



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS
AISLADAS DE *Trachurus murphyi* (JUREL) Y *Oncorhynchus
mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS) EXPENDIDOS EN EL MERCADO
UNIÓN - DIGNIDAD DE LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EVELIN QUISPE CALSIN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y
LABORATORIO CLÍNICO**

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS AISLADAS DE Trachurus mu rphyi (JUREL) Y Oncorhynchus myk

AUTOR

EVELIN QUISPE CALSIN

RECuento DE PALABRAS

20396 Words

RECuento DE CARACTERES

115308 Characters

RECuento DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 29, 2023 9:22 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 29, 2023 9:24 AM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 15% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- 6% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)





DEDICATORIA

Este logro lo quiero dedicar en primera instancia a dios, porque me guió con bien hasta este punto de mi avance académico.

A nuestra casa de estudios, Universidad Nacional del Altiplano y a mi querida facultad de Biología.

A mi madre Hermilia, por siempre brindarme su apoyo en cada paso que doy con ese ímpetu de madre que la caracteriza. Gracias por esa confianza y amor desconmensurado que solo tu podrías dar.

Agradecer a mis hermanos por ese apoyo moral y emocional que me brindan cada día de manera excepcional.

Evelin Quispe Calsin



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme contar con buena salud y rodearme de buenas personas en el camino de mi formación profesional.

Quiero agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología, y así también a su distinguida plana docentes por contribuir con mi formación profesional,

Gracias a mi familia por siempre apoyarme en cada avance que pueda tener y así también compartir su experiencia y sabiduría conmigo.

Agradecer también a mi asesor de tesis, el Dr. Juan José Pauro Roque por su comprensión y dedicación en lo que llevo el proceso de ejecución de esta tesis.

Agradecer a mis amigos, aquellos que estuvieron dándome ese ánimo y deseándome parabienes en todo momento.

Finalmente, a todos aquellos que confiaron en lo que podría llegar a hacer, muchas gracias.

Evelin Quispe Calsín



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES 17

2.2 MARCO TEÓRICO..... 23

2.2.1 Susceptibilidad antimicrobiana 23

2.2.2 Bacterias en recursos hidrobiológicos 27

2.2.3 *Trachurus murphyi* (jurel)..... 28

2.2.4 *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris)..... 30

2.2.5 Antibióticos..... 34

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO 41

3.2 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... 42

3.3 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA 42

**3.4 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE
Escherichia coli AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL
Y TRUCHA ARCO IRIS 44**



3.5	EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA DE <i>Staphylococcus aureus</i> AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS.....	47
------------	---	-----------

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE <i>Escherichia coli</i> AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS	52
4.2	SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA DE <i>Staphylococcus aureus</i> AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS	68
V.	CONCLUSIONES.....	83
VI.	RECOMENDACIONES.....	84
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
	ANEXOS.....	96

Área: Ciencias Biomédicas

Sub línea de investigación: Diagnóstico y Epidemiología

Fecha de sustentación: 04 de enero del 2024.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de los antibióticos tipo tetraciclina (Lorenzo et al., 2015).....	35
Figura 2. Estructura química de la gentamicina (Lorenzo et al., 2015).....	36
Figura 3. Ubicación del mercado Unión – Dignidad en la ciudad de Puno (www.googlemap, 2022).....	41
Figura 4. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de tetraciclina sobre <i>Escherichia coli</i>	53
Figura 5. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de tetraciclina sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de trucha arco iris.	54
Figura 7. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de tetraciclina sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de jurel.	55
Figura 8. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de gentamicina sobre <i>Escherichia coli</i>	58
Figura 9. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de gentamicina sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de trucha arco iris.	59
Figura 10. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de cloranfenicol sobre <i>Escherichia coli</i>	62
Figura 11. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de cloranfenicol sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de trucha arco iris.	62
Figura 12. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de cloranfenicol sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de jurel.	63
Figura 13. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de trimetoprim – sulfametoxazol sobre <i>Escherichia coli</i>	66
Figura 14. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de trimetoprim – sulfametoxazol sobre <i>Escherichia coli</i> aislada de trucha arco iris.....	66
Figura 15. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de oxacilina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> , aislado de dos muestras de peces.....	70
Figura 16. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de oxacilina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislada de trucha arco iris.....	70
Figura 17. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de oxacilina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislada de trucha arco iris.....	71



Figura 18. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de ciprofloxacina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> , aislado de dos muestras de peces.....	74
Figura 19. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de ciprofloxacina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislada de trucha arco iris.....	75
Figura 20. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de eritromicina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> , aislado de dos muestras de peces.....	77
Figura 21. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de ciprofloxacina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislada de trucha arco iris.....	78
Figura 22. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de nitrofurantoína sobre <i>Staphylococcus aureus</i> , aislado de dos muestras de peces.....	81
Figura 23. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de nitrofurantoína sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislada de trucha arco iris.....	81
Figura 24. Expendio de <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris) y <i>Trachurus murphyi</i> (jurel) en el mercado Unión – Dignidad.....	96
Figura 25. Preparación de caldo triptona en los tubos para la dilución de las muestras.	96
Figura 26. Muestras de <i>Trachurus murphyi</i> (jurel) y <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris) en bolsas herméticas con caldo triptona previo a su agitación.	96
Figura 27. Transferencia de caldo Tryptona a las bolsas herméticas para la agitación con muestras de <i>Trachurus murphyi</i> (jurel) y <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris).....	97
Figura 28. Preparación de agar EMB y MS para cultivo de bacterias.....	97
Figura 29. Cultivo bacteriano para la identificación y diferenciación de bacterias <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	97
Figura 30. Crecimiento de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> en agar EMB y MS.	98
Figura 31. Preparación de pruebas bioquímicas para <i>Escherichia coli</i> (izquierda) y resultados positivos (derecha).	98
Figura 32. Pruebas bioquímicas de catalasa, coagulasa y hemólisis para la identificación de <i>Staphylococcus aureus</i>	98
Figura 33. Tinción de Gram para las muestras de <i>Trachurus murphyi</i> (jurel) y <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris).	99



Figura 34. Observación microscópica de <i>Staphylococcus aureus</i> (izquierda) y <i>Escherichia coli</i> (derecha) aislados de las muestras de peces.....	99
Figura 35. Estándar 0.5 de McFarland utilizado para la preparación de diluciones bacterianas.....	99
Figura 36. Turbidez del estándar 0.5 de McFarland y la muestra bacteriana.....	100
Figura 37. Transferencia de discos de sensibilidad en agar Mueller Hinton para <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	100
Figura 38. Medición de los halos de inhibición con un calibrador.....	100
Figura 39. Resultados de antibiogramas de <i>Staphylococcus aureus</i> (izquierda) y <i>Escherichia coli</i> (derecha) para <i>Trachurus murphyi</i> (jurel) y <i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris).....	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del jurel.....	30
Tabla 2. Nutrientes que consume la trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en 100 g.....	33
Tabla 3. Distribución de muestras de trucha arco iris y jurel evaluadas por mes de ejecución.....	43
Tabla 4. Diámetros de halos de inhibición de discos de tetraciclina sobre <i>Escherichia coli</i>	52
Tabla 5. Diámetros de halos de inhibición de discos de gentamicina sobre <i>Escherichia coli</i>	57
Tabla 6. Diámetros de halos de inhibición de discos de cloranfenicol sobre <i>Escherichia coli</i>	60
Tabla 7. Diámetros de halos de inhibición de discos de trimetoprim – sulfametoxazol sobre <i>Escherichia coli</i>	65
Tabla 8. Diámetros de halos de inhibición de discos de oxacilina sobre <i>Staphylococcus aureus</i> aislados de truch arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad.....	69
Tabla 9. Diámetros de halos de inhibición de discos de ciprofloxacina sobre <i>Staphylococcus aureus</i>	73
Tabla 10. Diámetros de halos de inhibición de discos de eritromicina sobre <i>Staphylococcus aureus</i>	76
Tabla 11. Diámetros de halos de inhibición de discos de nitrofurantoína sobre <i>Staphylococcus aureus</i>	80



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	: grados centígrados
C. V.	: coeficiente de variabilidad
et al.	: y colaboradores
g	: gramo
M1, M2 y M3	: muestreos 1, 2 y 3
P	: probabilidad
pH	: potencial de hidrogeniones
Prom	: promedio
INS	: Instituto Nacional de Salud
EMB	: agar Eosin Metil Blue
TSI	: agar Triple Sugar Iron
LIA	: agar Lisina Iron Agar
CS	: agar Citrato Simmons
MS	: agar Manitol Salado



RESUMEN

Los productos hidrobiológicos como la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producida en el Lago Titicaca y el jurel (*Trachurus murphyi*) transportado desde el litoral peruano, poseen carga microbiana en su superficie corporal que procedería de las diferentes etapas desde su pesca hasta el mercado y muchas de ellas poseerían resistencia a los antibióticos, motivo de la presente investigación. En tal sentido los objetivos específicos fueron evaluar la susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* aislada de la superficie corporal de trucha arco iris y jurel frente a antibióticos para Gram negativos (tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol y trimetoprim – sulfametoxazol) y Gram positivos (oxacilina, ciprofloxacina, eritromicina y nitrofurantoina) prescritos en la salud pública. Se evaluaron 30 muestras, 15 de trucha arco iris y 15 de jurel, distribuidos en 5 muestreos (Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA) y tres repeticiones por muestreo, se realizó el método de siembra por estría en placa para el aislamiento de ambas bacterias en agar EMB y Manitol Salado, respectivamente. La susceptibilidad antibiótica se determinó mediante el método de Kirby Bauer, donde se midieron los diámetros de halos de inhibición generada por los antibióticos mencionados en el Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el Método de Difusión en Disco (INS, 2002). Los resultados fueron: *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris exhibieron un 60% de respuesta intermedia y 20% reflejaron resistencia a cloranfenicol, 40% presentó respuesta intermedia a trimetoprim – sulfametoxazol; en jurel, el 20% fueron intermedias y resistentes respectivamente a tetraciclina, y 80% intermedio y 20% resistente a cloranfenicol. *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris resultaron con el 20% de respuesta intermedia y resistente a oxacilina, respectivamente, el 60% tuvo respuesta intermedia a eritromicina y 20% fue resistente a nitrofurantoina; en aisladas de jurel un 20% fueron intermedias a oxacilina y sensibles a los demás antibióticos. Se concluye que las bacterias aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad presentan resistencia a cloranfenicol, tetraciclina en *Escherichia coli*; como también a oxacilina y nitrofurantoina en *Staphylococcus aureus*.

Palabras clave: peces, mercado *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, susceptibilidad, antibiograma, (Según DeSC, descriptores en Ciencias de la Salud).



ABSTRACT

Hydrobiological products such as rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) produced in Lake Titicaca and jack mackerel (*Trachurus murphyi*) transported from the Peruvian coast, have microbial load on their body surface that would come from the different stages from their fishing to the market and many of them would have resistance to antibiotics, which is the reason for this research. In this sense, the specific objectives were to evaluate the antibiotic susceptibility of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* isolated from the body surface of rainbow trout and jack mackerel against Gram-negative (tetracycline, gentamicin, chloramphenicol and trimethoprim-sulfamethoxazole) and Gram-positive (oxacillin, ciprofloxacin, erythromycin and nitrofurantoin) antibiotics prescribed in public health. Thirty samples were evaluated, 15 of rainbow trout and 15 of horse mackerel, distributed in 5 samplings (Ministerial Resolution N° 591-2008/MINSA) and three repetitions per sampling, using the streak plate seeding method for the isolation of both bacteria in EMB agar and Manitol Salado, respectively. The susceptibility was determined using the Kirby Bauer method, where the diameters of inhibition halos generated by the antibiotics mentioned in the Procedural Manual for Antimicrobial Susceptibility Testing by the Disc Diffusion Method (INS, 2002) were measured. The results were: *Escherichia coli* isolated from rainbow trout exhibited 60 % intermediate response and 20 % reflected resistance to chloramphenicol, 40 % showed intermediate response to trimethoprim-sulfamethoxazole; in jack mackerel, 20 % were intermediate and resistant respectively to tetracycline, and 80 % intermediate and 20 % resistant to chloramphenicol. *Staphylococcus aureus* isolated from rainbow trout had 20 % intermediate response and resistance to oxacillin, respectively, 60 % had intermediate response to erythromycin and 20% were resistant to nitrofurantoin; in jack mackerel isolates 20 % were intermediate to oxacillin and sensitive to the other antibiotics. It is concluded that bacteria isolated from rainbow trout and jack mackerel sold in the Union-Dignity market are resistant to chloramphenicol, tetracycline in *Escherichia coli*, and oxacillin and nitrofurantoin in *Staphylococcus aureus*.

Key words: fish, market *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, susceptibility, antibiogram (According to DeSC, descriptors in Health Sciences).



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional se viene reportando el incremento de la resistencia bacteriana a los antibióticos en microorganismos aislados de diversos alimentos de origen pesquero como peces y mariscos (Puig et al., 2019; Rosado, 2018) por lo que se recomienda investigar las causas relacionadas con la emergencia y la diseminación de bacterias multirresistentes, en razón de que no solo se limitan a riesgos para la salud pública, sino que condiciona pérdidas de producción y consecuencias negativas para los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria (OMS, 2005).

En el mercado Unión – Dignidad de la ciudad de Puno, normalmente expenden peces de origen marino como el jurel (*Trachurus murphyi*) y lacustre como la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), los cuales son los más consumidos por la población de la ciudad de Puno, y que lo que se investigó es si en su superficie corporal poseen bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* con propiedades de resistencia a los antibióticos, y que según la One Health o “Una Salud”, recomienda diseñar y aplicar programas, políticas, leyes e investigaciones para lograr la inocuidad de los alimentos, el control de zoonosis y la resistencia a los antibióticos (Ramón et al., 2018) en razón de que la aplicación rutinaria de antibióticos en el alimento de animales para el consumo humano, incrementa la generación de bacterias resistentes a los antibióticos conllevando a un problema mayor de salud pública (Cota et al., 2014).

Son escasos los reportes científicos acerca de bacterias resistentes a los antibióticos procedentes de recursos hidrobiológicos en la región Puno, en especial si se exponen a antibióticos que prescriben los médicos cirujanos en la terapia de diferentes



infecciones en la salud pública. La investigación se plantea para determinar si las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* presentes en la superficie corporal de jurel procedente del mar y trucha arco iris procedente del lago Titicaca, posean respuestas de resistencia a los antibióticos de uso humano, ya que de manera directa o indirecta originaría infecciones en los seres humanos, y ante una ulterior administración de antibióticos, los mencionados antibióticos no puedan controlarlos ni mitigar la infección por estos microorganismos resistentes que se encontrarían presentes en los alimentos de origen animal y de cuerpos acuáticos.

En la investigación se reporta la susceptibilidad a los antibióticos de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* aisladas de la superficie corporal de jurel y trucha arco iris, según el Manual de Susceptibilidad Antimicrobiana del INS (2002), exhibiéndose que muchas de las bacterias aisladas poseen respuestas intermedias y resistencia a algunos antibióticos, con estos resultados las autoridades pertinentes actúen en sus respectivos ámbitos de acción, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores de recursos hidrobiológicos, como son los peces que se expenden en un mercado de la ciudad de Puno.

Razón por la cual esta investigación tuvo los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la susceptibilidad antimicrobiana en bacterias aisladas de *Trachurus murphyi* (jurel) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris) expendidos en el mercado Unión – Dignidad de la ciudad de Puno.



1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la susceptibilidad antimicrobiana de *Escherichia coli* aislada de la superficie corporal de *Trachurus murphyi* y *Oncorhynchus mykiss* frente a los antibióticos tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol y trimetoprim - sulfametoxazol prescritos contra Gram negativos.
- Evaluar la susceptibilidad antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* aislada de la superficie corporal de *Trachurus murphyi* y *Oncorhynchus mykiss* frente a los antibióticos oxacilina, ciprofloxacina, eritromicina y nitrofurantoina prescritos contra Gram positivos.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Centeno y Rodríguez (2005) en Cumaná (Venezuela) evaluaron hongos y bacterias en 60 muestras congeladas de peces de merluza (*Merluccius* spp.) y bonito (*Scomberomorus* spp), expandidas en tres supermercados, donde los promedios de los recuentos de bacterias aerobias psicrotrófilas y mesófilas no superaron los límites internacionales permitidos, las bacterias aisladas frecuentemente fueron *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas* spp., *Micrococcus nishinomiyaensis* y *Shewanella putrefaciens* y los hongos fueron *Rhodotorula* spp. y *Geotrichum candidum*. Por otra parte, **López et al. (2009)** en cuatro regiones del Valle de Culiacán, Sinaloa, México, reportaron que las muestras de agua presentaron *Salmonella*. En muestras de agua el 98% estuvo contaminada con *Escherichia coli*, con promedios de $4 - 4.5 \times 10^5$ UFC/100 ml y 1.6×10^4 UFC/100 ml, donde *Salmonella* fue susceptible a ciprofloxacino, ampicilina, trimetoprim-sulfametoxazol y exhibieron resistencia a tetraciclina. En *Escherichia coli*, 9 resultaron resistentes a tetraciclina, 38 a estreptomycinina y sólo una cepa a gentamicina; y 23 cepas resultaron con resistencia intermedia.

Por otro lado, **Sánchez et al. (2009)** indican que los enterococos presentes con gran frecuencia en alimentos, son considerados como un reservorio de elementos genéticos transmisibles implicados en la diseminación de resistencias. Sus resultados mostraron que la prevalencia de resistencia a los antimicrobianos entre las cepas de enterococos en el queso y la carne era alta y que la presencia de cepas multirresistentes también era común. Por el contrario, las cepas de enterococos procedentes del marisco



son menos resistentes a los agentes antimicrobianos. Asimismo, **Romero et al. (2011)** con el objetivo de determinar la diferencia cualitativa y cuantitativa de la carga bacteriana en especies de pescados de importancia comercial, antes y después de procesarse para su comercialización, la contaminación por especies de *Streptococcus* y *Staphylococcus saprophyticus* se registró desde el ambiente de los peces, por tanto los resultados de este estudio presentan datos valiosos sobre el riesgo que acarrea para la población el consumo de pescado contaminado con esos patógenos en áreas del Caribe mexicano.

Cuesta (2013) evaluó los parámetros microbiológicos de 3 diferentes muestras de pescado (*Ocyurus chrysurus*, *Carangoides ruber* y *Scomberomorus maculatus*) conservadas mediante ahumado en frío, y encontró que el recuento de *Escherichia coli* en los 3 pescados se encuentran por encima de lo aceptado por normatividad (entre 10 y 400 UFC/g de muestra) en este caso se informó cifras mayores a 1,600 UFC/g, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo en las 3 muestras presentaron recuentos por encima de lo aceptado por normatividad (entre 100 y 1000 UFC/ g de muestra) con valores mayores a 1,600 UFC/g en medio Baird Parker. De similar modo, **Coguila y Concha (2015)** en el Cercado de Arequipa (Perú) evaluaron la calidad sanitaria del ceviche comercializado en establecimientos cevicheros, el pescado utilizado fue el perico o dorado (*Coryphaena hippurus linnaeus*), y reportan que *Escherichia coli* se aisló en el 17.6% de muestras de pescado y en el 23.5% de muestras de ceviche; *Staphylococcus aureus* en el pescado se determinó en el 47.1% de muestras que superaron el límite permisible, y en el 17.6% de muestras de ceviche.

Romero (2017) con el objetivo de determinar la presencia de resistencias múltiples (biocidas, antibióticos, conservantes químicos, compuestos fenólicos y metales) en aislados bacterianos de diferentes pescados, el 75.86% de los 87 aislados estudiados



eran resistentes al menos a un antibiótico o a un biocida y el 6.90% mostraban resistencia múltiple, al menos a tres de los biocidas ensayados y por lo menos a tres de los antibióticos. Las bacterias multirresistentes (especialmente las que producen betalactamasas de espectro extendido) se han convertido en un grave problema de salud. De igual modo, **Díaz (2017)** aislaron y confirmaron 19 cepas de 63 (30.15%) muestras del género *Salmonella enterica* subsp. *enterica* en muestras de agua de la laguna de Zapotlán, en el cual el serotipo con mayor frecuencia fue *Salmonella agona* en 68.42% (13/19), a continuación, se tiene al serogrupo S. B. con 21.05% (4/19), *Salmonella typhimurium* presentó el 5.26% (1/19) y *Salmonella weltevreden* en 5.26% (1/19). El 94.8% (18/19) de los aislamientos resultaron resistentes al menos a colistina, ácido nalidíxico, tetraciclina y trimetoprima – sulfametoxazol; y solo el 5.26% (1/19) fueron susceptibles a todos los antimicrobianos expuestos.

Navarro (2017), al determinar la calidad microbiológica de jureles y choros de 30 mercados de las regiones de San Juan de Lurigancho y San Martín de Porres (Lima, Perú), mencionó que el 56% de las muestras analizadas fueron no válidas. En la alimentación humana, además, se encontró que el 17% de las muestras de jurel y el 63% de las muestras de choro tenían *Escherichia coli* que excedía el límite máximo permitido. Otra investigación realizada por **Rosado (2018)** identificó fenotípicamente la resistencia antimicrobiana hacia 5 antibióticos usados en acuicultura langostinera, por parte de especies del género *Vibrio*, identificando 57 cepas mediante bioquímica presuntiva como *Vibrio* spp, de los cuales 8 cepas fueron de *Vibrio cholerae*, 3 cepas de *Vibrio mimicus*, 11 cepas de *Vibrio harveyi*, 8 cepas de *Vibrio vulnificus*, 11 cepas de *Vibrio parahaemolyticus* y 16 cepas de *Vibrio alginolyticus*. El antibiótico al que resultaron ser más resistentes las bacterias fue la ampicilina (47%), seguido del cloranfenicol (19%) y



la tetraciclina (16%), mientras que el sulfametoxazol y la trimetoprima fueron altamente sensibles (95%), pero también existió resistencia (3%).

Arenas (2018), documentó el papel potencial de la aparición de patógenos zoonóticos resistentes a antibióticos en el sector ganadero colombiano. El patógeno transmitido por los alimentos resistente a los antibióticos que se reporta con mayor frecuencia es la *Salmonella* sp y *Escherichia coli*. Se encontró que el uso no médico y el abuso de antibióticos β -lactámicos, macrólidos y tetraciclinas ejercen la mayor presión de selección. Además, la investigación local ha identificado fuentes ambientales y alimentos contaminados con trazas de antibióticos. Por otra parte, **Vásquez et al. (2018)** con el objetivo de establecer el estado microbiológico de los pescados y mariscos expendidos en mercados y mercadillos de la ciudad de Huánuco, hallaron que todas las muestras fueron positivas a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en mayor o menor grado, dependiendo del mercado de origen de la muestra. *Escherichia coli* se identificó con un promedio de 208 y 880 UFC, y *Staphylococcus aureus* con 259 y 120 UFC. Las muestras del mercado Central fueron las más contaminadas con *Escherichia coli*, y las del Mercadillo Don Pedrito las más contaminadas con *Staphylococcus aureus*; asimismo, las muestras de mariscos estuvieron más contaminadas que las de pescado.

Puig et al. (2019) identificaron la resistencia antibiótica en dos cepas de *Salmonella* y seis de *Escherichia coli* con mayor frecuencia para la ampicilina y la tetraciclina. En los estafilococos se encontraron patrones de resistencia a múltiples fármacos: cloranfenicol, eritromicina y tetraciclina. *Vibrio cholerae* es el género más aislado de peces y crustáceos, y las cepas resistentes son más comunes en ostras y peces de agua dulce. La resistencia a la ampicilina y la tetraciclina fue mayor entre todos los microorganismos estudiados, y las ostras se encuentran entre las que corren mayor riesgo



de propagar bacterias resistentes a los medicamentos antimicrobianos. Se debe agregar que **Sanabria y Chiquillo (2019)** en Colombia las especies más consumidas son trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y el bagre (*Brachyplatistoma* sp.) y con el objetivo de determinar la calidad microbiológica de una trucha arco iris y un bagre comercializados en Tunja, los resultados evidenciaron la presencia de cepas de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, y *Vibrio* spp. Las muestras analizadas, no cumplieron con los requisitos microbiológicos para su comercialización, pudiendo representar una amenaza en la salud de los consumidores.

Rondón et al. (2019) el objetivo fue caracterizar sanitariamente la cadena de comercialización pesquera e identificar los puntos de contaminación microbiológica desde el desembarque hasta la venta, en el puerto de Pucallpa, Ucayali, Perú, detectó la presencia de coliformes, *Escherichia coli* y *Pseudomona* sp en niveles elevados; los mesófilos estuvieron por encima al límite máximo permisible en carne de bagre (*Siluriforme* spp); *Escherichia coli* estuvo en bajos niveles en la carne de las tres especies evaluadas (boquichico *Prochilodus nigricans*, palometa *Mylossoma duriventre* y bagre); *Staphylococcus aureus* estuvo presente en niveles bajos, pero por encima del LMP en bagres; *Salmonella* sp, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahemolyticus* estuvieron ausentes. A su vez, **Tafur et al. (2019)** al determinar bacterias en el tracto digestivo de peces marinos comercializados en el mercado de Tingo María (Perú), evidencian la presencia de microorganismos mesófilos no patógenos y microorganismos patógenos; existe mayor presencia de patógenos (70%) como *Salmonella* spp y *Escherichia coli* termotolerante, llegando a 23% y 22% del total de muestras, el pez más susceptible fue *Mugil cephalus* (lisa) en el 52% y los órganos más habitados son el estómago e intestinos.

También cabe mencionar a **Ninahuaman (2019)**, al determinar la calidad



bacteriológica de *Trachurus picturatus murphyi* (rábano picante) en el mercado Andrés Avelino Cáceres (Arequipa - Perú) identificando que el 50% de las muestras presentaron *Escherichia coli* en el mercado Nueva Esperanza y en establecimiento Mi Mercado el 33.3% de los productos no son aptos para el consumo humano. *Staphylococcus aureus* coagulasa fue positivo en el 12.50% de las muestras siendo consideradas no aptas. El mercado donde apareció *Staphylococcus aureus* fue el mercado Señor del Gran Poder donde el 50% de las muestras fueron consideradas no aptas. En Nueva Aurora se consideró inapropiado, tampoco *Salmonella* en todas las muestras analizadas. De manera similar, **Flores y Mendoza (2019)** evaluaron los factores asociados con la detección de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de ceviche tomadas en las aguas termales de Ancona. Al identificar los microorganismos patógenos, se encontró que el 63.7% de las muestras de ceviche tenían demasiados grupos de *Escherichia coli*. La tasa de detección de *Escherichia coli* fue del 18.3%.

González y Bravo (2020) con el objetivo de identificar a *Vibrio* spp y otras bacterias en pescados procedentes de las comunidades Poneloya, Las Peñitas, Jiquilillo y El Tránsito, lograron determinar cepas bacterianas que correspondían a *Salinivibrio costicola*, *Vibrio metschnikovii*, *Staphylococcus* spp, *Corynebacterium* spp y *Streptococcus* spp, en peces de la comunidad de Poneloya la carga bacteriana fue mayor con 4,900 UFC/g de carne y las demás comunidades con 400 UFC/g de carne. Las especies de *Vibrios* fueron propias de ambientes marinos, pero pueden presentar riesgos sanitarios, como *Vibrio metschnikovi*, y bacterias Streptococcaceae, procederían de la contaminación antropogénica. Otro estudio realizado por **Céspedes (2021)** con el objetivo de caracterizar bacterias halotolerantes aisladas del proceso de salado-madurado de *Engraulis ringens* provenientes de una empresa pesquera de Chimbote (Perú), obtuvo



los géneros *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Oceanobacillus*, *Salinococcus*, *Psychrobacter* y *Sporosarcina*, de los cuales 5 géneros de bacterias halotolerantes aisladas (*Bacillus*, *Oceanobacillus*, *Salinicoccus*, *Psychrobacter* y *Sporosarcina*) fueron de procedencia marina y no patógenas ni indicadoras de contaminación.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Susceptibilidad antibiótica

a. Concepto

La susceptibilidad antibiótica consiste en la capacidad que posee un microorganismo de ser afectado o bien inhibido a causa de antibiótico específico o antimicrobiano, donde se mide la eficacia en diversos microorganismos (Ovislab, 2023). La resistencia a los antibióticos involucra crecientemente cepas, nuevas especies y nuevos mecanismos, desarrollado con el paso de los años, con absoluto hábito indiscriminado e inapropiado de los antimicrobianos (Calderón y Aguilar, 2016). También, la multirresistencia es la resistencia de un microbio a la exhibición de dosis terapéuticas de tres o más antibióticos, que pertenecen a diferentes grupos antibacterianos (Cabrera et al., 2007).

Las bacterias son fenomenales cambiando genes de resistencia en el huésped peor aún si este microorganismo es patógeno en el personaje todo esto en huéspedes procedentes de ambientes acuáticos; se ha demostrado en *V. cholerae* la transferencia de plásmidos que portan genes que condicionan multirresistencia antimicrobiana (Heenatigala, 2017).

El mayor riesgo en la salud pública es debido a la sorprendente resistencia bacteriana con relación a los antibióticos, en tanto es pertinente disponer la situación con



el acontecimiento y esparcimiento de bacterias multirresistentes. El manejo oportuno y esencial de los antibióticos tiene criterios de letalidad, contagio en personas hospitalizadas, relación entre animales y personas, si hay estrategias de recelo, si brota resistencia en un ambiente no hospitalario y un nuevo antibiótico (OMS, 2016).

La OMS (2017) instituye tres principales peldaños con respecto a los antibióticos, empezando con la prioridad baja, prioridad media y prioridad elevada; además la prioridad crítica destaca con las especies de *Acinetobacter baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa* dado que su resistencia es hacia los carbapenémicos, por otro lado la familia Enterobacteriaceae no solo tiene resistencia a los carbapenémicos sino debido a que son productoras de β lactamasas de espectro esparcido (ESBL); y que estas son expertos en inactivar las cefalosporinas de 3ª descendencia, estos antibióticos se presencian en su mayoría en algunas enfermedades graves (OMS, 2017).

La decadencia en la economía a nivel mundial o nacional es a consecuencia negativa de los efectos de la resistencia antimicrobianos, condicionando pérdidas de productividad, influyendo negativamente en los recursos de sostenimiento y la protección alimentaria; además, la Comisión del Codex Alimentario de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el 39 período de sesiones estimó que los costos económicos de la resistencia a los antimicrobianos (OMS, 2016).

b. Tipos de resistencia antimicrobiana

Existen tipos de resistencia bacteriana como son:

- **Resistencia intrínseca.** Es una posesión originaria de intervalo amplio de las bacterias con respecto a la resistencia, por dechado, la resistencia de las bacterias



Gram negativas frente a la vancomicina, para este molde de bacterias la situación es impasible; precisamente, la resistencia de las micoplasmas no es sensible a la operación de los β -lactámicos, antimicrobianos cuya diana es la síntesis de esta organización de las bacterias, asimismo, estas bacterias carecen de pared celular (Baires, 2013).

- **Resistencia adquirida.** Una colonia bacteriana de una especie determinada puede residir presencia en la resistencia adquirida y también indeciso, la resistencia adquirida puede deberse a mutaciones de genes cromosómicos existentes, mutaciones del material genético externo o congénito, incluso a la consecución de material genético externo, estos son rasgos genéticos que están en concierto directo de la variabilidad bacteriana (Baires, 2013).

c. Mecanismos de transferencia de ADN para la resistencia a los antibióticos

Las bacterias poseen resistencia a los antibióticos a cabo de resultados de mutaciones cromosomales e intercambio de material genético entre bacterias o fagos, entre los mecanismos se tienen:

- **Transformación.** Consiste en la transacción o acrecentamiento por un ente microscópico de ADN libre extracelular procedente de la lisis de otras bacterias (Moreno et al., 2009).
- **Transducción.** Presenta un componente consiste en la transferencia de ADN a partir un ente bacteriófago hacia el ADN cromosómico o plasmídico de un microbio, dicho de otra manera, a los virus que infecta bacterias (Abreu et al., 2011).
- **Transposición.** Agitación de un elemento de ADN (transposon) que puede abarcar genes para la resistencia a muchos antibióticos y otros segmentos



de ADN reunidos son aptos para el énfasis de un organizador y son muy especiales (Cabrera et al., 2007).

- **Conjugación.** Consiste en un intercambio de dos organismos microscópicos del material genético que se denominan donante y receptor; esto a través de la hebra sexual o sino también por contacto físico entre ambos (Abreu et al., 2011).

d. Mecanismos de resistencia a los antibióticos en las bacterias

- **Bombas de reflujo o expulsión del antibiótico del interior de la célula bacteriana.** Encamina al agente microbiano hacia el exterior de la célula sin alterarlo, y sin acción antimicrobiana (Moreno et al., 2009), mediante bombas de expulsión dependientes de energía (Abreu et al., 2011).
- **Alteración o inactivación del antibiótico mediante enzimas hidrolíticas.** Mecanismo por el cual la resistencia adquirida del microorganismo se da por la producción de enzimas que van a hidrolizar (Cordiés et al., 1998), como las betalactamasas, enzimas que hidrolizan el anillo betalactámico de la molécula (Cabrera et al., 2007).
- **Bloqueo de la penetración del antibacteriano mediante modificación del sitio activo.** La modificación del sitio de unión del antimicrobiano sufre una pérdida de la afinidad y así impide su acción (Abreu et al., 2011), donde la modificación de un aminoácido originará un blanco diferente y así disminuirá la afinidad de unión por el antimicrobiano (Moreno et al., 2009).

e. Mecanismos de resistencia bacteriana a los antibióticos por tipo de modificación del sitio activo

- **Modificación de PBP (penicilin-bindingprotein).** Es un Complejo enzimático que autoriza la síntesis del peptidoglicano que, si se genera la mutación del sitio



de unión al antimicrobiano, no podrán actuar y genera resistencia (Moreno et al., 2009).

- **Modificación ribosomal.** Se presenta la actuación de los genes *erm A* y *erm B* que cambian el sitio activo del ribosoma a través de la metilación, y se genera el mecanismo importante en la resistencia a macrólidos que son como *Streptococcus pneumoniae* y *Streptococcus pyogenes* (Moreno et al., 2009).
- f. **Variación de la permeabilidad de la membrana citoplasmática bacteriana.** Son cambios en el diámetro y/o número de porinas, así se pueden imponer el ingreso del antimicrobiano a la bacteria y alcanzar el núcleo celular (Cordiés et al., 1998). Además, decir que es importante en Gram negativas, ya que poseen porinas que prohíben e impiden el paso de moléculas hidrofóbicas (Abreu et al., 2011).
- g. **Biofilms.** Cumplen mecanismos de defensa en frente a la luz ultravioleta, la deshidratación, la acción de los antibióticos, los mecanismos de defensa del organismo como la fagocitosis y otras amenazas ambientales (Abreu et al., 2011).
- h. **Expresión incrementada del sitio blanco.** Cuando están en agentes microscópicos presentan duplicación génica a las mutaciones de los promotores implicados en la transcripción de estos genes (Cabrera et al., 2007).

2.2.2 Bacterias en recursos hidrobiológicos

Las bacterias que habitan en el mar son halófitos, si bien existe algunas bacterias halo tolerantes estas pueden crecer no solo en las aguas sino también en los peces presentes, pero su distribución está limitada a las áreas cercanas a la costa si su número no es significativo. En una cantidad mayoritaria las bacterias marinas son Gram negativas. En la costa el equilibrio de microorganismos Gram negativos es del 80%, los cultivos de



aguas marinas aumentan radicalmente en un 95% por lo general los microorganismos presentes en el mar están en constante movimiento, las bacterias de un 75% a 85% tienen flagelos; pero, la mayoría de estos organismos son anaerobios facultativos es decir crecen mejor en presencia de oxígeno (Livenais, 2009). Según MacDonell y Hood (1982) menciona que existe en el agua de mar una elevada proporción de bacilos cortos y delgados, algunos de ellos pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio* y *Alcaligenes*.

Los bienes hidrobiológicos básicamente se mencionan a los agentes u organismos que tienen como habitat para toda su vida el medio acuático, y además son aprovechadas por el hombre; la complejidad hidrobiológica del mar peruano es extensa, reconocidas unas 750 especies de peces, 412 de crustáceos, 872 de moluscos, 45 de equinodermos y 240 de algas, así como quelonios, cetáceos y mamíferos, sin embargo, del total solo se exporta una pequeña cantidad al mercado y comercio (Yuvero, 2017). La línea de baja marea es hasta las 200 millas del área jurisdiccional marítima, por lo cual los recursos encontrados en esa área son adecuados.

2.2.3 *Trachurus murphyi* (jurel)

a. **Clasificación taxonómica.** Según Nichols (1920) es la siguiente:

Reino	: Animalia
Filo	: Chordata
Clase	: Actinopterygii
Orden	: Perciformes
Familia	: Carangidae
Género	: <i>Trachurus</i>
Especie	: <i>Trachurus murphyi</i>
Nombre común	: jurel



b. Descripción biológica

El jurel (*Trachurus murphyu*) presenta cuerpo alargado de 70 cm aproximadamente, la cabeza grande con un aproximado de 15 cm de longitud, en cuando a su dorso es de color azul, mientras que su vientre se configura de color plateado; asimismo su aleta pectoral es larga y presenta forma de hoz (Cáceres, 2016). Los promedios de longitud de acuerdo a la madurez del jurel presentan un intervalo de 21.6 cm a los 39.0 cm de longitud (Leal et al, 2003). En el Perú la reproducción del jurel es medido mediante la fecundidad parcial, a lo que se muestra con un desovo de 78,789 ovocitos aproximadamente; viendo desde el punto reproductivo se caracteriza como gonocóricas e iteróparos a su vez sin dimorfismo sexual que se pueda visualizar; estudios histológicos demostraron que su desarrollo ovocitario es de tipo asincrónico (Siriphap et al, 2017). El jurel llega a su tope en su madurez cuando tiene 31 cm, su mayor producción se encuentra entre los meses de octubre y noviembre (Dioses, 1995).

c. Distribución geográfica

El jurel es una especie de amplia distribución en el Pacífico Sudoriental que abarca zonas de jurisdicción de Perú, Ecuador y Chile (Perea, 2013). En el Perú se ha capturado y consumido jurel desde épocas muy antiguas, y se le considera como uno de los fundamentales recursos pesqueros del país, es fácil de acceder en cuanto a su disponibilidad y el precio es accesible en los mercados teniendo así buena aceptación y amplio consumo popular (Csirke, 2013).

d. Características nutricionales

Tabla 1. Composición nutricional del jurel.

Composición nutricional	Peso (mg)
Calorías (g)	127
Proteínas (g)	15.7
Grasas	6.8
Hierro	1
Magnesio	31
Yodo	10
B1 o tiamina	0.09
B2 o riboflavina	0.3
B3 o niacina	9
B12 o cianocobalamina	10
Vitamina A	36
Vitamina B	16

Fuente: Eroski Consumer (2014).

2.2.4 *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris)

a. Clasificación taxonómica. Según Gerald y Stearley (1989) es la siguiente:

Phyllum	: Chordata
Sub Phyllum	: Vertebrata
Grupo	: Gnatosthomata
Super clase	: Pisces
Clase	: Osteichthyes
Sub clase	: Actinopterygi
Super orden	: Clupeomorpha
Orden	: Salmoniformes
Sub orden	: Salmonoidei
Familia	: Salmonidae
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	: trucha arco iris



b. Descripción biológica de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

La especie se caracteriza por presenciar el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de uso), con un poco rosado iridiscente con una presencia ligera que se hace más vistosa en la época de la reproducción (Castañeda y Ochoa, 2012). La calificación de trucha arco iris se debe a la franja de colores a diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo (Pozos, 2010). La trucha arco iris es denominada como la especie más adaptada en las regiones altiplánicas y cuyo ciclo biológico se puede controlar en cautiverio; asimismo es bastante semejante a la trucha común, pero la diferencia ésta en que tiene una cabeza más pequeña, y las aletas adiposa y caudal están moteadas con manchas negras (Roberts y Shephed, 1980).

La trucha es un animal acuático carnívoro, por tanto, se alimenta de la naturaleza de presas vivas, como insectos en estado larvario, moluscos, crustáceos, gusanos, renacuajos y peces pequeños (Osorio y Veloz, 2012). Es variado el promedio de talla de las truchas para su inicio de desove, un aproximado son a partir de los 30cm en las hembras y 25 cm en los machos y que además influye el factor ambiental para tal regla. El hábitat nato de la trucha son los ríos, lagos y lagunas de aguas frías, limpias y cristalinas; son peces de agua dulce y frías, aunque toleran amplia variación de temperatura, pudiendo subsistir a temperaturas de 25 °C durante varios días y a límites inferiores cercanos a la congelación (Ríos et al, 2014). Las truchas son peces nativos de zonas montañosas y elevadas donde hay presencia de aguas frías, puras y claras, con causes que presentan marcados desniveles topográficos, dicho por otro sentido depende de aguas con elevadas concentraciones de oxígeno (Castañeda y Ochoa, 2012).



c. Distribución de la trucha arco iris

En el Perú se distribuye en los ambientes con agua dulce y por la sierra, debido a que se adaptaron a los ríos, lagunas, lagunillas de las zonas altoandinas. Su distribución se basa permanentemente alterada por su gran movilidad, pues emigran de una zona a otra, dependiendo de la estación del año, estado biológico, de las horas del día, del tipo de alimento, épocas de reproducción etc. (Ríos et al, 2014). La reproducción de las truchas inicia del mes de abril hasta los meses de setiembre; y uno de los meses con mayor productividad los meses de junio y julio, los periodos de desove son anuales, es decir las truchas desovan una vez al año, esta actividad se realiza tanto en ambiente naturales, como en forma artificial en las piscigranjas o método controlado (Mantilla, 2004).

La trucha conocida a nivel occidental se dan por Norteamérica y Alaska, donde luego se diseminó a los demás estados, posteriormente se llevaron a Europa, Asia y Nueva Zelanda, Australia y América del Sur; asimismo, el cultivo de la trucha en Puno se inició por el año de 1939, con la importación de ovas embrionadas desde los Estados Unidos mediante un convenio entre Perú y Bolivia, por consiguiente en el Perú y en la Región la producción de trucha en los tiempos de hoy se ha incrementado radicalmente en el lago Titicaca, algunas lagunas, ríos y manantiales (Osorio y veloz, 2012).

d. Alimentación de la trucha arco iris

Los criadores peruanos presentan elevada demanda que ocasionó un crecimiento empresarial enorme en la producción de alimentos balanceados entre algunas empresas podemos mencionar, ALICORP S.A., TOMASINO, PURINA, NATECH S.A. entre otros (PRODUCE, 2010).

Tabla 2. Nutrientes que consume la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en 100 g.

Nutrientes (%)	Alevines/cría	Juveniles	Adultos	Reproductores
Proteínas	45 – 50	40 – 45	35 -40	40
Carbohidratos		9 -12	9 -12	
Lípidos	12 – 16	10 – 16	10 – 16	
Minerales (ppm)		Fosforo 0.45- 0.8	Magnesio 0.05 – 0.07	
	Zing 15 - 30	Manganeso 2.4 – 0.8;	Cobre 3-5 Selenio 0.25	Cobalto 0.1

Fuente: Produce (2010).

e. Extracción y distribución a los mercados

El incremento de la producción de la trucha arco iris en el ámbito comercial es más corto con relación a exportaciones, dado que empiezan a criar en otros lugares y adecuarlos en ambientes convencionales o no convencionales. Las truchas arco iris desarrollan de manera excepcional con buenas características físicas en sus etapas: juveniles, adultos y juveniles reproductores, dando a conocer que las etapas están bien diferenciadas y desarrolladas además, el tipo de alimento y la carga de biomasa del lugar de crianza se expresa en kilogramos por metros cuadrados o kilómetros por metros cúbicos que son los factores determinantes; uno de los factores que se presencia son las necesidades nutricionales de la trucha arco iris varían en cada fase de crianza, lo que es inversamente proporcional al tamaño / peso de la trucha arco iris respecto al requerimiento de proteínas (alevinos requieren 45% de proteína y los adultos solo 38%) (PRODUCE, 2010).



2.2.5 Antibióticos

Los antibióticos se clasifican comúnmente como bactericidas cuando matan a las bacterias infectantes o como bacteriostáticos cuando inhiben el crecimiento sin matar las bacterias (Nilsson et al., 1976). Se pueden agrupar en diferentes clases como aminoglicósidos, β -lactámicos, tetraciclinas y quinolonas según su estructura química y modo de acción (Vartanian et al., 1998). La diseminación en el medio ambiente se dio con el uso de antibióticos, especialmente en las masas de aguas.

a. Antibióticos para Gram negativos

a.1 Tetraciclina. Es un bacteriostático para un amplio espectro de bacterias Gram negativas y Gram positivas, el efecto que causa en las bacterias la tetraciclina es el mecanismo del bloqueo de aminoacil-tRNA con el mRNA- ribosoma, causando una inhibición a la síntesis de la proteína y manifestando un inadecuado desarrollo de la célula bacteriana. El pilar importante de la distribución de la tetraciclina se elevó aún más con el mecanismo de que podría mutar a siete sustituyentes sin reducir la celeridad de la vida celular, necesariamente su acción presenta gran complejidad frente al microorganismo; asimismo en los seres humanos y animales; posteriormente de la medicación, más del 70% de los antibióticos de tetraciclina se excretan y liberan en calidad activa al medio ambiente a través de la orina y las heces de humanos y animales (Agwuh y MacGowan, 2006).

La presentación hidrofílica y una disminuida volatilidad permitieron una resistencia significativa en el medio hidrolítico, un análisis de United States Geological Survey calificó niveles perceptibles de tetraciclinas en varios ríos de EE. UU., con valores de concentraciones de 0.05 $\mu\text{g/l}$ a 0.10 $\mu\text{g/l}$ para tetraciclina (TC).

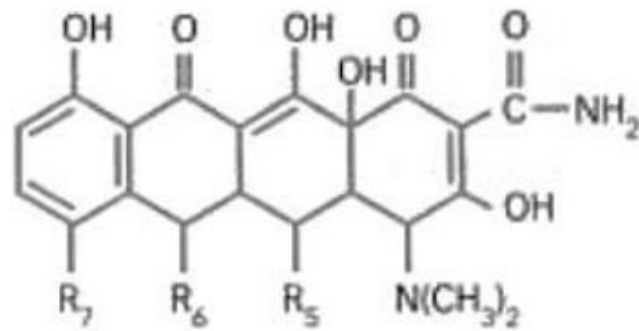


Figura 1. Estructura general de los antibióticos tipo tetraciclina (Lorenzo et al., 2015).

La tetraciclina su compuesto físico es cristalino amarillo y limpio, también es invariable al aire, pero todo lo contrario cuando está expuesto a la luz solar intensa presentando un color oscuro. Su resistencia se ve afectada en soluciones de pH por debajo de 2 y se destruye ligeramente con soluciones de hidróxido alcalino (Pacheco, 2011).

En un pH ácido son estables y lo contrario en pH básico siendo esta sensible, la tetraciclina presenta sistema de triona conjugado incluyendo al grupo amina con un $pK_{a1} = 3.3$ y el sistema de enona fenólica conjugada débilmente básica se involucra a $pH = 7.3$, dado está a una disminución del 25% en comparación con $pH = 3$ por el valor de coeficientes de difusión. Los grupos amino se ionizan solo a $pH > 8$, que está muy por fuera los umbrales de pH para el cuerpo humano (Stephens et al., 2002).

a.2 Gentamicina. Es un aminoglucósido de amplio espectro en contra de las bacterias Gram negativas, además incluyendo a enterobacterias, *Pseudomonas* y *Haemophilus*, asimismo, sobre estafilococos como los *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* añadiendo colonias productoras de penicilinas, causando efecto muy limitadas en los estreptococos y en bacterias anaerobias no tiene ni una actividad; la utilidad del antibiótico es con más uso, su eficacia de la gentamicina en concreto a la

capacidad que tiene de inhibir es la síntesis de proteínas de las células bacterianas. Para ello, la gentamicina tiene que entrar en la célula, y lo hace mediante un transporte activo. Después, una vez dentro, en el citoplasma, se une de forma irreversible a la subunidad 30S de los ribosomas; de esta forma, al unirse a los ribosomas, consigue inhibir la síntesis de proteínas, o hace que las proteínas que se sintetizan estén defectuosas, concretando la inhibición de la síntesis de proteínas consigue dar la muerte a la bacteria (Mendoza, 2008).

Está compuesta por un anillo unido a dos y/o más azúcares; el cual actúa en la alteración de la síntesis proteica, en la membrana celular haciendo una alteración del metabolismo y en respiración bacteriana, por ejemplos son estreptomicina, kanamicina y gentamicina (Mendoza, 2008; Lorenzo et al., 2015).

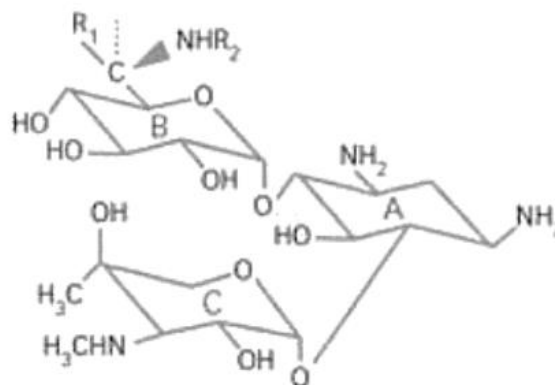


Figura 2. Estructura química de la gentamicina (Lorenzo et al., 2015).

a.3 Cloranfenicol. Presenta un mecanismo de acción en muchas bacterias, inhibiendo síntesis de proteína en las colonias sensibles, el proceso de transcripción es como patrón por el complejo ribosomal en donde la información es convertida a proteínas denominada como traducción, todo esto en el ácido ribonucleico mensajero. Los ribosomas son esencial en la traducción y ejercen como catalizadores, por ello los ribosomas



procariontes son ribonucleoproteínas de 70S (2.5×10^6 Daltons y 200 Angstroms). El ribosoma 70S contiene dos subunidades, una 30S y otra 50S; la subunidad 30S está conformada por una molécula de ARN ribosomal (ARNr) 16S y 21 proteínas diferentes y la subunidad 50S consta de dos moléculas de ARNr, una de ARNr 23S y otra de ARNr 5S, y de aproximadamente 35 proteínas (Lewin B. 2004). Además, el gen denominado *optrA*, otorga resistencia a oxazolidinonas y a fenicoles (cloranfenicol como florfenicol) en bacterias *Enterococcus faecalis* y *Enterococcus faecium*, en muestras humanas y animales (He et al., 2016).

a.4 Trimetoprim – sulfametoxazol. La asociación trimetoprim-sulfametoxazol (TMP-STX) como antimicrobiano principalmente activo contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, en tanto como *Nocardia*, *Actinomyces*, *Chlamydia trachomatis* y *N. gonorrhoeae*. La asociación de trimetoprim-sulfametoxazol también es ampliamente utilizada en infecciones del tracto urinario. Son también utilizadas en infecciones meningocócicas, linfogranuloma venéreo y chancro por *Haemophilus ducreyi*. Las dosis para adultos de TMP-STX son de 1 g vía oral (V.O.) cada 8-12 horas y trimetoprim 0.1 g cada 12 horas; por vía oral 400 mg de sulfametoxazol y 80 mg de trimetoprim cada 8 o 12 horas (Máttar et al, 2021). La síntesis del tetrahidrolato es fundamental para formar bases nitrogenadas, donde inicia con ácido p-aminobenzoico, en seguida actúa el sulfametoxazol con el objetivo de bloquear a la enzima de la síntesis implicando la unión de 2 moléculas de dihidrofolato en un solo tetrahidrofolato y finalmente interactúa el trimetoprim (Máttar et al, 2021).



b. Antibióticos para Gram positivos

b.1 Oxacilina

Pertenece al grupo de antibióticos β -lactámicos y es una penicilina semisintética resistente a la penicilinasasa (Neu, 1982). Su mecanismo de acción consiste en prevenir la formación de transpéptidos de peptidoglicanos, que estructuran la pared celular bacteriana, y tiene una interacción específica con las proteínas fijadoras de penicilina, o PBP, ubicadas en la membrana celular. Estas PBP constituyen una gran familia de serina proteasas que son fundamentales para la transpeptidación bacteriana y los procesos carboxipeptídicos (Chambers et al., 2000). Es la primera línea de tratamiento para las infecciones de tejidos blandos. Es importante señalar que la biodisponibilidad oral es insuficiente debido a la baja absorción (30%) y al alto metabolismo de primer paso (45%); debe tomarse entre 1 y 2 horas antes de las comidas (Neu, 1982).

b.2 Ciprofloxacina

Es una fluoroquinolona de segunda generación con alta solubilidad y mala permeabilidad (Andriole, 2005). Es considerado un medicamento esencial por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) y es uno de los antibióticos más utilizados en los hospitales (Mollahaliloglu et al., 2013). Se metaboliza principalmente en el hígado y tiene una vida media de cerca de 4 horas para personas con función renal normal. Del 40 % al 50 % se excreta sin cambios en la orina y del 20 % al 35 % se encuentra en las heces (Martínez, 2010). Este antibiótico tiene un mecanismo de acción general de quinolona, aunque hay evidencia de que la ADN girasa es el objetivo preferido de las fluoroquinolonas en bacterias Gram negativas, mientras que la topoisomerasa IV es el objetivo en bacterias Gram positivas (Bambeke et al., 2005). La ciprofloxacina tiene



un amplio espectro de actividad in vitro dirigida tanto a bacterias Gram positivas como a Gram negativas (FDA, 2008).

b.3 Eritromicina

Es el primer representante de la clase de antibióticos macrólidos, que se utiliza con éxito en el tratamiento de diversas infecciones bacterianas, tanto en forma de bases como de ésteres. Su espectro cubre principalmente bacterias Gram positivas y algunas bacterias Gram negativas, incluidos actinomicetos, treponemas, micoplasmas, clamidia y rickettsias. Sus principales limitaciones están relacionadas con algunas de sus propiedades farmacocinéticas (inactividad antibiótica a pH ácido, vida media de eliminación corta, interacciones con fármacos como teofilina, ciclosporina, digoxina, warfarina, etc.) (Álvarez y García, 2002).

La eritromicina, al igual que el cloranfenicol y la lincomicina, inhibe la formación de enlaces peptídicos entre los aminoácidos del ARNt y la cadena peptídica en crecimiento. Aunque estos tres fármacos son químicamente diferentes, tienen efectos similares al inhibir la síntesis de proteínas. La eritromicina es menos eficaz contra las bacterias Gram negativas porque el antibiótico no puede penetrar la pared celular. Es bacteriostático en bajas concentraciones y bactericida en altas concentraciones (Álvarez y García, 2002).

b.4 Nitrofurantoína

La nitrofurantoína es un agente antibacteriano sintetizado a partir de nitrofurano. En 1953, la FDA lo aprobó para el tratamiento de infecciones no complicadas del tracto urinario debido a su amplio espectro de actividad contra bacterias Gram negativas y Gram positivas. Se toma por vía oral, se absorbe rápidamente en el intestino delgado y se



excreta, se alcanzan concentraciones elevadas (100 - 250 $\mu\text{g/ml}$) en la orina *in vitro* (Shakti y Veeraraghavan, 2015). El mecanismo de acción de la nitrofurantoína no está claro; Sin embargo, se sabe que a nivel intracelular debe ser modificado por las nitroreductasas, formando metabolitos reactivos que se unen a los ribosomas e inhiben las enzimas involucradas en la síntesis de ADN, ARN y enzimas metabólicas. En particular, en los cromosomas bacterianos actúa formando un aducto sobre el nitrógeno de la posición 2 de la desoxiguanosina (González y García, 2023).

Esto da como resultado la inhibición de la ADN polimerasa, lo que lleva a la muerte bacteriana (Hutter et al., 2015). Se han descrito dos tipos de nitroreductasa en *Escherichia coli*: I (insensible al oxígeno) y II (sensible al oxígeno). El tipo I está codificado por los genes *nfsA* y *nfsB* (Zhang et al., 2018). La mayoría de los estudios sobre resistencia a la nitrofurantoína se han basado en esta bacteria, por ser el principal patógeno asociado a las infecciones del tracto urinario (González y García, 2023).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

Las muestras de los peces trucha arco iris y jurel derivaron del mercado Unión - Dignidad, ubicado en la ciudad de Puno, entre los cruces de la Av. Simón Bolívar y Jr. Carabaya en el barrio Porteño. Está situado en las coordenadas 15°50'23.9" latitud Sur y 70°01'10.4" longitud Oeste a 3809 msnm (Figura 1). Es uno de los principales centros de abastos y de productos alimenticios de la ciudad, en ellas se expenden productos hidrobiológicos, variedad de carnes, productos vegetales, lácteos, entre otros.

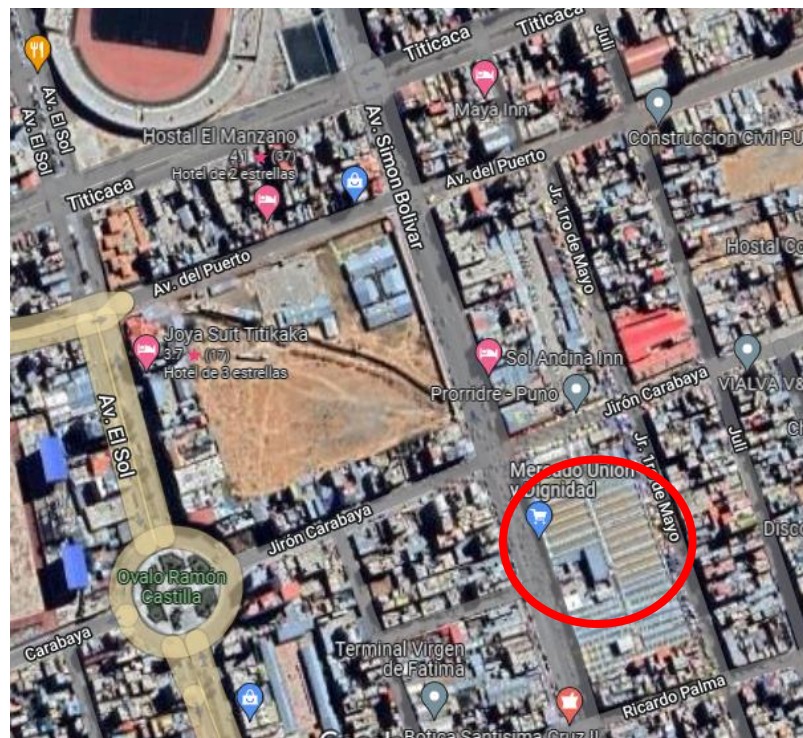


Figura 3. Ubicación del mercado Unión – Dignidad en la ciudad de Puno (www.googlemap, 2022).



3.2 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue observacional, en razón de que no se experimentaron tratamientos y se reportan los resultados de las observaciones *in situ* con respecto a los halos de inhibición. La investigación fue de tipo descriptivo, explicativo y transversal. Descriptivo, porque se describirá los resultados de los halos de inhibición bacteriana por acción de los antibióticos según sea *Escherichia coli* o *Staphylococcus aureus*. Explicativo, porque se brinda las razones por la cual las bacterias manifiestan las respuestas de sensible, intermedia y de resistencia. Fue transversal, ya que se realizó durante los meses de febrero a abril del año 2022.

3.3 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

La trucha arco iris y el jurel expandidos en el mercado Unión – Dignidad presentaron una población infinita, en razón de que es variable el ingreso de una cantidad determinada de los recursos hidrobiológicos, debido a las condiciones de pesca que se presentan en los puertos de Ilo y Matarani en las regiones Moquegua y Arequipa, respectivamente, en tal sentido se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con la finalidad de demostrar la presencia de microorganismos resistentes a los antibióticos en las muestras de trucha arco iris y jurel.

El tamaño de muestra estuvo representado por 30 individuos de los peces mencionados, de los cuales 15 muestras procedieron de jurel y las restantes 15 de trucha arco iris. Se realizaron 5 muestreos cada 20 días durante los meses febrero a abril del 2022, cada muestreo tuvo tres repeticiones. Tal como se presenta en la Tabla 3.

La toma de muestras de trucha arco iris y jurel a analizar en la investigación, se realizó acudiendo al mercado Unión – Dignidad, de una manera habitual de adquisición

de productos hidrobiológicos con la diferencia de que en la bolsa de compras se portaba con una caja de tecnopor acondicionada con bolsas de hielo, con la finalidad de evitar reacciones negativas al tesista por parte de las personas que expenden los productos hidrobiológicos. Las muestras de peces fueron recibidas en una bolsa de plástica de primer uso (estéril), tratando de no manipularlo con las manos, antes de transferirlo a la caja de tecnopor la bolsa fue rotulada con el nombre del pez, la fecha de muestreo y la hora de muestreo.

Tabla 3. Distribución de muestras de trucha arco iris y jurel evaluadas por mes de ejecución.

Peces	Muestreos	Repeticiones			Total
		R1	R2	R3	
Trucha arco iris	1	M1	M2	M3	3
	2	M1	M2	M3	3
	3	M1	M2	M3	3
	4	M1	M2	M3	3
	5	M1	M2	M3	3
Jurel	1	M1	M2	M3	3
	2	M1	M2	M3	3
	3	M1	M2	M3	3
	4	M1	M2	M3	3
	5	M1	M2	M3	3
Total	10	10	10	10	30

Fuente: Elaboración propia.

Donde: R = repetición; M = muestra.



3.4 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE *Escherichia coli* AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS

3.4.1 Aislamiento de *Escherichia coli*

- a. **Método:** Cultivo *in vitro* en agar Eosin Metil Blue (EMB).
- b. **Fundamento:** El agar EMB, es un medio utilizado para obtener un mejor rendimiento en el aislamiento selectivo de enterobacterias y otras especies de bacilos Gram negativos. La diferenciación entre organismos capaces de utilizar la lactosa y/o sacarosa, y aquellos que son incapaces de hacerlo, está dada por los indicadores eosina y azul de metileno, éstos ejercen un efecto inhibitorio sobre muchas bacterias Gram positivas. En ella *Escherichia coli* presenta un característico brillo metálico (Picazo, 2000).
- c. **Procedimientos:** La trucha arco iris y el jurel fueron colectados aleatoriamente entre los expendedores de la sección Productos Hidrobiológicos del mercado Unión - Dignidad, inmediatamente fueron colocadas en bolsas plásticas estériles de primer uso debidamente rotuladas y para su transporte se utilizó una caja de Tecnopor acondicionada con bolsas de hielo para mantenerlas en refrigeración (NOM, 1995a), el análisis bacteriológico se realizó en el Laboratorio de Botánica y Biotecnología del programa de Microbiología y Laboratorio Clínico, Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano.

En el laboratorio, la trucha arco iris entera se colocó dentro de una bolsa estéril y se agregaron 100 ml de medio diluyente estéril (agua – peptona de carne al 0.1%); después la trucha arco iris fue masajeadada de forma manual durante un



minuto mediante movimientos suaves conteniendo al pez, con la finalidad de lograr que el líquido diluyente estéril arrastre la máxima carga microbiana superficial, teniendo cuidado de no presionar el cuerpo de la trucha arco iris para evitar una contaminación por el contenido gastrointestinal; de esta manera se obtuvo una muestra acuosa conteniendo bacterias, lo que facilitó el aislamiento de la bacteria *Escherichia coli* en placas (NOM, 1995b; García et al., 2003).

Las muestras del líquido diluyente donde se realizó los movimientos suaves a la trucha arco iris, fueron cultivadas en placas Petri de vidrio previamente esterilizadas en una autoclave con medio agar Eosin Metil Blue (EMB), a continuación, con un asa de siembra, terminado en aro y esterilizado a la llama del mechero, se colectó un inóculo del líquido diluyente, luego se realizaron estrías en los cuatro cuadrantes.

Para la identificación preliminar mediante las características de las colonias en el medio de cultivo, se identificaron como *Escherichia coli* aquellas colonias verdosas con brillo metálico y centro negro azulado, asimismo, para su identificación plena se realizaron la tinción Gram y pruebas bioquímicas de Triple Sugar Iron (TSI), Lisina Iron Agar (LIA), Citrato Simmons (CS) e indol.

3.4.2 Evaluación de la resistencia de *Escherichia coli* a los antibióticos

- a. **Método.** Kirby Bauer.
- b. **Fundamento.** Este método está basado en el trabajo de Kirby Bauer y colaboradores, está recomendado para la determinación de la sensibilidad bacteriana a los antimicrobianos. El antibiograma disco – placa consiste en depositar, en la superficie de agar de una placa de Petri previamente inoculada con



el microorganismo, discos de papel secante impregnados con los diferentes antibióticos. Tan pronto el disco impregnado de antibiótico se pone en contacto con la superficie húmeda del agar, el filtro absorbe agua y el antibiótico difunde al agar. El antibiótico difunde radialmente a través del espesor del agar a partir del disco formándose un gradiente de concentración. Transcurridas las 18 – 24 horas de incubación los discos aparecen rodeados por una zona de inhibición (Picazo, 2000).

c. Procedimientos:

- Las bacterias *Escherichia coli* previamente aisladas e identificadas fueron cultivadas en medio de cultivo Muller Hilton. Para ello previamente se prepararon concentraciones bacterianas 0.5 del Standard McFarland, que fueron equivalentes a 1.5×10^8 células/ml. A continuación, en un tubo de ensayo limpio y seco se transfirió 10 ml de agua destilada estéril, seguidamente con un asa de siembra estéril se colectó una colonia pequeña la cual fue inoculada al tubo de 10 ml de agua destilada, se disolvió en el vórtex para su homogenización, seguidamente se contrastó con el tubo patrón 0.5 del Standard McFarland y al tener una turbidez similar, estuvo lista para ser transferida a la placa Petri.
- A continuación, se colocaron en forma aséptica los discos de sensibilidad de tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol y trimetoprim – sulfametoxazol.
- Los cultivos se incubaron durante 48 horas a una temperatura de 37 °C.
- La actividad antibacteriana fue determinada con la media del diámetro de inhibición producido alrededor de cada disco de antibióticos. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado.



- La evaluación de la susceptibilidad antibiótica se realizó midiendo los halos de inhibición bacteriana (mm) con un vernier calibrado y los halos del blanco (agua destilada (Ochoa et al., 2012).
- Para determinar las respuestas de sensibilidad, intermedia o de resistencia fueron comparadas con los rangos establecidos en el manual del Instituto Nacional de Salud (INS, 2002).

d. Variables analizadas en la investigación

- **Variable independiente:** antibióticos (tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol y trimetoprim – sulfametoxazol).
- **Variable dependiente:** susceptibilidad antibiótica en *Escherichia coli*.

e. Análisis bioestadístico de datos

Se realizó estadística descriptiva determinando promedios y valores de coeficiente de variabilidad (%), los diámetros alcanzados por *Escherichia coli* frente a cada antibiótico fue evaluado mediante un análisis factorial 2 (dos peces) x 5 (cinco muestreos), donde cada muestreo tuvo tres repeticiones. Todos los análisis bioestadísticos se realizaron en el software estadístico Infostat versión estudiantil.

3.5 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE *Staphylococcus aureus* AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS

3.5.1 Aislamiento de *Staphylococcus aureus*

- a. Método:** Cultivo *in vitro* en agar Manitol Salado (MS).



b. Fundamento: El agar MS contiene peptonas y extractos de carne bovina, que suministran los nutrientes esenciales. Una concentración de cloruro sódico de 7.5% tiene como resultado una inhibición parcial o completa de los organismos bacterianos diferentes de los estafilococos. La fermentación de manitol, indicada por el cambio del indicador de rojo fenol, facilita la diferenciación de la especie de estafilococos. Los estafilococos positivos a la coagulasa (por ejemplo, *Staphylococcus aureus*) producen colonias de color amarillo y un medio circundante de color amarillo, mientras que los estafilococos negativos a la coagulasa producen colonias de color rojo y no producen cambio de color en el indicador de rojo fenol (Picazo, 2000).

c. Procedimientos:

- Las muestras de la solución del diluyente donde se sumergió las muestras de jurel y trucha arco iris, fueron cultivadas en el medio de cultivo agar Manitol Salado (MS), mediante estrías en los cuatro cuadrantes.
- Para la identificación preliminar mediante las características de las colonias en el medio de cultivo, se identificaron como *Staphylococcus aureus* aquellas que presentaron colonias amarillas y cambiaron el color del medio de cultivo de rojo a amarillo, caso contrario fueron consideradas como otras especies de estafilococos.
- Asimismo, se realizaron la tinción Gram y pruebas bioquímicas de catalasa, coagulasa y hemólisis para la identificación de *Staphylococcus aureus*.

3.5.2 Evaluación de la actividad antimicrobiana

a. Método: Kirby Bauer o difusión en agar con discos de sensibilidad.



b. Fundamento: Este método está basado en el trabajo de Kirby Bauer y colaboradores, donde el antibiograma disco – placa consiste en depositar, en la superficie de agar de una placa de Petri previamente inoculada con el microorganismo, discos de papel secante impregnados con los diferentes antibióticos. El antibiótico difunde radialmente a través del espesor del agar a partir del disco formándose un gradiente de concentración. Transcurridas las 18 – 24 horas de incubación los discos aparecen rodeados por una zona de inhibición (Picazo, 2000).

c. Procedimientos:

- *Staphylococcus aureus* previamente aisladas fueron cultivadas en medio de cultivo Muller Hilton con ayuda de un hisopo embebido en una solución bacteriana de concentración 0.5 McFarland.
- En la investigación no se evaluó el efecto de la dosis – tratamiento, en razón de que los discos de antibióticos ya tenían una concentración predeterminada.
- A continuación, se colocaron en forma aséptica los discos de sensibilidad de oxacilina, ciprofloxacina, eritromicina y nitrofurantoína, estos antibióticos fueron recomendados en los antibiogramas de rutina, según las diferentes bacterias o grupos bacterianos y la modalidad del reporte de los mismos por parte de los laboratorios de Microbiología.
- El manejo de los discos de sensibilidad se desarrolló colocando los discos individuales sobre la superficie del agar con la ayuda de una pinza estéril presionando suavemente sobre cada disco para asegurar un contacto completo con la superficie del agar. Se distribuyeron los discos uniformemente a una



distancia mínima de 25 mm uno del otro, sin colocar más de 12 discos por placa de 150 mm, de tal modo que se evitó la superposición de las zonas de inhibición (INS, 2002).

- Los cultivos se incubaron durante 48 horas a una temperatura de 37 °C.
- La actividad antibacteriana fue determinada con la media del diámetro de inhibición producido alrededor de cada disco de antibióticos. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado.
- La evaluación de la susceptibilidad antibiótica se realizó midiendo los halos de inhibición bacteriana (mm) con un vernier calibrado y los halos del blanco fueron agregados con agua destilada (Ochoa et al., 2012).
- Para determinar las respuestas de sensibilidad, intermedia o de resistencia, los valores de los halos de inhibición bacteriana fueron comparadas con los rangos establecidos en el manual INS (2002).

d. Variables analizadas en la investigación

- **Variable independiente:** antibióticos (oxacilina, ciprofloxacina, eritromicina y nitrofurantoína).
- **Variable dependiente:** susceptibilidad antibiótica en *Staphylococcus aureus*.

e. Análisis bioestadístico de datos

Se realizó estadística descriptiva, como son la determinación de los promedios, coeficientes de variación y porcentajes. Los diámetros de halos de inhibición bacteriana de *Staphylococcus aureus* fueron entre antibióticos y según el pez del cual



procedieron las bacterias, mediante pruebas de análisis de varianza y pruebas de Tukey entre muestreo realizados. Todos los análisis bioestadísticos se realizaron en el software estadísticos Infostat versión estudiantil.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE *Escherichia coli* aislada de la superficie corporal de jurel y trucha arco iris

4.1.1 Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* frente a tetraciclina

Tabla 4. Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a tetraciclina.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	28	25	27	26.67	S	5.73
	2	26	22	28	25.33	S	12.06
	3	24	24	25	24.33	S	2.37
	4	23	24	24	23.67	S	2.44
	5	20	24	24	23.00	S	10.04
Resultado de susceptibilidad	Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%						
Jurel	1	15	12	14	13.67	R	11.18
	2	24	21	25	23.33	S	8.92
	3	22	19	26	22.33	S	15.72
	4	16	15	18	16.33	I	9.35
	5	19	21	24	21.33	S	11.80
Resultado de susceptibilidad	Sensible: 60%; Intermedio 20%; Resistente 20%						

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = Promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

En la Tabla 4 se presentan los promedios de halos de inhibición generados por la tetraciclina sobre *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris, donde el 100% resultó

sensible, el menor promedio de halos de inhibición fue 23.00 mm en el muestreo 5; mientras tanto que, el mayor promedio de inhibición fue 26.67 mm en el muestreo 1. Los coeficientes de variación estuvieron en un rango entre 2.37% (muestreo 3) y 12.06% (muestreo 2), presentando una dispersión baja (Figura 4).

En la misma tabla 4, *Escherichia coli* aisladas de jurel, presentaron una respuesta sensible en el 60% de los aislamientos, intermedio y resistente ambos con el 20%, el menor promedio de halo de inhibición frente a tetraciclina fue 13.67 mm en el muestreo 1; mientras tanto que, el mayor promedio de inhibición fue 23.33 mm en el muestreo 2. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 8.92% (muestreo 2) y 11.80% (muestreo 5), considerando una dispersión baja.

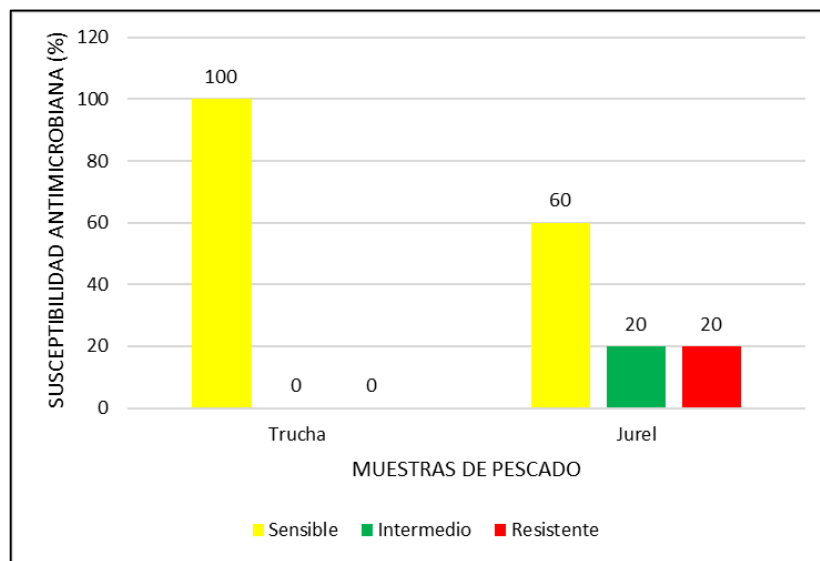


Figura 4. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de tetraciclina sobre *Escherichia coli*.

Luego de realizar el análisis de varianza, los halos de inhibición de tetraciclina sobre *Escherichia coli* aislados de trucha arco iris a pesar de tener una respuesta del 100% sensibles al antibiótico, presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.95$; $gl=4$; $p=0.0184$) y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición

se presentaron en el muestreo 1, seguidos de los muestreos 2, 3 y 5 (entre los que no hubo diferencia estadística), y los menores halos se presentaron en el muestreo 4 (Figura 5).

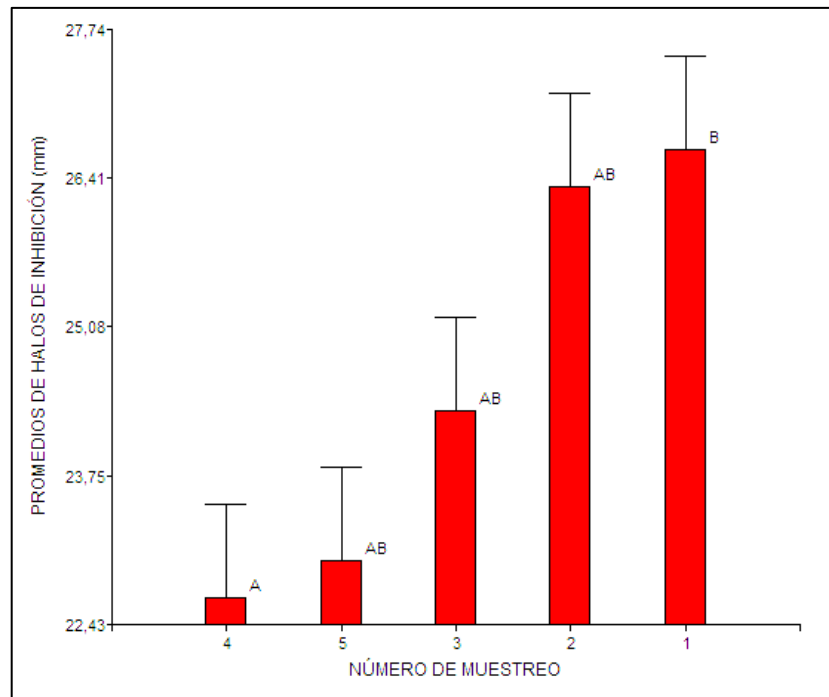


Figura 5. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de tetraciclina sobre *Escherichia coli* aislada de trucha arco iris.

El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de tetraciclina sobre *Escherichia coli* aislados de jurel a pesar de tener el 60% sensibles al antibiótico y 20% intermedio y resistente, presentaron diferencia estadística significativa ($F=25.19$; $gl=4$; $p<0.0001$) y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en los muestreos 2, 3 y 5, seguidos de los muestreos 1 y 4 (entre los que no hubo diferencia estadística) (Figura 6).

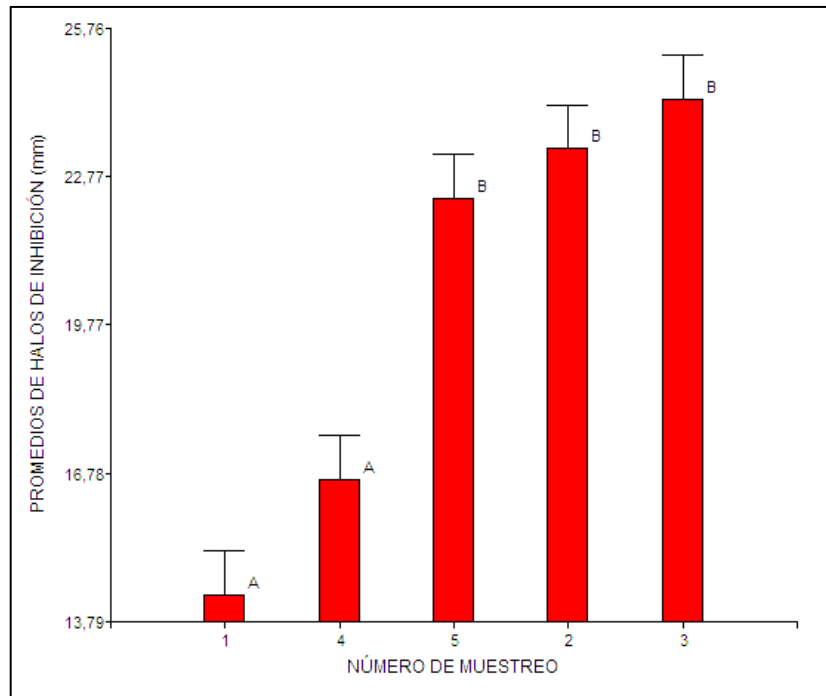


Figura 6. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de tetraciclina sobre *Escherichia coli* aislada de jurel.

En la presente investigación se reporta que un 20% de los aislamientos de *Escherichia coli* aisladas de jurel presentaron resistencia y respuesta intermedia a tetraciclina, estos resultados se deberían a la presencia de genes de resistencia en las bacterias, tal como los menciona Escalante et al. (2022) quienes en *Escherichia coli* aisladas de cerdos con cuadros diarreicos de granjas tecnificadas de Lima Metropolitana determinaron genes de resistencia a las tetraciclinas como la *tetA*, *tetB* y *tetC*, donde el 98.3% (117/119) de los aislados resultaron positivos al menos a un gen de resistencia antimicrobiana, constituyéndose en una problemática con importancia para la vigilancia y el correcto uso de los antibióticos. De igual modo Karami et al. (2006) confirma en cepas de *Escherichia coli* la presencia de los genes *tetB* y *tetA*, los que confieren resistencia a tetraciclinas, llegando al 51 y 49% de un total de 37 cepas aisladas, su probable origen sería las bacterias de la microbiota intestinal servirían de reservorio de la resistencia antibiótica.



En la investigación se obtuvo un 20% de los aislamientos bacterianos fueron resistentes a la tetraciclina, estos resultados fueron próximos a los obtenidos por Mosquito et al. (2010) al evaluar 106 cepas de *Escherichia coli*, el 26.4% fueron resistentes a la tetraciclina, todas ellas con presencia de del gen *tetA*, mientras que el gen *tetB* estuvo en el 17.9 % de cepas (Mosquito et al., 2011). La resistencia bacteriana observada en *Escherichia coli* procedente del jurel, es un fenómeno biológico natural que origina a partir de mutaciones que sufren y a la facilidad de transferir horizontalmente los genes de resistencia (OMS, 2001). La presencia de bacterias resistentes a la tetraciclina en jurel, se debería a que los hábitats de estos peces serían zonas con presencia de aguas residual doméstica, en razón de que las *Escherichia coli* comensales del intestino, vendrían actuando de reservorio de genes de resistencia a los antibióticos (Bartoloni et al., 2008).

Definitivamente las bacterias resistentes a tetraciclina tendrían genes que impiden el efecto antibiótico de las tetraciclinas, ya que estos antibióticos se unen a la parte 16S, de la subunidad 30S del ribosoma bacteriano, inhibiendo la síntesis proteica al impedir la unión del aminoacil-tRNA en la posición A del ribosoma (Chopra y Roberts, 2001). Indudablemente al parecer los peces de jurel que presentaron bacterias con resistencia a tetraciclina procederían de zonas donde desembocan aguas residuales de hospitales, ya que este antibiótico es utilizado para el tratamiento a humanos, en el tratamiento veterinario y es usado como factor de crecimiento en aves (Karami et al., 2006). Las bacterias con resistencia a tetraciclinas poseerían mecanismo de resistencia como los sistemas de eflujo codificados por los genes *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD*, *tetE*, *tetI* y *tet*, asimismo desarrollaron mecanismos de protección ribosomal y de acción enzimática frente al antibiótico que muchas veces son codificados por diferentes genes (Levy et al., 1999).

4.1.2 Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* frente a gentamicina

Tabla 5. Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a gentamicina.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	29	32	30	30.33	S	5.04
	2	24	27	26	25.67	S	5.95
	3	30	28	25	27.67	S	9.10
	4	20	24	25	23.00	S	11.50
	5	26	27	30	23.00	S	9.05
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					
Jurel	1	30	28	26	28.00	S	7.14
	2	29	27	30	28.67	S	5.33
	3	27	30	29	28.67	S	5.33
	4	25	26	22	24.33	S	8.55
	5	25	28	25	26.00	S	6.66
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = Promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

En la Tabla 5 se muestra que *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris fueron 100% sensibles a la gentamicina. Los halos de inhibición variaron de 23.00 mm en los muestreos 4 y 5 hasta 30.33 mm obtenidos en el muestreo 1. Los coeficientes de variación variaron de 5.04% (muestreo 1) y 11.50% (muestreo 4), considerando una dispersión baja (Figura 7).

También en la Tabla 5, de similar forma *Escherichia coli* aisladas del jurel fueron 100% sensibles a la gentamicina, con promedios de halos de inhibición de 24.33 mm en

el muestreo 4 y 28.67 mm en los muestreos 2 y 3. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 5.332% (muestreos 2 y 3) y 8.55% (muestreo 4), indicando una dispersión leve.

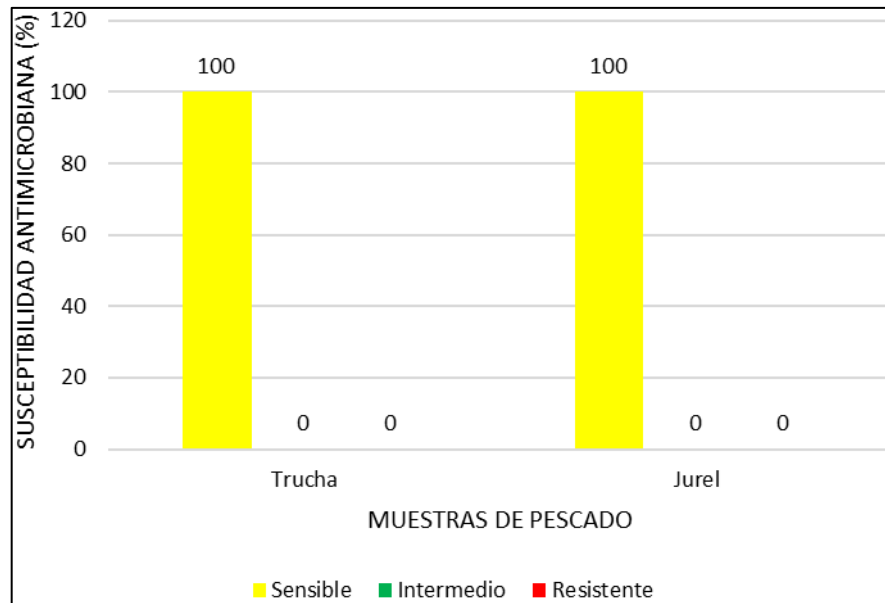


Figura 7. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de gentamicina sobre *Escherichia coli*.

Luego de realizar el análisis de varianza, los halos de inhibición de gentamicina sobre *Escherichia coli* aislados de trucha arco iris fueron 100% sensibles al antibiótico y presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.99$; $gl=4$; $p=0.0180$) y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en el muestreo 1, seguidos de los muestreos 2, 3 y 5 (entre los que no hubo diferencia estadística), y los menores halos se presentaron en el muestreo 4 (Figura 8).

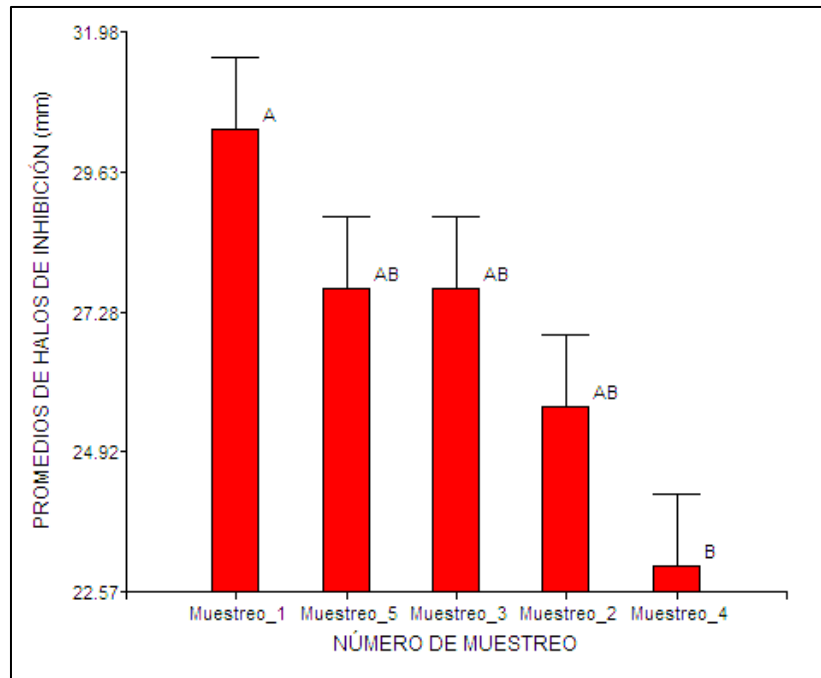


Figura 8. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de gentamicina sobre *Escherichia coli* aislada de trucha arco iris.

El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de gentamicina sobre *Escherichia coli* aislados de jurel fueron 100% sensibles al antibiótico y no presentaron diferencia estadística significativa ($F=3.42$; $gl=4$; $p=0.0524$).

En la investigación se obtuvo que el 100% de aislamientos de *Escherichia coli* desde ambas especies de peces presentaron sensibilidad a la gentamicina, lo cual coincide con lo reportado por Betrán et al. (2022) quien manifiesta que, a pesar del incremento a nivel global de la resistencia microbiana, algunos como la gentamicina, cefotaxima fosfomicina, nitrofurantoína, entre otros antibióticos, conservan buena actividad en la inhibición de cepas comunitarias y hospitalarias. En tal sentido al mostrar una nula resistencia de *Escherichia coli* a la gentamicina, en este contexto se puede afirmar que todavía se podría utilizar a este antibiótico como primera línea en la terapia para el tratamiento de enfermedades por *Escherichia coli*, tal como lo afirma Exósito et al. (2019).

Las cepas de *Escherichia coli* aisladas de la superficie de trucha arco iris y jurel fueron sensibles a la gentamicina, eso nos indicaría que en las zonas de pesca del cual proceden no habría bacterias portadoras de genes de resistencia, debido a que por medio de la conjugación bacteriana es probable la transferencia e intercambio de genes, pero al no encontrar resistencia nos atreveríamos a afirmar que en las zonas acuáticas no existiera contaminación por aguas residuales.

4.1.3 Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* frente a cloranfenicol

Tabla 6. Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente al cloranfenicol.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	12	8	12	10.67	R	21.65
	2	14	16	18	16.00	I	12.50
	3	11	15	17	14.33	I	21.31
	4	13	15	12	13.33	I	11.46
	5	32	34	30	23.00	S	8.70
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 20%; Intermedio: 60%; Resistente: 20%					
Jurel	1	14	14	15	14.33	I	4.03
	2	14	13	13	13.33	I	4.33
	3	17	18	16	17.00	I	5.88
	4	13	12	15	13.33	I	11.46
	5	12	12	11	11.67	R	4.95
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 0%; Intermedio: 80%; Resistente: 20%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = Promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

En la Tabla 6 se visualiza que los aislamientos de *Escherichia coli* procedentes de la trucha arco iris presentaron al cloranfenicol una sensibilidad del 20%, respuesta



intermedia en el 60% y el 20% fue resistente. Los promedios de halos de inhibición variaron de 10.67 mm en el muestreo 1 y 23.00 mm en el muestreo 5. Los coeficientes de variación estuvieron en un rango entre 8.70% (muestreo 5) y 21.65% (muestreo 1), estos datos tuvieron dispersiones bajas (muestréos 2, 4 y 5) y leves (muestréos 1 y 3) (Figura 9).

Asimismo, en la misma Tabla 6, *Escherichia coli* aisladas de jurel, frente a cloranfenicol el 80% resultó con respuesta intermedia, un 20% resultó resistente y ninguna resultó sensible. Los promedios de halos de inhibición al cloranfenicol fueron de 11.67 mm en el muestreo 5 y el mayor valor de 17.00 mm en el muestreo 3. Los coeficientes de variación oscilaron de 4.03% (muestreo 1) y 11.46% (muestreo 4), siendo equivalentes a una dispersión baja (Figura 9).

El análisis de varianza realizado a los diámetros de halos de inhibición del cloranfenicol sobre *Escherichia coli* aislados de trucha arco iris mostró que presentaron diferencia estadística significativa entre los muestréos ($F=42.95$; $gl=4$; $p<0.0001$) y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en el muestreo 5, seguidos de los muestréos 1, 2, 3 y 4 (entre los que no hubo diferencia estadística) (Figura 10).

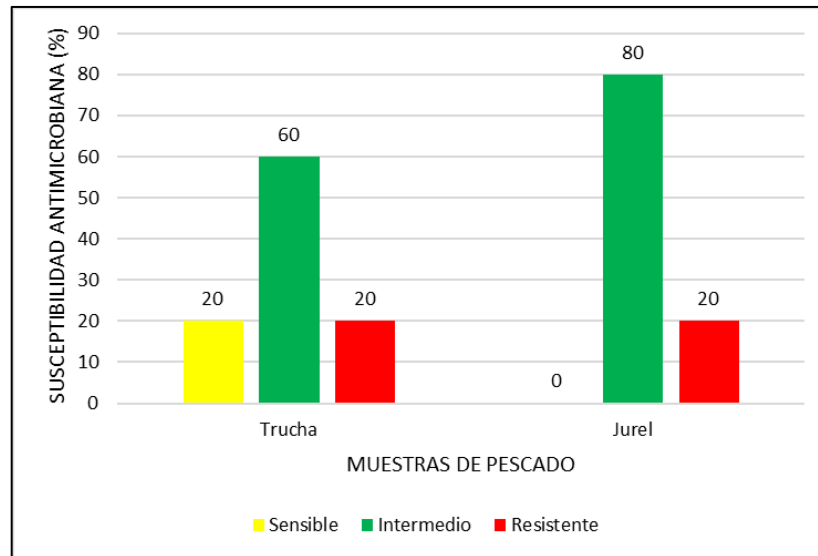


Figura 9. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de cloranfenicol sobre *Escherichia coli*.

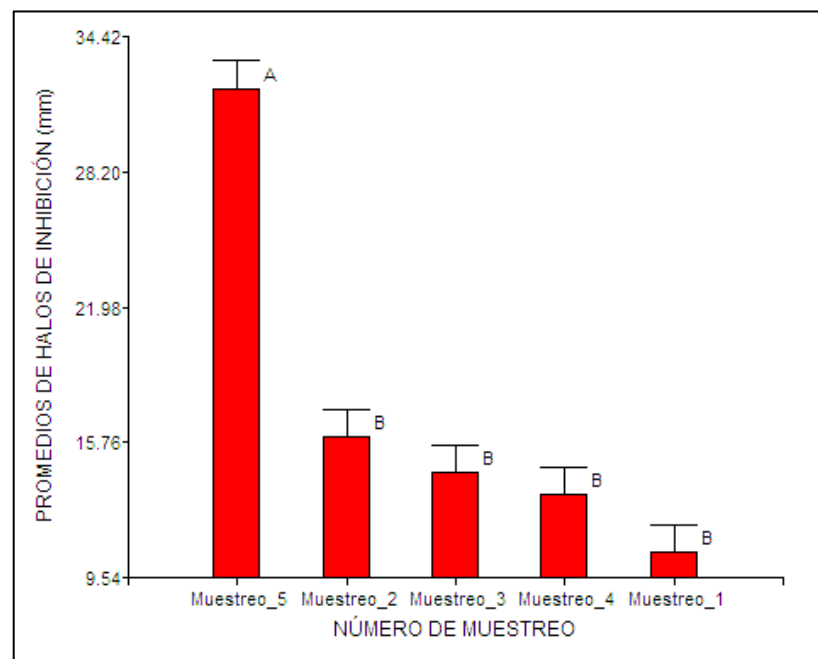


Figura 10. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de cloranfenicol sobre *Escherichia coli* aislada de trucha arco iris.

En referencia a los diámetros de los halos de inhibición del cloranfenicol sobre *Escherichia coli* aisladas de jurel según número de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ($F=13.35$; $gl=4$; $p=0.0005$) y la prueba de Tukey mostró que el mayor diámetro de halos de inhibición se presentó en el muestreo 3, seguido del muestreo

1, a continuación se ubicaron los halos de los muestreos 2 y 4 (entre los que no hubo diferencia estadística), finalmente los menores halos se determinaron en el muestreo 5 (Figura 11).

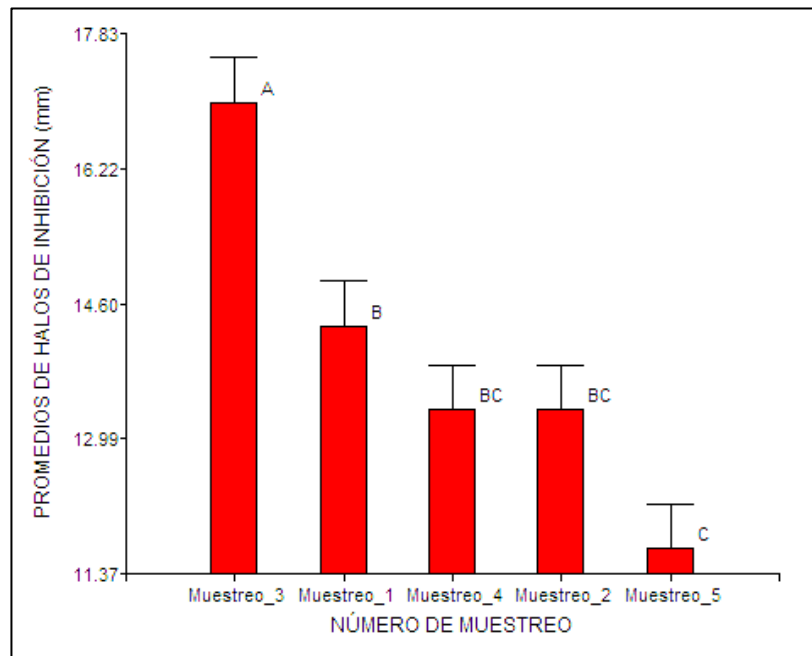


Figura 11. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de cloranfenicol sobre *Escherichia coli* aislada de jurel.

En la investigación se determinó la presencia de *Escherichia coli* resistentes al cloranfenicol aislados tanto de trucha arco iris y de jurel, este antibiótico posee como mecanismo de acción la inhibición de la síntesis de proteínas, impidiendo la elongación de la cadena de péptidos debido a que se une al centro de peptidiltransferasa del ribosoma 70S (Schwarz et al., 2004), ante ello la bacteria habría generado los mecanismos de resistencia como la inactivación enzimática por acetilación y la síntesis de exportadores específicos de cloranfenicol, en razón de la expresión génica de los genes *cat* que codifica la biosíntesis de la enzima cloranfenicol acetiltransferasa y los genes *floR* y *cmlA*, respectivamente (Mosquito et al., 2011).



Al respecto Srinivasan et al. (2007a) manifiesta que el gen *floR* fue descrito en cepas de *Escherichia coli* O26 que procedieron de animales, a pesar de que no es tan frecuente en razón de que Srinivasan et al. (2007b) buscaron este gen en STEC de origen humano y animal, no lograron describirlo. En el caso de Perú, el gen *cat* se determinó como el mecanismo más frecuente de resistencia en cepas diarreogénicas de *E coli* (DEC), DEC control y comensales; sin embargo, los genes *floR* (30%) y *cmlA* (10%) se encontraron con mayor presencia en el grupo comensal (Mosquito et al., 2010).

Por lo tanto, se puede afirmar que el consumo de estos productos hidrobiológicos sin un cocimiento adecuado, podría ser un foco infeccioso de trastornos gastrointestinales como las diarreas en los comensales, que, a pesar de no haber realizado un examen genético, la presencia de cepas de *Escherichia coli* resistentes al cloranfenicol nos indica que las bacterias poseerían dichos genes de resistencia y por tanto estaríamos expuestos a dichas infecciones.

4.1.4 Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* frente a trimetoprim - sulfametoxazol

En la Tabla 7 se exhibe que el 60% de los aislamientos de *Escherichia coli* procedentes de trucha arco iris fueron sensibles a trimetoprim – sulfametoxazol, un 40% de los aislamientos bacterianos resultaron con respuesta intermedia y ninguno fue resistente. Los promedios de los halos de inhibición oscilaron de 13.33 mm en el muestreo 2 y 35.00 mm en el muestreo 4. Los coeficientes de variación estuvieron entre 3.57% (muestreo 1) y 8.57% (muestreo 4), indicando que los datos presentaron una dispersión baja (Figura 12).

En la misma Tabla 4, *Escherichia coli* aisladas de jurel frente a trimetoprim – sulfametoxazol resultaron 100% sensibles, con promedios de halos desde 30.33 mm en el muestreo 2, llegando a 34.33 mm en el muestreo 1. Los coeficientes de variación fluctuaron de 3.69% (muestreo 3) y 9.75% (muestreo 5), indicando una dispersión baja de los datos obtenidos (Figura 12).

Tabla 7. Susceptibilidad antibiótica de *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad frente a trimetoprim – sulfametoxazol.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	29	27	28	28.00	S	3.57
	2	13	14	13	13.33	I	4.33
	3	14	13	15	14.00	I	7.14
	4	35	32	38	35.00	S	8.57
	5	14	13	11	23.00	S	6.64
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 60%; Intermedio: 40%; Resistente: 0%					
Jurel	1	36	31	36	34.33	S	8.41
	2	28	33	30	30.33	S	8.30
	3	32	32	30	31.33	S	3.69
	4	32	34	36	34.00	S	5.88
	5	28	32	34	31.33	S	9.75
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = Promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

Al realizar el análisis de varianza, los halos de inhibición originados por el trimetoprim – sulfametoxazol sobre *Escherichia coli* aislados de trucha arco iris, presentaron diferencia estadística significativa ($F=115.63$; $gl=4$; $p<0.0001$) y la prueba

de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en el muestreo 4, seguido del muestreo 1 y lo menores halos se presentaron en los muestreos 2, 3 y 5 (entre los que no hubo diferencia estadística) (Figura 13).

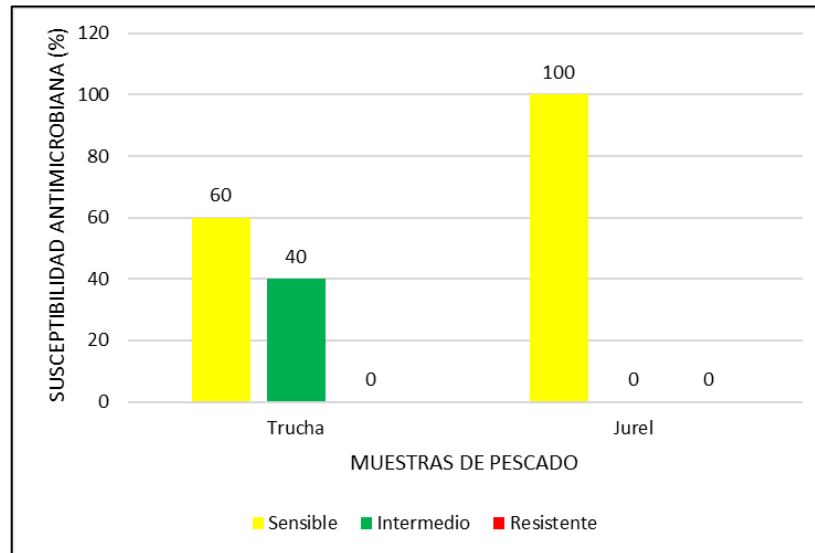


Figura 12. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de trimetoprim – sulfametoxazol sobre *Escherichia coli*.

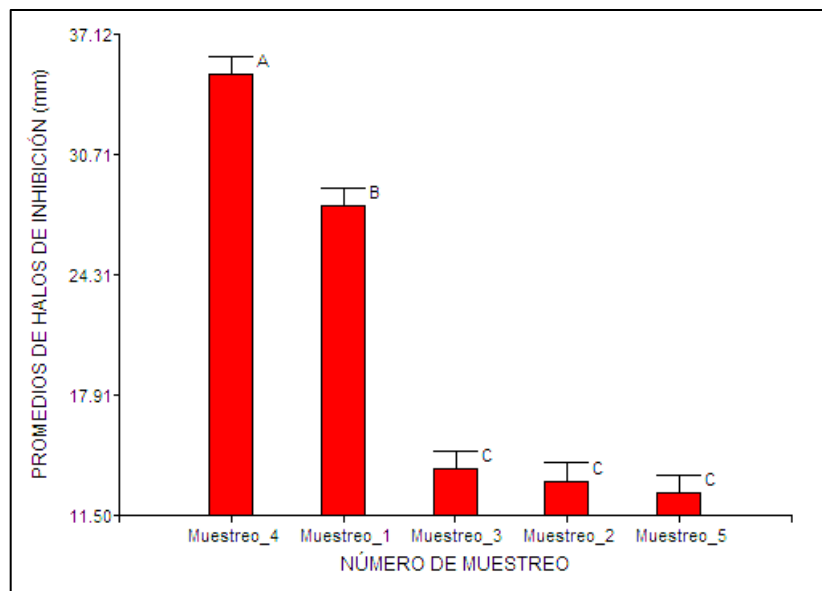


Figura 13. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de trimetoprim – sulfametoxazol sobre *Escherichia coli* aislada de trucha arco iris.



El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de trimetoprim – sulfametoxazol sobre *Escherichia coli* aislados de jurel, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=25.19$; $gl=4$; $p<0.0001$) entre los muestreos realizados.

Las sulfonamidas fueron usadas extensamente usado en medicina humana y veterinaria, lo que generó una acelerada resistencia antibiótica, por lo que posteriormente se aplicó de forma combinada con diaminopirimidinas como trimetoprim. Actualmente la trimetoprim – sulfametoxazol posee el mecanismo de acción de inhibir la biosíntesis de la enzima dihidropteroato sintasa (sulfametoxazol) y la enzima dihidrolato reductasa (trimetoprim) (Infante et al., 2005), las cuales son enzimas necesarias en la ruta de síntesis del ácido fólico. En la investigación el 40% de bacterias aisladas de la superficie de trucha arco iris presentaron una respuesta intermedia al trimetoprim – sulfametoxazol, lo que indicaría que las bacterias poseen genes que expresarían formas mutantes de la enzima blanco, como son *sul1* y *sul2* (sulfametoxazol) y *dfr* (trimetoprim), tal como lo afirma Mosquito et al. (2011).

La contaminación de los ambientes acuáticos por aguas residuales, los utensilios de transporte y venta, y los operarios y vendedores serían las fuentes de origen de las *Escherichia coli* con respuesta intermedia a la trimetoprim – sulfametoxazol, esta afirma se realiza en razón de que en Australia se aislaron *Escherichia coli* comensales desde muestras de heces de personas adultas sanas, en ellos se determinó la presencia de los genes *sul1*, *sul2* y *sul3*, de igual modo a los genes *dfrA1*, *dfrA5*, *dfrA7*, *dfrA12* y *dfrA17*, los cuales están relacionados con los integrones tipo 1 y 2 (Bailey et al., 2010). Por otro lado, en el Perú cepas de *Escherichia coli* que originaban diarreas aisladas de niños resultaron con mayor resistencia a trimetoprim – sulfametoxazol, en ellos se determinó la



presencia de los genes *sull* (41 %) y *dfrAI* (48 %) que están relacionados con la resistencia a este antibiótico (Mosquito et al., 2010).

En ese sentido, se debe poseer especial cuidado en el cocimiento de estos alimentos hidrobiológicos para el posterior consumo humano, en razón de que serían vehículos de bacterias patógenas capaces de originar procesos diarreicos, debido a que portarían genes de resistencia antimicrobiana y que lo mejor sería el cumplimiento de las buenas prácticas de producción acuícola, transporte y venta de peces, lo cual debería ser monitoreado por las autoridades competentes.

4.2 SUSCEPTIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE *Staphylococcus aureus* AISLADA DE LA SUPERFICIE CORPORAL DE JUREL Y TRUCHA ARCO IRIS

4.2.1 Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* frente a oxacilina

En la Tabla 8 se observa que *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris resultaron 60% sensibles, 20% con respuesta intermedia y resistentes a la vez, con promedios de halos de inhibición bacteriana entre 8.00 mm en el muestreo 1 y 23.67 mm en el muestreo 4. Los coeficientes de variación estuvieron en un rango entre 4.68% (muestreo 2) y 12.50% (muestreo 1), indicando datos de halos con una dispersión baja (Figura 14).

En la misma Tabla 8, *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, reflejaron una sensibilidad del 80%, una respuesta intermedia del 20% y ninguna resistente al antibiótico, con promedios de halos entre 12.67 mm en el muestreo 1, llegando a 20.67 mm en el muestreo 5. Los coeficientes de variación oscilaron de 2.79% (muestreo 5) y 9.12% (muestreo 1), que representan datos con una dispersión baja respecto a su promedio (Figura 14).

El análisis de varianza realizado a los diámetros de halos de inhibición originadas por oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* según el número de muestreo realizado aislados de trucha arco iris, presentaron diferencia estadística significativa ($F=49.26$; $gl=4$; $p<0.0001$) en consecuencia la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en los muestreos 4 y 5, seguido del muestreo 3, a continuación, el muestreo 2 y el menor halo se determinó en el muestreo 1 (Figura 15).

Tabla 8. Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a la oxacilina.

Peces	Muestreos	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	8	9	7	8.00	R	12.50
	2	12	12	13	12.33	S	4.68
	3	17	16	14	15.67	S	9.75
	4	24	26	21	23.67	S	10.63
	5	23	25	21	23.00	S	8.70
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 60%; Intermedio: 20%; Resistente: 20%					
Jurel	1	14	12	12	12.67	I	9.12
	2	19	18	17	18.00	S	5.56
	3	18	20	17	18.33	S	8.33
	4	18	19	16	17.67	S	8.65
	5	21	21	20	20.67	S	2.79
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 80%; Intermedio: 20%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, presentaron diferencia estadística significativa ($F=17.57$; $gl=4$; $p=0.0002$) entre los muestreos realizados. La

prueba de Tukey resultó que los mayores halos de inhibición bacteriana fueron en los muestreos 2, 3, 4 y 5, con respecto al muestreo 1, donde se obtuvieron los menores diámetros de halo (Figura 16).

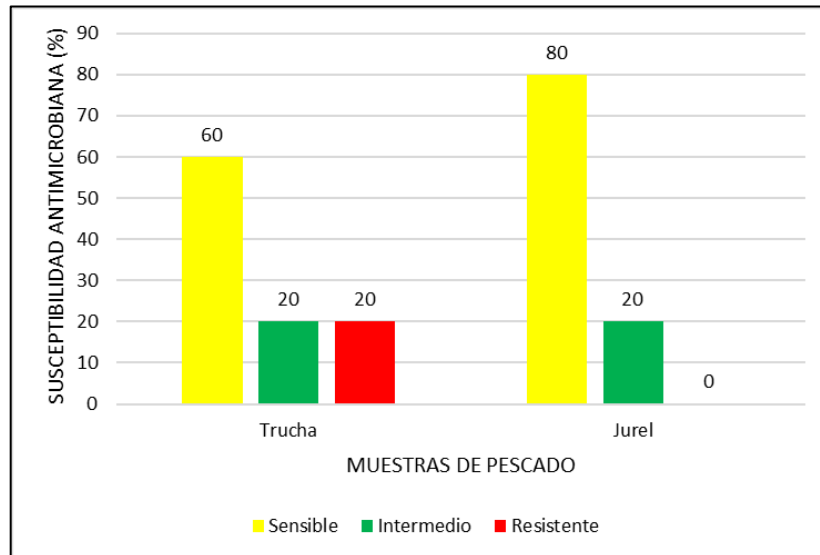


Figura 14. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de oxacilina sobre *Staphylococcus aureus*, aislado de dos muestras de peces.

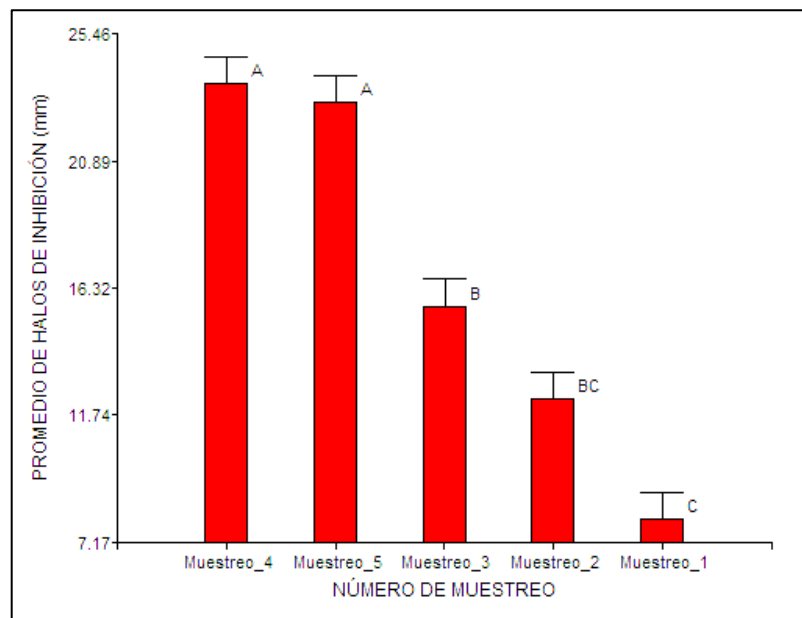


Figura 15. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* aislada de trucha arco iris.

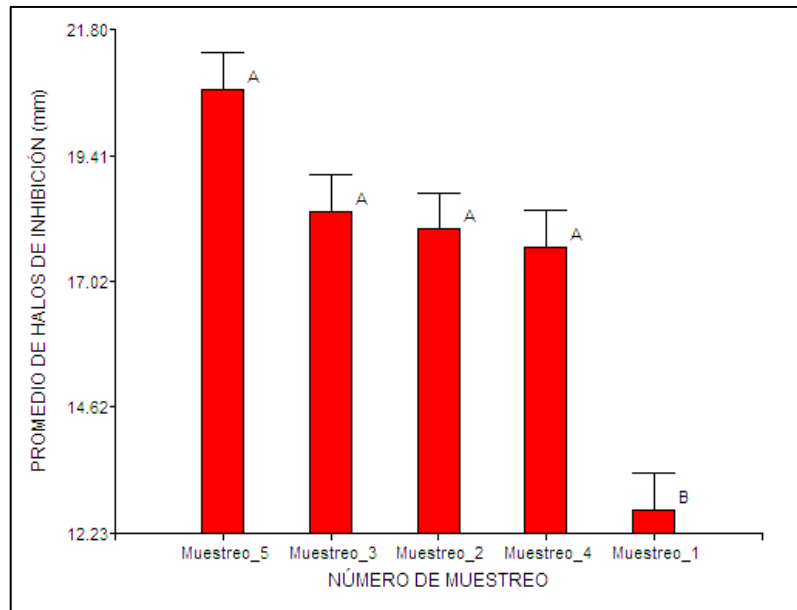


Figura 16. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* aislada de trucha arco iris.

En la investigación el 20% de *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel resultaron con una respuesta intermedia a la oxacilina, con el mismo porcentaje se obtuvo en trucha arco iris añadido a un 20% de bacterias resistentes a dicho antibiótico. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Gómez et al. (2016) quienes no reportaron un 13.86% de prevalencia de bacterias resistentes a oxacilina, asimismo en todas ellas se determinó la presencia del gen *mecA* que configura dicha resistencia, más no presentó resistencia extensa (multidrogoresistentes, extensamente drogo – resistentes o pandrogo – resistentes), pero es una especie microbiana muy importante el origen de infecciones nosocomiales.

Ampliando la explicación de la resistencia de *Staphylococcus aureus* observada en aislamientos obtenidos de la superficie de trucha arco iris, sería conferida debido a una proteína ligadora de penicilina (PBP), por sus siglas son conocidas como PBP2a o PBP2', la cual estuvo ausente en cepas susceptibles a la oxacilina, estas proteínas son expresadas por los genes *mecA* (Castellano et al., 2009).



Staphylococcus aureus fue aislada en muestras de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad de la ciudad e Puno, con porcentajes bajos de respuesta intermedia y resistencia, este patógeno es propio de la microbiota epitelial humana, por lo que su aislamiento se deba a partir de las personas que expenden estos productos, ya que es un microorganismo que se adapta excelentemente a su entorno y al presentar cepas heterogéneas poseen interacciones con los hospederos humanos o animales (Miranda y María, 2011), también posee la habilidad de originar cambios genéticos acelerados y lograr su estabilización en su genoma (Castellano et al., 2014), su patogenicidad se debería a la capacidad de adquirir e intercambiar genes de virulencia y frente a los antibióticos la presencia de genes específicos en sus plásmidos codificarían la resistencia, también se mencionan a los elementos de inserción, transposones, entre otros que no fueron descritos hasta ahora (Miranda y María, 2011). Por lo tanto, es fundamental la tipificación fenotípica y genotípica de las cepas, para tener una vigilancia epidemiológica que interprete el comportamiento y la distribución del patógeno, y tomar las medidas apropiadas controlar la infección y su diseminación (Castellano et al., 2014).

4.2.2 Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* frente a ciprofloxacina

En la Tabla 9 se presentan que los aislamientos de *Staphylococcus aureus* a partir de trucha arco iris, el 100% resultó sensible a la ciprofloxacina, con diámetros promedios entre 23.00 mm en el muestreo 5 y 34.33 mm en el muestreo 2. Los coeficientes de variación tuvieron un rango entre 6.19% (muestreo 4) y 19.21% (muestreo 3), indicando que los datos de los halos presentaron una dispersión entre baja y leve respecto a su promedio (Figura 17).

En la misma Tabla 9, de similar forma *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, resultaron con el 100% sensibles a ciprofloxacina, con promedios de halos de 24.33 mm

en el muestreo 4, llegando a 29.00 mm en el muestreo 5. Los coeficientes de variación oscilaron entre 3.45% (muestreo 5) y 13.21% (muestreo 4), considerando que los datos de los halos presentaron una dispersión entre baja y leve con respecto a su promedio (Figura 17).

Tabla 9. Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a la ciprofloxacina.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	31	29	27	29.00	S	6.90
	2	37	34	32	34.33	S	7.33
	3	35	25	26	28.67	S	19.21
	4	23	26	25	24.67	S	6.19
	5	28	24	24	23.00	S	10.04
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					
Jurel	1	22	28	27	25.67	S	12.52
	2	23	27	28	26.00	S	10.18
	3	26	21	27	24.67	S	13.03
	4	28	23	22	24.33	S	13.21
	5	29	30	28	29.00	S	3.45
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

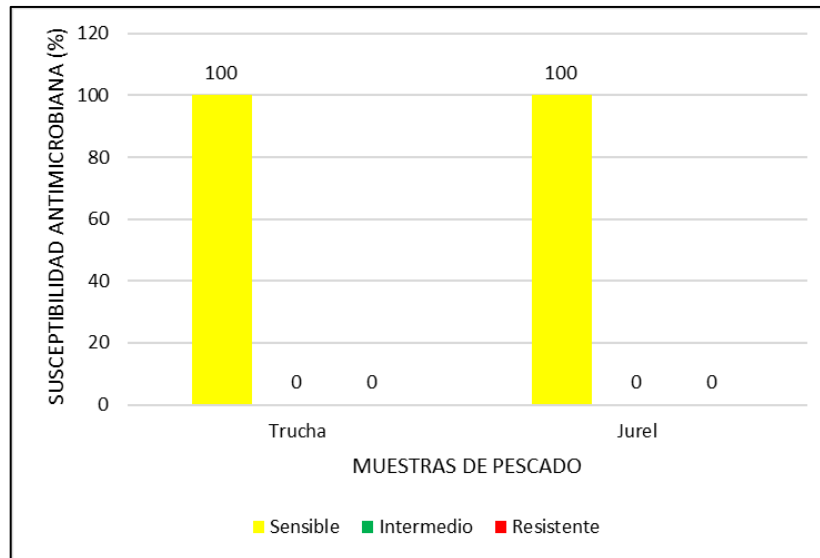


Figura 17. Porcentajes de susceptibilidad antimicrobiana de ciprofloxacina sobre *Staphylococcus aureus*, aislado de dos muestras de peces.

Al realizar el análisis de varianza, los halos de inhibición originados por la ciprofloxacina sobre *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris obtenidos por número de muestreo, presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.58$; $gl=4$; $p=0.0233$) y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición se presentaron en el muestreo 2, seguido de los muestreos 1 y 3 (entre los que no hubo diferencia estadística) y los menores halos se presentaron en los muestreos 4 y 5 (sin diferencia estadística) (Figura 18).

El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de ciprofloxacina sobre *Staphylococcus aureus* aislados de jurel, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=1.31$; $gl=4$; $p=0.3301$) entre los muestreos realizados.

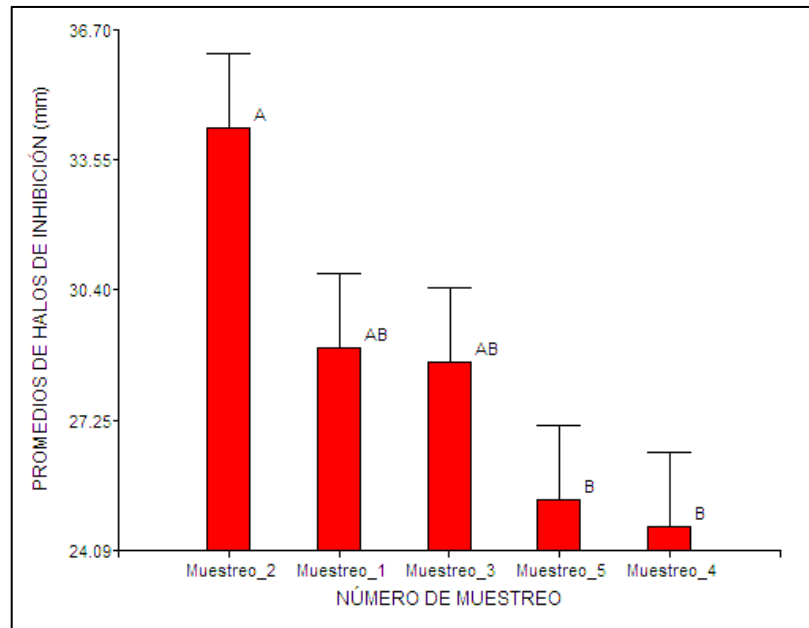


Figura 18. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de ciprofloxacina sobre *Staphylococcus aureus* aislada de trucha arco iris.

Los resultados de la presente investigación coinciden con las evaluaciones realizadas por Gómez et al. (2016) quienes encontraron bajos porcentajes de resistencia a la ciprofloxacina (25%), pero fue diferente a los reportados por un estudio multicéntrico de vigilancia antimicrobiana (Programa SENTRY) de Brasil (Gales et al., 2009), quienes registraron resistencias del 91.4%, otro estudio similar realizado también en Brasil, Silveira et al. (2015) en el estado de Santa Catarina determinó 79% de resistencia.

En el presente estudio no se encontró resistencia ni respuesta intermedia a la ciprofloxacina, pero según los reportes registrados existe resistencia en otras latitudes, siendo las causas principales la presencia de transposones, las secuencias de inserción y los genes de resistencia que presentarían los aislamientos de *Staphylococcus aureus*, aunándose a ello la capacidad de recombinación homóloga para lograr agrupar a los determinantes de resistencia (Gil, 2000).

4.2.3 Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* frente a eritromicina

Tabla 10. Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a la eritromicina.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	31	40	37	36.00	S	12.73
	2	22	14	20	18.67	I	22.30
	3	17	31	38	28.67	S	37.30
	4	20	22	21	21.00	I	4.76
	5	18	21	22	23.00	I	9.05
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 40%; Intermedio: 60%; Resistente: 0%					
Jurel	1	28	38	32	32.67	S	15.41
	2	26	40	35	33.67	S	21.07
	3	25	42	33	33.33	S	25.51
	4	37	41	36	38.00	S	6.96
	5	36	38	32	35.33	S	8.65
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

En la Tabla 10 se presentan que *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris fueron 40% sensibles a eritromicina y el 60% presentó respuesta intermedia, con promedios que oscilaron entre 18.67 mm en el muestreo 2 y 36.00 mm en el muestreo 1. Los coeficientes de variación estuvieron en un rango entre 4.76% (muestreo 4) y 37.30% (muestreo 3), indicando que los datos de los halos presentaron una dispersión entre baja y moderada respecto a sus promedios (Figura 19).

De similar forma en la misma Tabla 10, *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, resultaron 100% sensibles a eritromicina con halos promedios de 32.67 mm en el muestreo 1 y 38.00 mm en el muestreo 4. Los coeficientes de variación fluctuaron de 6.96% (muestreo 4) y 25.51% (muestreo 3), considerando que los datos de los halos de inhibición presentaron una dispersión entre baja y leve (Figura 19).

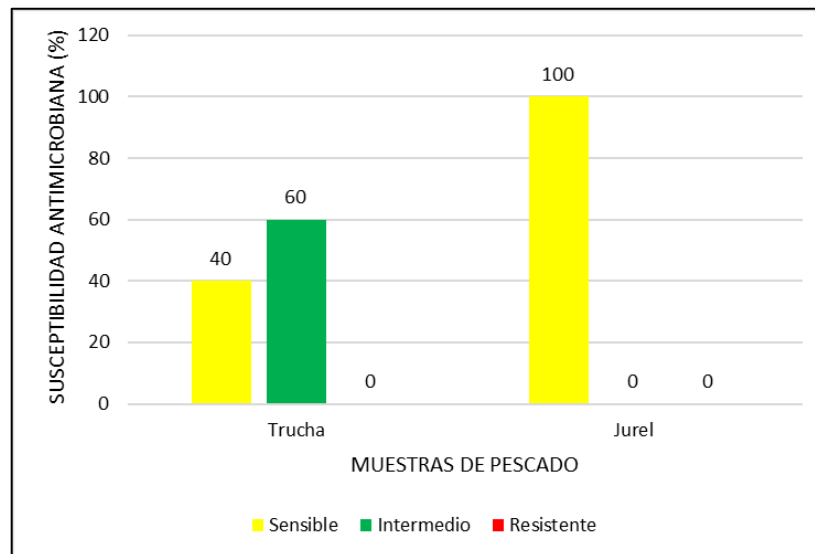


Figura 19. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de eritromicina sobre *Staphylococcus aureus*, aislado de dos muestras de peces.

El análisis de varianza, demostró que los halos de inhibición originados por eritromicina sobre *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris, presentaron diferencia estadística significativa ($F=5.04$; $gl=4$; $p=0.0174$) entre los muestreos realizados y la prueba de Tukey mostró que el mayor diámetro de halo de inhibición se presentó en el muestreo 1, seguidos de los muestreos 3 y 4, y los menores halos se presentaron en los muestreos 2 y 5 (entre los que no hubo diferencia estadística) (Figura 20).

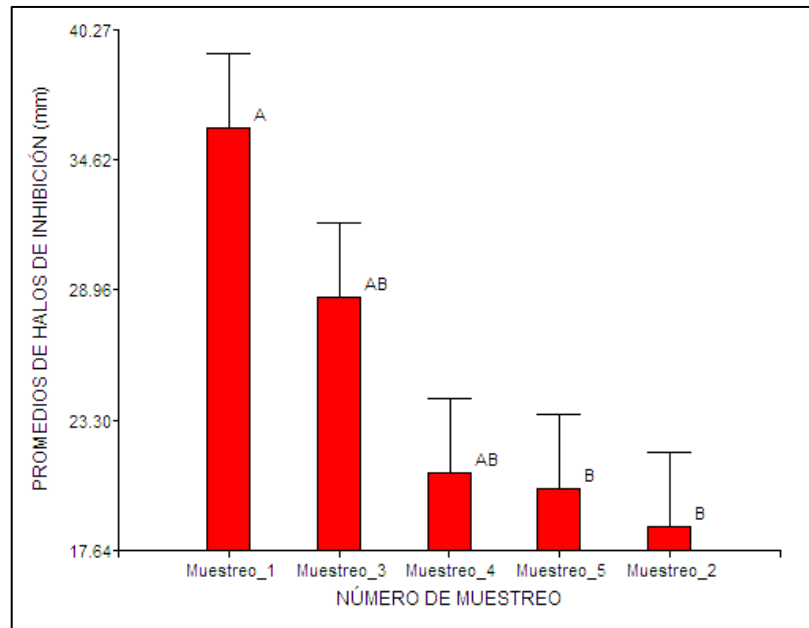


Figura 20. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de ciprofloxacina sobre *Staphylococcus aureus* aislada de trucha arco iris.

Los diámetros de los halos de inhibición de eritromicina sobre *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.42$; $gl=4$; $p=0.7923$) entre los muestreos realizados.

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron diferentes a los obtenidos por Gómez et al. (2016) quienes en el Hospital de Maracaibo (Venezuela) las cepas de *Staphylococcus aureus* obtuvo la resistencia a la eritromicina en un 66.07%, donde el fenotipo MS_B (macrólidos, lincosamidas y estreptograminas B) es el que otorgaría la resistencia a ese antibiótico. En el estudio se obtuvieron altos porcentajes de respuesta intermedia a Ciprofloxacina podría convertirse en resistente, según Romaniszyn et al. (2015), la resistencia que presentarían las cepas de *Staphylococcus aureus*, se debería al fenotipo inducible a MLS (iMLS) así como al fenotipo MS_B (resistencia a eritromicina, pero susceptible a clindamicina) en menor grado.

Los mecanismos para que *Staphylococcus aureus* se convierta en resistente a la eritromicina tendría los siguiente pasos, el primero se trataría de la resistencia a eritromicina y a clindamicina (fenotipo cMLSB), en el segundo la expresión inducible (fenotipo iMLSB) y el tercero la resistencia mediante una bomba de expulsión activa (fenotipo MSB) e inclusive se menciona un cuarto representado por la producción de la enzima que inactiva a las lincosamidas (codificadas por los genes *lnu*) siendo muy poco frecuente (Cercenado y Cantón, 2011).

El grupo MLSB presentarían 4 fenotipos de resistencia, aquellos que modificaron la zona diana (ARNr 23S) por efecto de las metilasas codificadas principalmente por genes *erm* (erythromycin ribosome methylase) entre ellas la *ermA*, *ermB*, *ermC*, entre otros; aquellas que posean una expulsión activa del antimicrobiano mediante genes de codificación en plásmidos (*msrA*); aquellas que posean la inactivación del antimicrobiano mediante los genes *lnu* y aquellas que originan la mutación del ARNr 23S y/o de proteínas ribosómicas (Cercenado y Cantón, 2011).

4.2.4 Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* frente a nitrofurantoína

En la Tabla 11 se presentan que *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris resultaron 80% sensibles a nitrofurantoina y un 20% resultó resistentes al antibiótico en mención, con promedios de halos de inhibición entre 14.33 mm en el muestreo 4 y 30.00 mm en el muestreo 2. Los coeficientes de variación estuvieron en un rango entre 3.57% (muestreros 1 y 3) y 14.52% (muestreo 4), indicando que los datos presentaron una dispersión baja respecto a su promedio (Figura 21).

En la misma Tabla 4, *Staphylococcus aureus* aisladas de jurel, presentaron el 100% sensibles a nitrofurantoína, con promedios de halos de inhibición desde 25.67 mm en el muestreo 4, llegando a 33.33 mm en el muestreo 5. Los coeficientes de variación

fluctuaron de 4.58% (muestreo 5) y 23.85% (muestreo 1), considerando que los datos de los halos presentaron una dispersión entre baja y leve (Figura 21).

Tabla 11. Susceptibilidad antibiótica de *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris y jurel expendidos en el mercado Unión – Dignidad, frente a la nitrofurantoína.

Peces	Muestras	Repeticiones			Prom	SA	CV
		R1	R2	R3			
Trucha arco iris	1	27	28	29	28.00	S	3.57
	2	25	35	30	30.00	S	16.67
	3	29	28	27	28.00	S	3.57
	4	12	16	15	14.33	R	14.52
	5	23	25	27	23.00	S	8.70
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 80%; Intermedio: 0%; Resistente: 20%					
Jurel	1	34	22	35	30.33	S	23.85
	2	32	34	30	32.00	S	6.25
	3	26	30	28	28.00	S	7.14
	4	25	28	24	25.67	S	8.11
	5	33	35	32	33.33	S	4.58
Resultado de susceptibilidad		Sensible: 100%; Intermedio: 0%; Resistente: 0%					

Donde: SA = susceptibilidad antimicrobiana; CV = coeficiente de variación; Prom = promedio; S = sensible; I = intermedio; R = resistente.

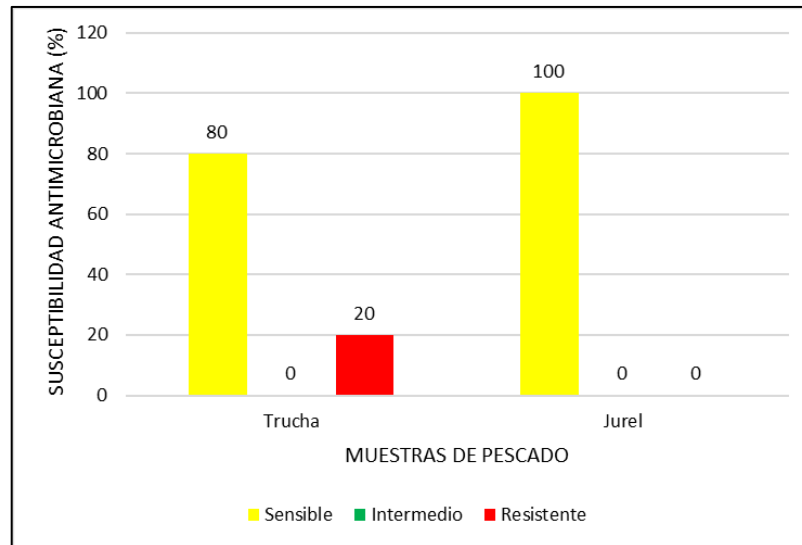


Figura 21. Porcentajes de susceptibilidad antibiótica de nitrofurantoína sobre *Staphylococcus aureus*, aislado de dos muestras de peces.

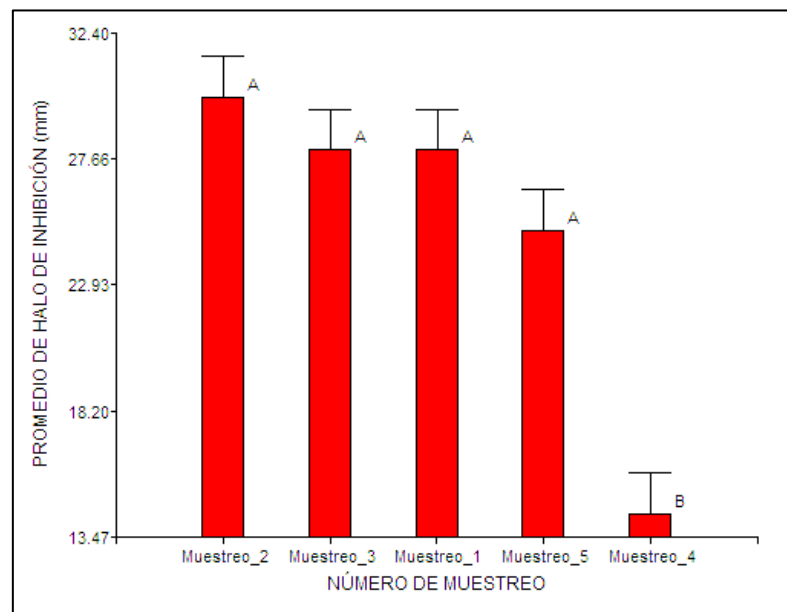


Figura 22. Prueba de Tukey de los diámetros de halos de inhibición de nitrofurantoína sobre *Staphylococcus aureus* aislada de trucha arco iris.

Al realizar el análisis de varianza, los halos de inhibición originados por la nitrofurantoína sobre *Staphylococcus aureus* aislados de trucha arco iris, presentaron diferencia estadística significativa ($F=16.64$; $gl=4$; $p=0.0002$) entre los muestreos realizados y la prueba de Tukey mostró que los mayores diámetros de halos de inhibición



se presentaron en los muestreos 1, 2, 3 y 5 (entre los que no hubo diferencia estadística) fueron mayores a los obtenidos en el muestreo 4 (Figura 22).

El análisis de varianza realizado a los diámetros de los halos de inhibición de nitrofurantoína sobre *Staphylococcus aureus* aislados de jurel, no presentaron diferencia estadística significativa ($F=0.83$; $gl=4$; $p=0.5380$) entre los muestreos realizados.

En un estudio lograron aislar a *Staphylococcus saprophyticus* el cual presentó de un total de 7 aislamientos, el 85.7% fueron sensibles a nitrofurantoína (Machado y Murillo, 2012), estos resultados fueron muy próximos a los obtenidos en la presente investigación ya que se obtuvo una sensibilidad del 80% y una resistencia del 20% en aislados de trucha arco iris. Inclusive Giacoboni et al. (2022) reporta que las cepas de *Staphylococcus aureus* meticilino resistentes fueron sensibles a nitrofurantoína. Por otro lado, Durán et al. (2018) reportó que *Staphylococcus saprophyticus* tuvo una sensibilidad mayor a al 50% ante la nitrofurantoína, siendo similar a los obtenidos en el presente estudio.

En la presente investigación, se obtuvo una elevada sensibilidad a la nitrofurantoína, la causa fundamental de dicha susceptibilidad sería explicada por no ser utilizada masivamente en los establecimientos de salud (Guevara et al., 2011). Y al poseer niveles de sensibilidad a nitrofurantoína por encima de los 75% se constituye en un antibiótico de mejor opción para el tratamiento de infecciones que origine *Staphylococcus aureus* (González et al., 2019).



V. CONCLUSIONES

- *Escherichia coli* aisladas de trucha arco iris fueron 100% susceptibles a tetraciclina y gentamicina, 60% susceptibles a trimetoprim – sulfametoxazol y solo el 20% de los aislamientos resultaron sensibles a cloranfenicol; en jurel los aislamientos de *Escherichia coli* fueron 100% susceptibles a gentamicina y trimetoprim – sulfametoxazol, el 60% fue susceptible a tetraciclina y la susceptibilidad fue nula frente a cloranfenicol.
- *Staphylococcus aureus* aisladas de trucha arco iris fueron 100% susceptibles a ciprofloxacina, el 80% susceptible a nitrofurantoina, el 60% resultó susceptible a oxacilina, y el 40% de los aislamientos resultó susceptible eritromicina; en jurel fueron 100% susceptibles a ciprofloxacina, eritromicina y nitrofurantoína y el 80% fue susceptible a oxacilina.



VI. RECOMENDACIONES

- Determinar si los aislamientos de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* sean portadoras de genes de resistencia a los antibióticos prescritos por el personal médico en la salud pública.
- Evaluar la susceptibilidad antibiótica en bacterias aisladas desde cuerpos acuáticos donde se cultivan truchas arco iris.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abreu, O., Alpuche C., Arathoon E. y Arbo A. (2011). Tratamiento de las enfermedades infecciosas. Quinta edición Washington, D.C: OPS.
- Agwuh, K. y MacGowan, A. (2006). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of the tetracyclines including glycylicyclines, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, Vol. 58(2): 256–265.
- Álvarez, M. y García, J. (2002). Eritromicina. Descubrimiento, características y aplicaciones. *OFFARM*. Vol 21 (2): 78-92.
- Andriole V. (2005). The quinolones: Past, Present, and Future. Overview of Quinolone Development. Vol. (41), 113-119.
- Arenas, N. y Moreno V. (2018). Producción pecuaria y emergencia de antibiótico resistencia en Colombia: Revisión sistemática. Vol. 22(2): 110-119. <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v22n2/0123-9392-inf-22-02-00110.pdf>
- Bailey, J., Pinyon, J., Anantham, S. y Hall, R. (2010). Commensal *Escherichia coli* of healthy humans: a reservoir for antibiotic resistance determinants. *J Med Microbiol*. Vol. 59: 1331-1339.
- Baires, A. (2013). Resistencia antibiótica. *Revista Médica Herediana*. Vol. 14 (4): 155. <https://doi.org/10.20453/rmh.v14i4.699>
- Bambeke V., Michot J., Eldere J. y Tulkens P. (2005). Quinolones in 2005: An update. *European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. Vol. 11: 256-280.
- Betrán, A., Lavilla, M., Cebollada, R., Calderón, J. y Torres, L. (2022). Resistencia antibiótica de *Escherichia coli* en infecciones urinarias nosocomiales y adquiridas en la comunidad del Sector Sanitario de Huesca 2016 – 2018. *Rev. Clín. Med. Fam*. Vol. 13 (3): 198-202. <https://scielo.isciii.es/pdf/albacete/v13n3/1699-695X-albacete-13-03-198.pdf>.
- Cabrera, C., Gómez, R. y Zúñiga, A. (2007). La resistencia de bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. *Colombia Médica del Valle*. Vol. 38: 149-158.
- Cáceres, B. (2016). Variabilidad morfológica y genética del pejerrey *Odontesthes regia* (Humboldt, 1821) en el mar peruano y su implicancia en 46 la determinación de stocks Tesis de Doctor. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



- Calderón, G. y Aguilar L. (2016). Resistencia antimicrobiana: microorganismos más resistentes y antibióticos con menor actividad. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*. Vol. LXXIII (621): 757 – 763.
- Castañeda, J. y Ochoa, N. (2012). Ensayo de mantenimiento de alevines de (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) en acuario y jaulas flotantes. Tesis. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias Básicas, Colombia. 77 p.
- Castellano, M., Cavazza, M. y Perozo, J. (2014). Tipo de cassette cromosómico estafilocócico en cepas clínicas de *Staphylococcus aureus* resistentes a Meticilina. *Kasmera*. Vol. 42 (2): 116-130.
- Castellano, M., Perozo, A., Vivas, R., Ginestre, M. y Rincón G. (2009) Tipificación molecular y fenotípica de *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina (SAMR) en un hospital universitario. *Rev Chil Infect*. Vol. 26 (1):39-48.
- Centeno, S. y Rodríguez R. (2005). Evaluación microbiológica de pescados congelados producidos en Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Revista Científica*. Vol. XV (2): 168-175. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95915212.pdf>.
- Cercenado, E. y Cantón, R. (2011). Procedimientos en Microbiología Clínica. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia39.pdf>.
- Céspedes, R., Zavaleta A., Calderón S., Esquerre C. y Albrecht M. (2021). Caracterización de bacterias aisladas del proceso de salado madurado de *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) “anchoveta”. *Revista Ecología Aplicada*. Vol. 20 (1): <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/1686/2200>
- Coguila, N. y Concha A. (2015). Influencia de la calidad sanitaria de la materia prima y de las buenas prácticas de manipulación sobre la calidad sanitaria del producto final: ceviche de pescado comercializado en las cevicherías del Cercado de Arequipa, 2015. Tesis de Licenciadas en Nutrición Humana. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú. 199 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3198/NUcogon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cota, E., Hurtado L., Pérez E. y Alcántara L. (2014). Resistencia a antibióticos de cepas bacterianas aisladas de animales destinados al consumo humano. *Rev.*



- Iberoamericana de Ciencias. Vol. 1 (1): 75 – 85.
<http://www.reibci.org/publicados/2014/mayo/4569156.pdf>
- Csirke, J. (2013). El Jurel *Trachurus murphy* en el Perú. Rev Peru Biol. Vol. 20 (1): 5–8.
- Cuesta, A. (2013). Calidad biológica y microbiológica de muestras de pescado conservadas mediante ahumado en frío y en refrigeración obtenidas en Isla Fuerte – Colombia. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. 58 p.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11896/CuestaMendozaAnaCatherine2013.pdf?sequence=1>.
- Chambers, H. y Karchmer, F. (2000). Penicilins. Mandell, Douglas and Benett's Principles and Practice of Infectious Diseases. Fifth Edition. 262-263.
- Chirinos, A. y Chumán, D. (1964). Notas sobre el desarrollo de huevos y larvas del Pejerrey: *Odontesthes (Austromenidia) regia regia* (Humboldt).
- Díaz, O. (2017). Diversidad ambiental de cepas de *Salmonella* spp aisladas de la laguna de Zapotlán, Jalisco. Tesis de Maestro en Ciencia y Tecnología en la especialidad de Ingeniería Ambiental. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco, A. C. Guadalajara – México. 102 p.
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/427/1/Osiris%20D%C3%ADaz%20Torres.pdf>
- Dioses T. (1995). Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. IMARPE.
- Exósito, L., Bermellón, S., Lescaille, L., Delgado, N. y Aliaga, I. (2019). Resistencia antimicrobiana de la *Escherichia coli* en pacientes con infección del tracto urinario. Rev. Inf. Cient. Vol. 98 (6): 755-764. <http://scielo.sld.cu/pdf/ric/v98n6/1028-9933-ric-98-06-755.pdf>.
- FDA (2008) Ciprofloxacín Hydrochloride,
<http://www.fda.gov/downloads/Drugs/EmergencyPreparedness/BioterrorismandDrugPreparedness/UCM130802.pdf>.
- Fernández, F., López, J., Ponce, L. y Machado, C. (2003). Resistencia Bacteriana. Revista Cubana de Medicina. Vol. 32 (1): 44 – 48.
- Flores, S. y Mendoza, M. (2019). Factores asociados que determinan coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de ceviche de pescado en placas petrifilm en el balneario de Ancón. Tesis de Químico Farmacéutico y Bioquímico. Facultad de



- Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica, Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
Lima - Perú. 115 p.
[http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5334/TESIS_FLOR
ES%20GUTIERREZ-
%20MENDOZA%20BONIFACIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5334/TESIS_FLOR%20GUTIERREZ-%20MENDOZA%20BONIFACIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Gales, A., Sader, H., Ribeiro, J., Zoccoli, C., Barth, A. y Pignatari, A. (2009). Antimicrobial susceptibility of Gram – positive bacteria isolated in Brazilian Hospitals Participating in the SENTRY Program (2005–2008). *Braz J Infect Dis*. Vol. 13: 90-98.
- García, J., Núñez F., Chacón O., Alfaro R. y Espinosa M. (2003). Estudio microbiológico de tejido superficial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y del agua circulante. *Rev. Hidrobiológica*. Vol. 13(2): 111-118.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v13n2/v13n2a3.pdf>
- Giacoboni, G., Vinocur, F., Fauret, N., Grandinetti, J. y Manzuc, P. (2017). Detección de *Staphylococcus pseudintermedius* resistentes a meticilina y a otros antimicrobianos de uso habitual en la clínica en piodermias caninas. *Rev. Analecta Vet*. Vol. 37 (2): 19-24. [Doi.org/10.24215/15142590e012](https://doi.org/10.24215/15142590e012).
- Gil, M. (2000). *Staphylococcus aureus*: Microbiología y Aspectos Moleculares de la Resistencia a Meticilina. *Rev Chil Infect*. Vol. 17 (2): 145-152.
- Gómez, L., Núñez, D., Perozo, A., Bermúdez, J. y Marín, M. (2016). *Staphylococcus aureus* con resistencia múltiple a los antibióticos (MDR) en un Hospital de Maracaibo – Venezuela. *Rev. Kasmera*. Vol. 44(1): 53-55.
<http://ve.scielo.org/pdf/km/v44n1/art08.pdf>.
- González, A., Terán, E., Durán, A. y Alviarez, M. (2019). Etiología y perfil de resistencia antimicrobiana en pacientes con infección urinaria adquirida en la comunidad. *Revista del instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”*. Vol. 50 (1y2): 4-13.
[https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/08/1118292/etiologia-y-perfil-de-
resistencia-antimicrobiana.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/08/1118292/etiologia-y-perfil-de-resistencia-antimicrobiana.pdf).
- González, G. y García, C. (2023). Mecanismos de resistencia a la colistina, la nitrofurantoína y la fosfomicina en Enterobacterales. *Acta Médica Costarricense*. Vol. 65 (2): 1-10. [Doi: 10.51481/amc.v65i2.1272](https://doi.org/10.51481/amc.v65i2.1272).
- González, N. y Bravo A. (2020). Identificación de *Vibrio* spp y otras bacterias en pescados procedentes de las comunidades Poneloya, Las Peñitas, Jiquilillo y El



- Tránsito, septiembre – octubre 2019. Monografía para optar el grado de Ingeniero Acuícola. Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León. Nicaragua. 54 p.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8172/1/245067.pdf>
- Guevara, A., Machado, S. y Manrique, E. (2011). Infecciones urinarias adquiridas en la comunidad: epidemiología, resistencia a los antimicrobianos y opciones terapéuticas. *Kasmera*. Vol. 39 (2): 87 – 97.
- He, T., Shen, Y., Schwarz, S., Cai, J., Lv, Y., Li, J. et al. (2016). Genetic environment of the transferable oxazolidinone/phenicol resistance gene *oprA* in *Enterococcus faecalis* isolates of human and animal origin. *J Antimicrob Chemother*. Vol. 71 (6): 1466-1473
- Heenatigala, P. y Fernando, M. (2016). Occurrence of bacteria species liable for vibriosis in shrimp pond culture systems in Sri Lanka and assessment of the suitable control measures. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.* Vol. 21 (1): 1-17.
<https://www.researchgate.net/publication/295850724>
- Hutter, A., Verhaegh, E., Harbarth, S., Muller, A., Theuretzbacher, U. y Mouton, J. (2015). Nitrofurantoin revisited: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *J Antimicrob Chemother*. Vol. 70: 2456-2464. DOI: [10.1093/jac/dkv147](https://doi.org/10.1093/jac/dkv147).
- Infante, B., Grape, M., Larsson, M., Kristiansson, C., Pallecchi, L., Rossolini, G., et al. (2005). Acquired sulphonamide resistance genes in faecal *Escherichia coli* from healthy children in Bolivia and Peru. *Int J Antimicrob Agents*. Vol. 25: 308-12.
- INS, Instituto Nacional de Salud. (2002). Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco difusión. Serie de Normas Técnicas No. 30. Lima – Perú. 67 p.
- Leal, E., Díaz, E., Saavedra, J. y Claramunt, G. (2013). Ciclo reproductivo, longitud y edad de madurez de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. *Rev Biol Mar Oceanogr*. Vol. 48 (3): 601–611
- Lewin, B. (2004). Genes VIII. Protein synthesis. Pearson Pren-tice Hall. Upper Saddle River, NJ 07458. p. 135-162.
- Livenais, J. (2009). Caracterización de las Fuentes de contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada, Bahía de Drake, Península de Osa, Costa Rica. Tesis de grado



- de maestría. Programa de Estudios en gestión integrada de áreas costeras tropicales. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- López, O., León J., Jiménez M. y Chaidez C. (2009). Detección y resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Salmonella* en agua y suelo agrícola. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 32 (2): 119-126. <http://scielo.org.mx/pdf/rfm/v32n2/v32n2a7.pdf>
- Lorenzo, P., Moreno, A., Lizasoain, I., Leza, J. C., Moro, M. A., y Portolés, A. (2015). Antibióticos y quimioterápicos. Generalidades. In Farmacología Básica y clínica. https://books.google.com.pe/books?id=BeQ6D40wTPQC&pg=PA825&dq=antibioticos+clasificacion&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjrp_2MkavvAhVlIrkGHQgYDw4Q6AEwBXoECAEQAg#v=onepage&q=antibioticos clasificacion&f=true
- Machado, J. y Murillo, M. (2012). Evaluación de sensibilidad antibiótica en urocultivos de pacientes en primer nivel de atención en salud de Pereira. Rev. Salud Pública. Vol. 14 (4): 710-719. <https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2012.v14n4/710-719>.
- Mantilla, B. (2004). Acuicultura Cultivo de Trucha en Jaulas Flotantes. Edición General Lima. 124p.
- Martínez M. (2010). Estudio comparativo de la calidad de tabletas de Ciprofloxacino que se comercializan en México (Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Máttar, S., Alvaro, A. y Alejandro, M. (2021). Capítulo I. Introducción al uso de los antimicrobianos en el laboratorio de microbiología clínica.
- Mendoza, N. (2008). Principios generales de la terapia antimicrobiana. In Farmacología médica (p. 568–582). Editorial Panamericana.
- Miranda, N. y María, G. (2014). Resistencia antimicrobiana del *Staphylococcus aureus* en México Bol Med Hosp Infant Mex. Vol. 68 (4): 262-270.
- Mollahaliloglu S., Alkan A., Donertas B., Ozgulcu S., y Akici A. (2013). Assessment of Antibiotic Prescribing at Different Hospitals and Primary Health Care Facilities. Saudi Pharmaceutical Journal. Vol. 21(3): 281-291.
- Moreno, C., González, R. y Beltrán, C. (2009). Mecanismos de resistencia antimicrobiana en patógenos respiratorios. Revista Otorrinolaringología Cirugía Cabeza y Cuello. Vol. 69: 185-192.
- Mosquito, S., Pons, M., Maves, R., Saenz, Y., Mercado, E., Vargas, M., et al. (2010). Prevalence of Extended Spectrum Beta-Lactamases in *Escherichia coli* strains isolated from Peruvian infants. 20th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ECCMID). Viena, Austria. April. 10-13.



- Mosquito, S., Ruíz, J., Bauer, J. y Ochoa, T. (2011). Mecanismos moleculares de resistencia antibiótica en *Escherichia coli* asociadas a diarrea. Rev. Peru Med. Exp. Salud Pública. Vol. 28(4): 648-656.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n4/a13v28n4.pdf>.
- Navarro, J. (2017). Evaluación de la calidad microbiológica de *Trachurus picturatus murphyi* “jurel” y *Aulacomya ater* “choro” comercializados en diferentes mercados de los distritos de San Juan de Lurigancho y San Martín de Porres, Lima – Perú. Tesis de Bióloga Microbióloga Parasitóloga. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 100 p.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7310/Navarro_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Neu, H. (1982). Antistaphilococcal Penicilins. Med Clinic of North Am. Vol. 66: 51 – 56.
- Ninahuaman, E. (2019). Evaluación de la calidad bacteriológica de *Trachurus picturatus murphyi* “jurel” expandido en los diferentes mercados de la plataforma comercial Andrés Avelino Cáceres en la ciudad de Arequipa, 2019. Tesis de Bióloga. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. 100 p.
<http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/10633/BIniareg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- NOM. (1995a). Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993. Pescado fresco – refrigerado y congelado. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, 15 de febrero. México D.F.
- NOM. (1995b). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placas. Diario Oficial, 12 de diciembre de 1995. México D.F.
- Ochoa, K., Paredes L., Bejarano D. y Silva R. (2012). Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). Rev. Scientia Agropecuaria. UNT. Trujillo – Perú. Vol. 3: 291 – 302.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2005). La contención de la resistencia a los antimicrobianos. Perspectivas políticas de la OMS sobre los medicamentos. Ginebra, Suiza: OMS. Fecha de revisión: 10/02/2021.



- <http://www.who.int/medicines>
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2006). La contención de la resistencia a los antimicrobianos. Perspectivas políticas de la OMS sobre los medicamentos. Ginebra, Suiza: OMS. <http://www.who.int/medicines>
- Osorio, M. y Veloz, D. (2012). Evaluación de dos tipos de dietas alimenticias a base de compost de bovino y de ave en el cultivo de la trucha arco iris en el Barrio Guitig Cantón Mejía. Universidad Técnica de Cotopaxi. 194 p.
- Ovislab. (2023). Susceptibilidad antimicrobiana. <https://www.ovislab.com/nuestros-servicios/susceptibilidad-antimicrobiana/>.
- Pacheco, C. (2011). Eliminación de Tetraciclinas de las aguas mediante procesos avanzados de oxidación, carbones activados y adsorbentes obtenidos a partir de lodos de depuradora.
- Perea, Á., Mori, J., Buitrón B. y Sánchez J. (2013). Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi*. Rev Peru Biol. Vol. 20 (1): 29–34.
- Picazo, J. (2000). Procedimientos en microbiología clínica. Métodos básicos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. http://coesant-seimc.org/documents/M%C3%A9todosB%C3%A1sicos_SensibilidadAntibi%C3%B3ticos.pdf.
- Pozos, A. (2010). Propuesta de construcción de estanquería para el cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. 58 p.
- PRODUCE, Ministerio de la Producción. (2010). Elaboración de estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno. Lima: Ministerio de la Producción.
- Puig, Y., Leyva V., Aportela N., Camejo A. y Tejedor R. (2019). Resistencia antimicrobiana en bacterias aisladas de pescados y mariscos. Revista Habanera de Ciencias Médicas. Vol. 18 (3): 500-512. <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v18n3/1729-519X-rhcm-18-03-500.pdf>
- Ramón, P., Sati H. y Galas M. (2018). Enfoque de una salud en las acciones para enfrentar la resistencia a los antimicrobianos desde una óptica latinoamericana. Rev Peru Med Exp Salud Pública. Vol. 35 (1): 103-109. [Doi: 10.17843/rpmesp.2018.351.3605](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3605)



- Rios, J., Ubidia, W. y Larenas, C. (2014). Evaluación de los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) con dietas enriquecidas con tres aceites esenciales; jengibre, cúrcuma y hierba luisa. Universidad Politécnica Salesiana. 102 p.
- Roberts, R., Shepherd, J. y Tarazona, J. (1980). Enfermedades de la trucha y del salmón. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 187 p.
- Rocha, Cl., Reynolds N. y Simons M. (2015). Resistencia emergente a los antibióticos: una amenaza global y un problema crítico en el cuidado de la salud. Rev. Peru Med. Exp. Salud Pública. Vol. 32 (1): 139-145.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v32n1/a20v32n1.pdf>
- Romaniszyn, D., Róžańska, A., Wójkowska, J., Chmielarczyk, A., Pobiega, M., Adamski, P., et al. (2015). Epidemiology, antibiotic consumption and molecular characterization of *Staphylococcus aureus* infections - data from the Polish Neonatology Surveillance Network, 2009–2012. BMC Infectious Diseases. Vol. 15: 169-178.
- Romero, J. (2017). Resistencias a diferentes antimicrobianos en cepas bacterianas procedentes de pescado. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Jaén. España. 156 p.
<http://ruja.ujaen.es/jspui/bitstream/10953/922/3/9788491591405.pdf>
- Romero, J. y Negrete M. (2011). Presencia de bacterias Gram positivas en músculo de pescado con importancia comercial en la zona del Caribe mexicano. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol. 82: 599-606.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v82n2/v82n2a19.pdf>
- Rondón, J., Ramos D., Vilca M., Salazar E., Mendoza Y. y González R. (2020). Caracterización sanitaria e identificación de los puntos de contaminación microbiológica en la cadena de comercialización pesquera en el puerto de Pucallpa, Ucayali, Perú. Rev. Inv. Vet. Perú. Vol. 31 (1): 1-13.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17539>
- Rosado, A. (2018). Resistencia antimicrobiana de bacterias del género *Vibrio* en langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en centro de cultivo de la región Tumbes. Tesis de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú. 91 p.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1686/Rosado_a.pdf?sequence



=1&isAllowed=y

- Sanabria, G. y Chiquillo J. (2019). Análisis microbiológico de dos muestras de pescado comercializadas en Tunja, Boyacá, Estudio de caso. Rev. Cultura Científica. N° 17: 52-65. [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/admin,+RCC+17+OK7+\(1\)-52-65.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/admin,+RCC+17+OK7+(1)-52-65.pdf)
- Sánchez, A., Benomar N., Pérez R., Abriouel H. y Gálvez A. (2009). Resistencia a antimicrobianos en enterococos aislados de alimentos de origen animal, pescado y mariscos. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. Vol. 22 (1): 51-62. [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Resistencia a antimicrobianos en enterococos aisla%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Resistencia a antimicrobianos en enterococos aisla%20(1).pdf)
- Schwarz, S., Kehrenberg, C., Doublet, B. y Cloeckert, A. (2004). Molecular basis of bacterial resistance to chloramphenicol and florfenicol. FEMS Microbiol Rev. Vol. 28: 519-42.
- Shakti, L. y Veeraraghavan, B. (2015). Advantage and limitations of nitrofurantoin in multi-drug resistant Indian scenario. Indian J. Med. Microbiol. Vol. 33: 477-481. DOI: [10.4103/02550857.167350](https://doi.org/10.4103/02550857.167350).
- Silveira, A., Cunha, G., Caierão, J., Cordova, C. y d'Azevedo, P. (2015). MRSA from Santa Catarina State, Southern Brazil: intriguing epidemiological differences compared to other Brazilian regions. Braz J Infect Dis. Vol. 19 (4): 384-389.
- Siriphap, A., Leekitcharoenphon, P., Kaas, R., Theethakaew, C., Aarestrup, F., Sutteinkul, O. y Hendriksen, R. (2017). Characterization and genetic variation of *Vibrio cholerae* isolated from clinical and environmental sources in Thailand. Vol. 12(1): e0169324.
- Srinivasan, V., Gillespie, B., Nguyen, L., Headrick, S., Murinda, S. y Oliver, S. (2007a). Characterization of antimicrobial resistance patterns and class 1 integrons in *Escherichia coli* O26 isolated from humans and animals. Int J Antimicrob Agents. Vol. 29: 254-62.
- Srinivasan, V., Nguyen, L., Headrick, S., Murinda, S. y Oliver, S. (2007b). Antimicrobial resistance patterns of Shiga toxinproducing *Escherichia coli* O157:H7 and O157:H7- from different origins. Microb Drug Resist. Vol. 13: 44-51.



- Stephens, C. (2002). Acidity Constants of the Tetracycline Antibiotics, *Journal of the American Chemical Society*. Vol. 78 (16): 4155–4158. [Doi: 10.1021/JA01597A081](https://doi.org/10.1021/JA01597A081).
- Tafur, L., Álvarez C., Turpo J. y Robles R. (2019). Presencia de bacterias patógenas zoonóticas en el tracto digestivo de pescado de origen marino comercializados en el mercado de abastos de Tingo María. *Rev. Investigación y Amazonía, Tingo María*. Vol. 9 (7): 22-29. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/viewFile/212/195>.
- Vásquez, J., Tasayco W., Chuquiyaury M. y Apac S. (2018). Evaluación microbiológica de pescados y mariscos expendidos en mercados de la ciudad de Huánuco. *Revista de Investigación Valdizana*. Vol. 12 (2): 75-82. <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv/article/view/142/135>
- WHO (2015) Model List of Essential Medicines, http://www.who.int/medicines/publications/essentialmedicines/EML2015_8-May-15.pdf.
- Yuvero, M. (2017). Caracterización morfológica y biología reproductiva en Fissurellidea y Fissurella (Vetigastropoda: Fissurellidae) en el Atlántico Sudoccidental, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Zhang, X., Zhang, Y., Wang, F., Wang, C., Chen, L., Liu, H., et al. (2018). Unraveling the mechanisms of nitrofurantoin resistance and epidemiological characteristics among *Escherichia coli* clinical isolates. *Int J Antimicrob Agents*. Vol. 52: 226-232. DOI: [10.1016/j.ijantimicag.2018.04.021](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.04.021).

ANEXOS

Galería de fotografías de la ejecución de la tesis



Figura 23. Expendio de *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris) en el mercado Unión – Dignidad.



Figura 24. Preparación de caldo triptona en los tubos para la dilución de las muestras.



Figura 25. Muestras de *Trachurus murphyi* (jurel) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris) en bolsas herméticas con caldo triptona previo a su agitación.



Figura 26. Transferencia de caldo Tryptona a las bolsas herméticas para la agitación con muestras de *Trachurus murphyi* (jurel) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).



Figura 27. Preparación de agar EMB y MS para cultivo de bacterias.



Figura 28. Cultivo bacteriano para la identificación y diferenciación de bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

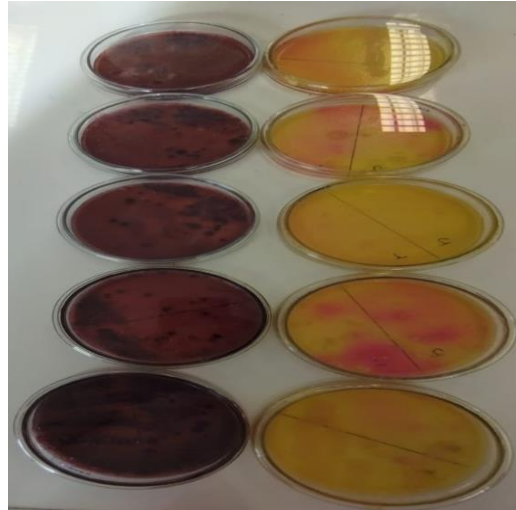


Figura 29. Crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en agar EMB y MS.



Figura 30. Preparación de pruebas bioquímicas para *Escherichia coli* (izquierda) y resultados positivos (derecha).

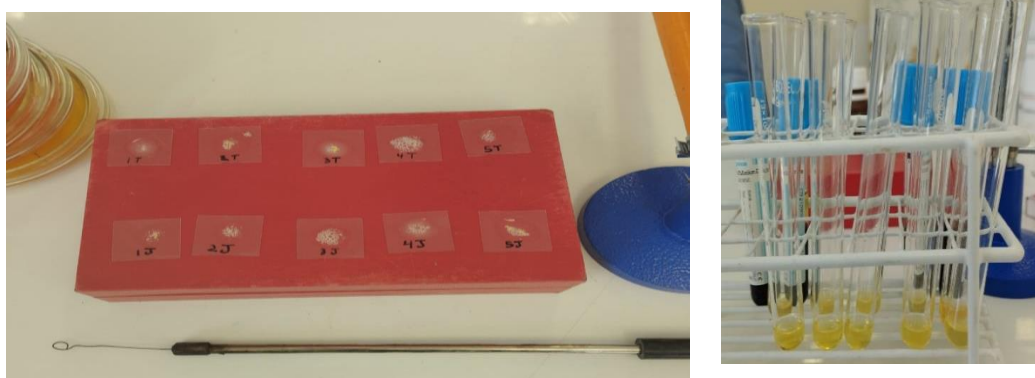


Figura 31. Pruebas bioquímicas de catalasa, coagulasa y hemólisis para la identificación de *Staphylococcus aureus*.

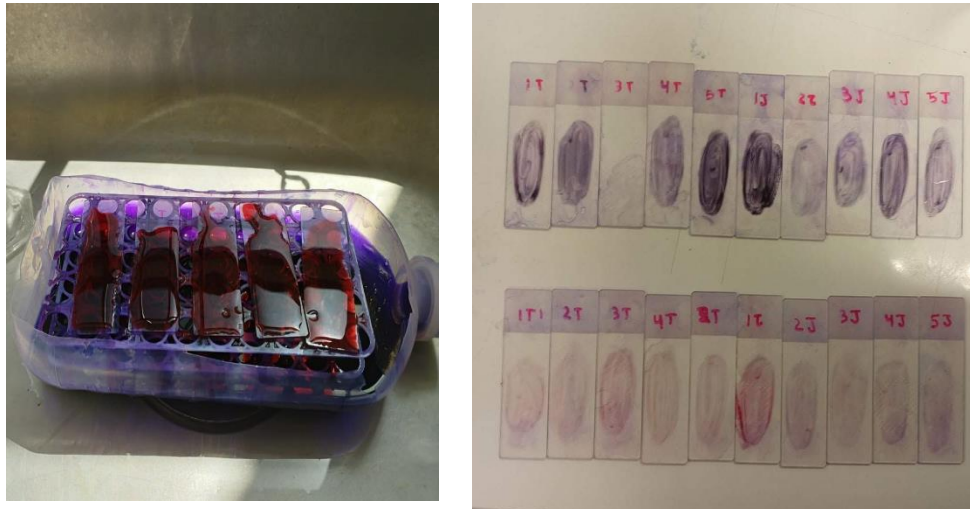


Figura 32. Tinción de Gram para las muestras de *Trachurus murphyi* (jurel) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).

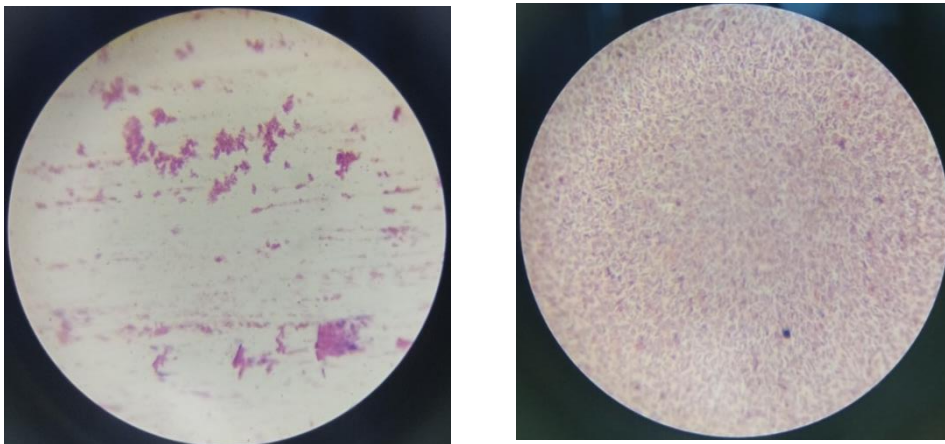


Figura 33. Observación microscópica de *Staphylococcus aureus* (izquierda) y *Escherichia coli* (derecha) aislados de las muestras de peces.



Figura 34. Estándar 0.5 de McFarland utilizado para la preparación de diluciones bacterianas.

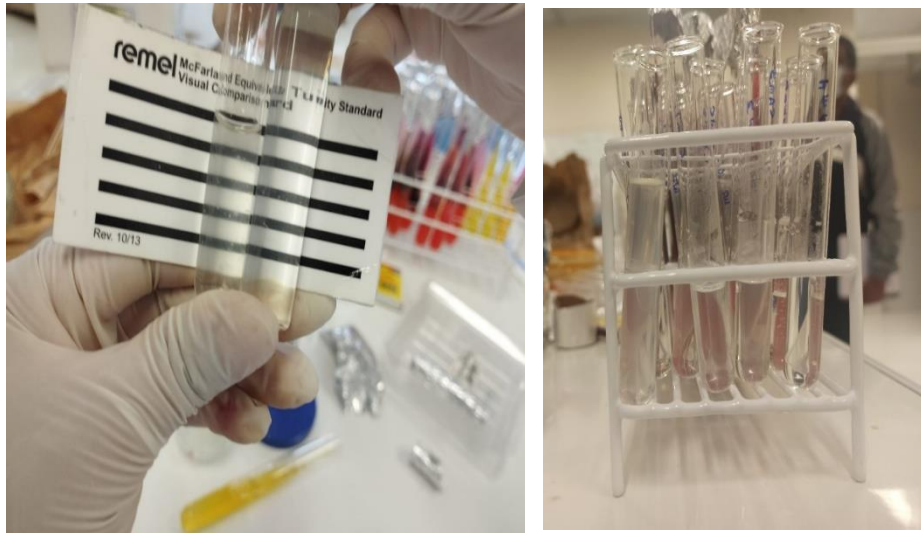


Figura 35. Turbidez del estándar 0.5 de McFarland y la muestra bacteriana.

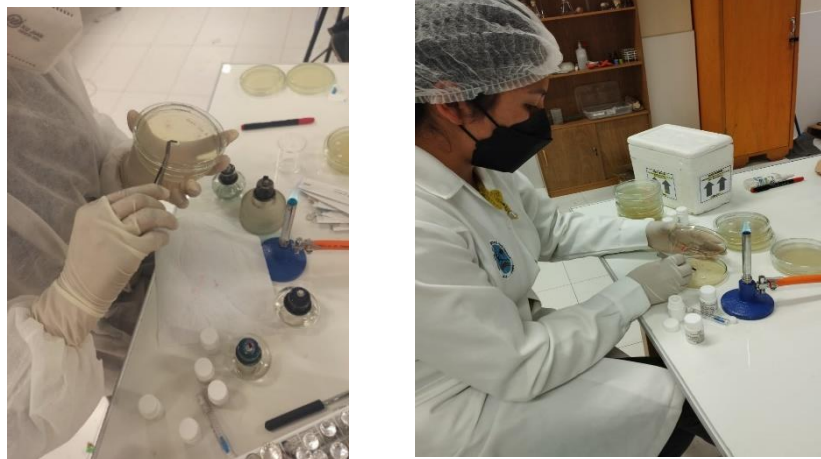


Figura 36. Transferencia de discos de sensibilidad en agar Mueller Hinton para *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.



Figura 37. Medición de los halos de inhibición con un calibrador.

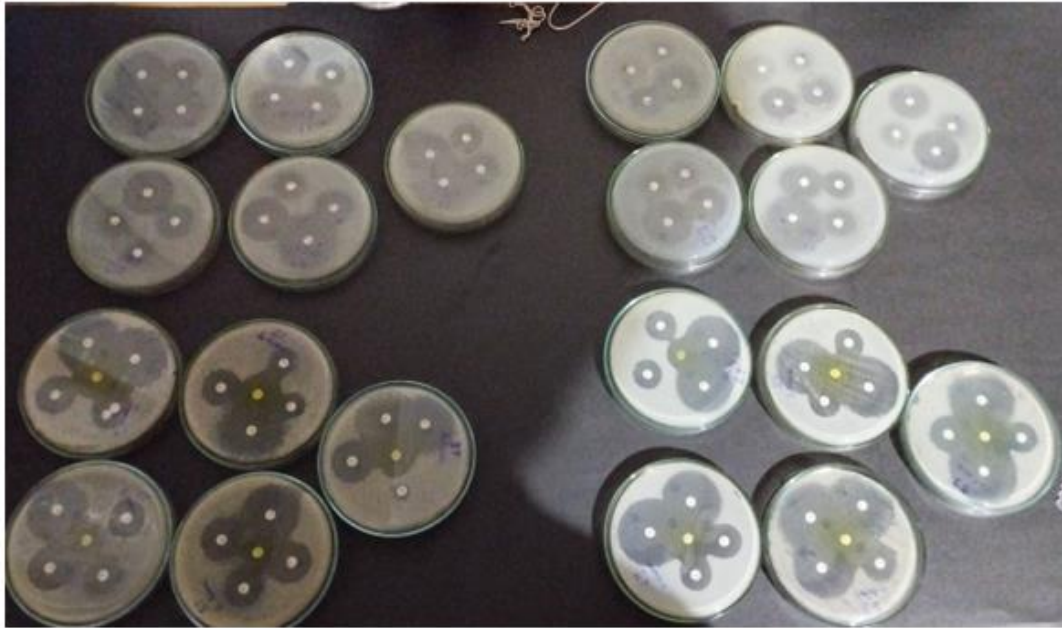


Figura 38. Resultados de antibiogramas de *Staphylococcus aureus* (izquierda) y *Escherichia coli* (derecha) para *Trachurus murphyi* (jurel) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).



Constancia de ejecución de la tesis.



Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Biología
Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico
Laboratorio de Botánica y Biotecnología



Registro: 007-2022

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, **DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE BOTÁNICA Y BIOTECNOLOGÍA** DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

HACE CONSTAR:

Que el (la) Bachiller **EVELIN QUISPE CALSIN**, egresado (a) de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ha realizado la parte experimental de su trabajo de investigación (Tesis) titulado: **SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS AISLADAS DE *Trachurus murphyi* (JUREL) Y *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS) EXPENDIDOS EN EL MERCADO UNIÓN - DIGNIDAD DE LA CIUDAD DE PUNO**, en el laboratorio de Botánica y Biotecnología, del Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Escuela Profesional de Biología, entre los meses de febrero a abril del año 2022.

Se le expide la presente Constancia a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 09 de mayo del 2022.

Dr. Sc. JUAN JOSÉ PAURO ROQUE
Responsable del Laboratorio de Botánica y Biotecnología
FCCBB – UNA Puno



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Evelin Quispe Calsin
identificado con DNI 74056869 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

BIOLOGIA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIARA EN BACTERIAS AISLADAS DE *Trachurus murphyi* (JUREL) Y *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS) EXPERIMENTADOS EN EL MERCADO URBANO - DIGNIDAD DE CIUDAD DE PUNO”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de DICIEMBRE del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Evelin Quispe Calsin
identificado con DNI 74056869 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS AISLADAS DE
Trachurus murphyi (JUREL) Y Oncorhynchus mykiss (TRUCHA ARCO IRIS)
EXPENDIDOS EN EL MERCADO URION - DIGNIDAD DE LA CIUDAD DE PUÑO ”

Es un tema original.

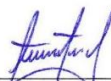
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de DICIEMBRE del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella