDO DEL DISCO | DIAMETRO EN mm | | |
|---|---------------------|----------------|-------|-----|
| | | R | I | S |
| PENICILINAS | | | | |
| Ampicilina | 10 µg | £ 13 | 14-16 | ³17 |
| CEFALOSPORINAS | | | | |
| Cefalotina | 30 µg | £ 14 | 15-17 | ³18 |
| Cefuroxima axetil (oral) | 30 µg | £ 14 | 15-22 | ³23 |
| Cefuroxima sodium (parenteral) | 30 µg | £ 14 | 15-17 | ³18 |
| Cefoxitina | 30 µg | £ 14 | 15-17 | ³18 |
| Cefotaxima | 30 µg | £ 14 | 15-22 | ³23 |
| Ceftriaxona | 30 µg | £ 13 | 14-20 | ³21 |
| Ceftazidima | 30 µg | £14 | 15-17 | ³18 |
| Cefixima | 5 µg | £ 15 | 16-18 | ³19 |
| Cefpirome * | 30 µg | £ 14 | 15-17 | ³18 |
| Cefepime | 30 µg | £ 14 | 15-17 | ³18 |
| β LACTAMICO/ INHIBIDOR DE BETALACTAMASA | | | | |
| Ampicilina/Sulbactam | 10/10 µg | £ 11 | 12-14 | ³15 |
| Amoxicilina/Ácido Clavulánico | 20/10 µg | £ 13 | 14-17 | ³18 |
| Cefoperazona/sulbactam + | 75 µg/30 µg | £ 15 | 16-20 | ³21 |
| MONOBACTAMS | | | | |
| Aztreonam | 30 µg | £ 15 | 16-21 | ³22 |
| CARBAPENEMS | | | | |
| Imipenem | 10 µg | £ 13 | 14-15 | ³16 |
| Meropenem | 10 µg | £ 13 | 14-15 | ³16 |
| AMINOGLUCOSIDOS | | | | |
| Gentamicina | 10 µg | £ 12 | 13-14 | ³15 |
| Amikacina | 30 µg | £ 14 | 15-16 | ³17 |
| QUINOLONAS | | | | |
| Acido nalidixico | 30 µg | £ 13 | 14-18 | ³19 |
| Norfloxacin | 10 µg | £ 12 | 13-16 | ³17 |
| Ciprofloxacina | 5 µg | £ 15 | 16-20 | ³21 |
| Ofloxacin | 5 µg | £ 12 | 13-15 | ³16 |
| TETRACICLINA | | | | |
| Tetraciclina | 30 µg | £ 14 | 15-18 | ³19 |
| OTROS | | | | |
| Cloramfenicol | 30 µg | £ 12 | 13-17 | ³18 |
| Trimetoprim/sulfametoxazol | 1,25/23,75µg | £ 10 | 11-15 | ³16 |

Anexo B

Flujograma sobre la metodología de inoculación de microorganismos aislados en Agar Mueller-Hinton



Nota: Adaptado de Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el Método de Disco Difusión, por Sacsquise y Velásquez, 2002, Serie de Normas Técnicas N° 30.

Anexo C

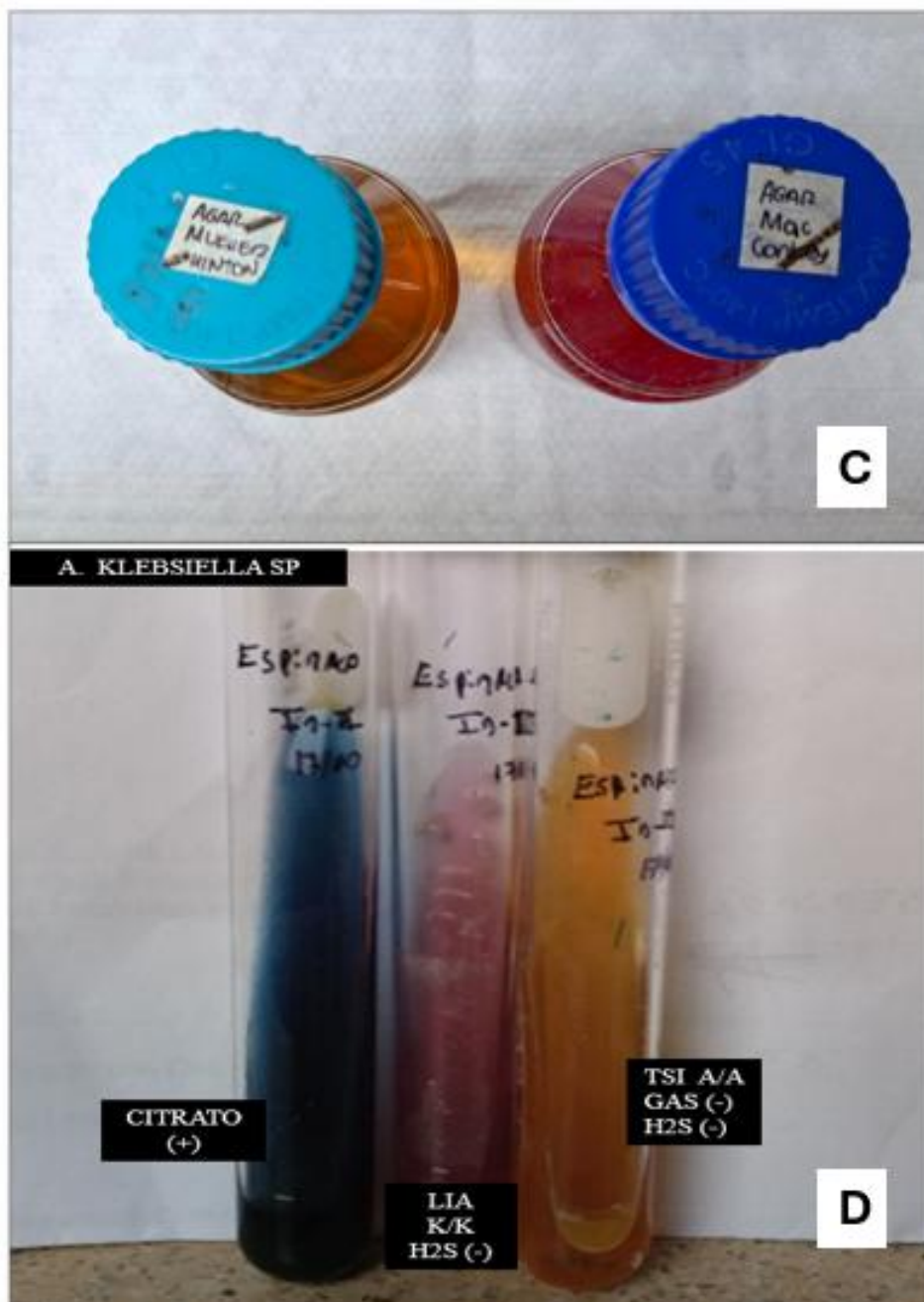
Fotografías del proceso experimental



Nota. **A:** Puesto 13 y 14 de la sección verduras del mercado Villa Hermosa, **B:** Compra de vegetales.

Anexo D

Fotografías de los medios de cultivo y pruebas bioquímicas para identificación bacteriana.



Nota. **C:** Agar Mueller Hinton y Agar MacConkey, **D:** Batería de pruebas bioquímicas en bacterias del envés de espinaca

Anexo E

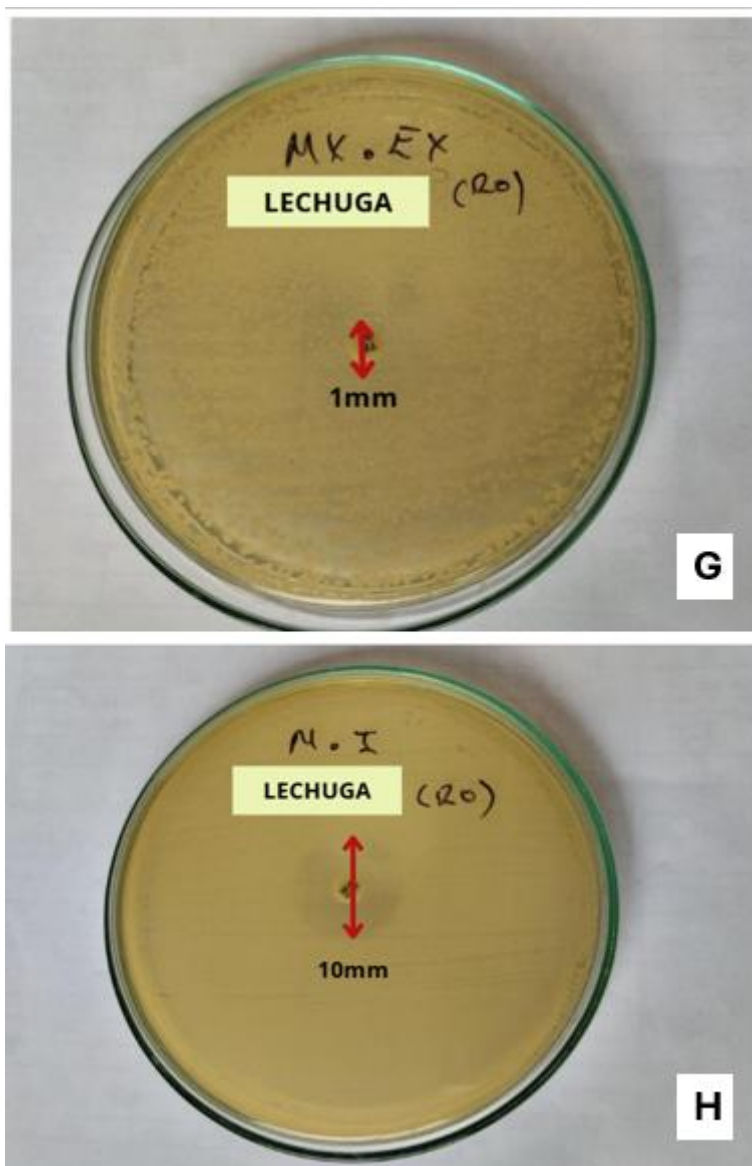
Fotografías de procedimiento de análisis de susceptibilidad.



Nota. **E**: Rotulado de muestras, **F**: Estriado en Agar Mueller Hinton.

Anexo F

Fotografías de Halos de inhibición.



Nota. **G:** Halo de inhibición del antibiótico tetraciclina (1mm) frente a bacteria *Klebsiella* sp, del Haz de Lechuga de la hoja 02. **H:** Halo de inhibición del antibiótico tetraciclina (10mm) frente a bacteria *Proteus* sp, del envés de Lechuga de la hoja 02.

Anexo G

Halos de inhibición obtenidos del análisis por duplicado de cada puesto del Mercado Villa Hermosa.

Tabla G1

Primer puesto

| Vegetales | Muestra | Halo Inhibición (mm) | Halo de Inhibición (mm) | Promedio (mm) |
|-----------|---------|-------------------------|----------------------------|---------------|
| Albahaca | Envés | 2 | 2 | 2 |
| | | 11 | 9 | 10 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | Haz | 5 | 5 | 5 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 12 | 8 | 10 |
| Lechuga | Envés | 20 | 20 | 20 |
| | | 9 | 9 | 9 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | | 12 | 8 | 10 |
| | | 12 | 12 | 12 |
| | | 12 | 14 | 13 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| | Haz | 20 | 20 | 20 |
| | | 9 | 9 | 9 |

| | | | | | |
|----------|-----------|-------|----|----|----|
| | | 14 | 10 | 12 | |
| | | 20 | 20 | 20 | |
| | | 25 | 25 | 25 | |
| Espinaca | Envés | 20 | 20 | 20 | |
| | | 23 | 23 | 23 | |
| | | 24 | 22 | 23 | |
| | | 26 | 26 | 26 | |
| | Haz | 1 | 1 | 1 | |
| | | 20 | 24 | 22 | |
| | | 22 | 22 | 22 | |
| | | 26 | 24 | 25 | |
| | Beterraga | Envés | 1 | 1 | 1 |
| | | | 10 | 14 | 12 |
| 15 | | | 15 | 15 | |
| Haz | | 1 | 1 | 1 | |
| | | 20 | 20 | 20 | |
| | | 16 | 16 | 16 | |
| | | 1 | 1 | 1 | |
| | | 1 | 1 | 1 | |

Tabla C2*Segundo puesto*

| Vegetales | Muestra | Halo Inhibición (mm) | Halo de Inhibición (mm) | Promedio |
|------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Albahaca | Envés | 19 | 21 | 20 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | Haz | 19 | 19 | 19 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 9 | 11 | 10 |
| | Lechuga | 20 | 20 | 20 |
| | | 10 | 8 | 9 |
| | | 10 | 10 | 10 |
| | | 11 | 9 | 10 |
| | | 12 | 12 | 12 |
| | | 13 | 13 | 13 |
| | | 8 | 10 | 9 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| Lechuga | Haz | 9 | 9 | 9 |
| | | 14 | 10 | 12 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| | | 25 | 25 | 25 |
| | | 25 | 25 | 25 |

| | | | | |
|------------------|--------------|----|----|----|
| Espinaca | Envés | 5 | 5 | 5 |
| | | 5 | 5 | 5 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| | | 23 | 23 | 23 |
| | | 10 | 14 | 12 |
| | | 4 | 4 | 4 |
| | | 11 | 11 | 11 |
| | Haz | 10 | 8 | 9 |
| | | 3 | 3 | 3 |
| | | 22 | 22 | 22 |
| | | 12 | 10 | 11 |
| | | 8 | 8 | 8 |
| | | 10 | 14 | 7 |
| | | 6 | 6 | 6 |
| Beterraga | Envés | 1 | 1 | 1 |
| | | 14 | 10 | 12 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 2 | 2 | 2 |
| | Haz | 1 | 1 | 1 |
| | | 20 | 20 | 20 |
| | | 16 | 16 | 16 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 1 | 1 | 1 |
| | | 3 | 1 | 2 |

3

3

3
