

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA



“APLICACIÓN DE ANTIBIÓTICOS EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE *Litopenaeus vannamei* (LANGOSTINO) Y DE *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS)”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR

TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

EDGAR JOEL AJALCRIÑA BOCANGEL

LIMA – PERÚ

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

“APLICACIÓN DE ANTIBIÓTICOS EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE *Litopenaeus vannamei* (LANGOSTINO) Y DE *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS)”

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	12 %	3 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.sanipes.gob.pe Fuente de Internet	2 %
2	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
4	1library.co Fuente de Internet	1 %
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
6	prodapp.seace.gob.pe Fuente de Internet	1 %
7	www.globalseafood.org Fuente de Internet	1 %
8	baixardoc.com Fuente de Internet	1 %

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“APLICACIÓN DE ANTIBIÓTICOS EN EL CONTROL DE
ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE *Litopenaeus vannamei*
(LANGOSTINO) Y DE *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO
IRIS)”**

Presentado por:

EDGAR JOEL AJALCRIÑA BOCANGEL

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado

Mg.Sc. Jessie Vargas Cárdenas
Presidente

Dr. Julio Gonzales Fernández
Asesor

Mg. Sc. Beatriz Angeles Escobar
Miembro

Dr. Verónica Sierralta Chichizola
Miembro

Lima, 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi padres y hermano, ya que su apoyo y preocupación para avanzar en mi carrera profesional ha sido un impulso muy grande para alcanzar esta meta. También se lo dedico a mi esposa por su ayuda, y en especial a mi hijo, que ha sido mi gran motivación.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi asesor el Dr. Julio Gonzales Fernández, por toda su ayuda y disposición de tiempo en la elaboración de este trabajo. Asimismo, agradecer a todos los miembros de mi jurado por su compromiso y apoyo en la revisión de este trabajo, y haber logrado sustentar dentro de los plazos establecidos, y también agradecer por sus recomendaciones para mejorar este documento.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	La acuicultura a nivel mundial y en el Perú.....	4
2.2	Destino de las producciones acuícolas.....	6
2.2.1	Exportaciones del langostino.....	7
2.2.2	Exportaciones de la trucha.....	7
2.3	El Langostino (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	8
2.3.1	Principales enfermedades que afectan al langostino.....	10
2.4	La Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	14
2.4.1	Principales enfermedades que afectan a la trucha arco iris	15
2.5	Antibióticos más usados en acuicultura de langostino y trucha arco iris	17
2.5.1	Oxitetraciclina.....	17
2.5.2	Florfenicol.....	19
2.6	Sensibilidad antibiótica en bacterias.....	19
2.7	Resistencia antibiótica	19
2.8	Drogas autorizadas para el uso en acuicultura.....	22
2.8.1	Marco legislativo	22
2.8.2	Límites máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios	23
2.8.3	Normativa respecto al alimento medicado.....	25
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	28
3.1	Experiencia y aportes profesionales	28
3.2	Descripción de las Empresas relacionadas al presente trabajo.....	29

3.2.1 Empresa A	29
3.2.2 Empresa B	30
3.3 Responsabilidad y funciones del Representante comercial.....	30
3.3.1 Homologación de antibióticos en un formulador de alimentos - Empresa A.....	31
3.3.2 Homologación de antibióticos en un productor/usuario directo - Empresa B.....	32
3.4 Asesoría post venta.....	32
3.4.1 Caso 1: Tratamiento contra la Hepatopancreatitis necrotizante - Empresa A.....	33
3.4.2 Caso 2: Tratamiento de Flavobacteriosis - Empresa B	35
IV. CONCLUSIONES	41
V. RECOMENDACIONES.....	42
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
VII. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cosecha por especie proveniente de la acuicultura 2019	5
Tabla 2. Lista de enfermedades del programa de vigilancia nacional que afectan al <i>Litopenaeus vannamei</i> , 2017-2019	12
Tabla 3. Resultados de sensibilidad de bacterias del género <i>Vibrio</i>	20
Tabla 4. LMR de medicamentos veterinarios en alimentos de origen acuícola en Perú	23
Tabla 5. Límite Máximo de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios (matriz músculo) para productos pesqueros y acuícolas de acuerdo al mercado de destino	24
Tabla 6. Límites Máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios de productos pesqueros y acuícolas para EE.UU, de acuerdo a la FDA (Food and Drug Administration)	25
Tabla 7. Identificación de empresas para el desarrollo del presente trabajo	29
Tabla 8. Descripción de la forma de uso de los antibióticos en trucha	36
Tabla 9. Dosis para aplicación de alimento medicado en trucha	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura 1950-2018	5
Figura 2. Producción acuícola y destino en 2017 en TM en el Perú	6
Figura 3. Evolución de las exportaciones de langostino 2015 - 2019	7
Figura 4. Evolución de las exportaciones de trucha 2015 - 2019	8
Figura 5. Frecuencias de casos positivos anuales de enfermedades de notificación obligatoria en langostinos 2017 – 2019.	12
Figura 6. Sensibilidad bacteriana frente a patógenos del cultivo de langostinos	20
Figura 7. Resultado de la evaluación de sensibilidad bacteriana de <i>F. psychrophilum</i> frente a diferentes antibióticos	21

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Antimicrobiano: Designa una sustancia natural, semisintética o sintética, que, en concentración in vivo, da muestras de actividad antimicrobiana (mata o inhibe el desarrollo de microorganismo).
- Bacteria multirresistente: Son un grupo de bacterias que tienen resistencia a los antibióticos más utilizados.
- Bactericida: Es una sustancia capaz de eliminar bacterias, microorganismos unicelulares y otros organismos. Pueden presentarse como desinfectantes, antisépticos o antibióticos, entre otras formas.
- Efecto bacteriostático: Es un agente que no causa la muerte directa de una bacteria, pero detiene su reproducción; la bacteria finalmente envejece y fallece sin dejar sucesores.
- Farmacopea: Libro en el que se describen las sustancias químicas, los fármacos y otras sustancias, y la forma en la que se usan como medicamentos.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura
- Homologación de antibiótico: proceso mediante el cual se contrastan las especificaciones requeridas por la empresa para un antibiótico frente al certificado de análisis del mismo de otro fabricante del mismo antibiótico.
- Materia prima para producto veterinario: Una sustancia, ya sea en estado activo o inactivo, procedente de cualquier fuente, empleada como componente fundamental, ingrediente activo o excipiente en la producción de medicamentos veterinarios y productos similares, ya sea que mantenga su estado original o experimente alguna modificación.

- Patógeno: Son microorganismos infecciosos, tales como virus, bacterias, hongos y otros, capaces de desencadenar enfermedades en el organismo que los alberga.
- PCR: Reacción en cadena de la polimerasa. Es una técnica de la biología molecular desarrollada en 1986.
- Periodo de retiro: El período de retiro requerido tras la última dosis de un medicamento veterinario administrado a un animal, bajo las condiciones habituales, y antes de obtener productos alimenticios de ese animal, se establece para salvaguardar la salud pública. Esto garantiza que los productos alimenticios no contengan residuos de sustancias activas por encima de los límites máximos permitidos.
- Pienso medicado: Cualquier combinación de premezclas medicamentosas y piensos, elaborada antes de su venta y dirigida a la administración directa a los animales sin alteraciones, debido a sus cualidades curativas, preventivas u otras propiedades inherentes de las premezclas.
- Pre mezcla medicamentosa: Cualquier medicamento veterinario con un registro sanitario válido otorgado por la autoridad competente en salud, elaborado para ser utilizado en la elaboración de piensos medicados.
- Principio activo: Cualquier elemento o combinación de elementos empleados para producir un medicamento y que, al integrarse en su fabricación, se convierte en un ingrediente activo de dicho medicamento, con la finalidad de desencadenar una acción farmacológica, inmunológica o metabólica.
- SANIPES: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, es el encargado de normar, supervisar y fiscalizar las actividades de sanidad e inocuidad pesquera, acuícola y de piensos de origen hidrobiológico.
- SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, es una entidad gubernamental en Chile encargada de supervisar el cumplimiento de las regulaciones en materia de pesca y cultivo de especies acuáticas.

RESUMEN

La acuicultura, fundamental en la cría de langostinos y truchas, recurre al uso de antibióticos para prevenir y tratar enfermedades, evitando pérdidas económicas significativas. Sin embargo, esta práctica ha suscitado preocupaciones debido al surgimiento de bacterias resistentes, planteando serios riesgos para la salud humana al reducir las opciones de un tratamiento eficaz. En el estudio realizado mediante información recopilada se ha evaluado la efectividad de la oxitetraciclina y el florfenicol en el control de enfermedades específicas en estas especies. Destaca que la oxitetraciclina, por su costo y eficacia, es ampliamente utilizada y demuestra ser eficaz contra la hepatopancreatitis necrotizante en langostinos en un lapso de 14 días. Ambos antibióticos han mostrado capacidad para controlar la flavobacteriosis en truchas, reduciendo la mortalidad a niveles normales. A pesar de que el florfenicol posee un espectro de acción más amplio, su uso se ve limitado debido a consideraciones económicas. Estos resultados enfatizan la necesidad crítica de una gestión responsable de antibióticos en la acuicultura para preservar la salud pública y mantener la efectividad de estos tratamientos, al tiempo que resaltan la importancia de una regulación más estricta y una supervisión rigurosa para contrarrestar la resistencia bacteriana y sus implicaciones en la salud animal y humana.

Palabras clave: antibióticos, acuicultura, oxitetraciclina, florfenicol, resistencia bacteriana, flavobacteriosis, hepatopancreatitis necrotizante.

ABSTRACT

Aquaculture, crucial in the breeding of prawns and trout, resorts to the use of antibiotics to prevent and treat diseases, avoiding significant economic losses. However, this practice has raised concerns due to the emergence of resistant bacteria, posing serious risks to human health by reducing options for effective treatment. The study, based on collected information, assessed the effectiveness of oxytetracycline and florfenicol in controlling specific diseases in these species. It is notable that oxytetracycline, due to its cost-effectiveness, is widely used and proves to be effective against necrotizing hepatopancreatitis in prawns within a 14-day period. Both antibiotics have shown the ability to control flavobacteriosis in trout, reducing mortality to normal levels. Despite florfenicol having a broader spectrum of action, its use is limited due to economic considerations. These findings emphasize the critical need for responsible antibiotic management in aquaculture to preserve public health and maintain the effectiveness of these treatments, while underscoring the importance of stricter regulation and rigorous oversight to counteract bacterial resistance and its implications for animal and human health.

Keywords: antibiotics, aquaculture, oxytetracycline, florfenicol, bacterial resistance, flavobacteriosis, necrotizing hepatopancreatitis.

I. INTRODUCCIÓN

Al igual que en otros sectores de producción animal, en la acuicultura también se emplean antibióticos, principalmente para prevenir (uso profiláctico) y tratar (uso terapéutico) las incidencias de patógenos que afectan los sistemas de cultivos, los cuales pueden producir altas tasas de mortalidad afectando económicamente al productor, motivo por el cual hacen uso de antibióticos, y en muchas ocasiones sin la debida orientación. Por consiguiente, estudios realizados durante años por organismos internacionales, como la FAO, concluyeron que el uso indiscriminado de antibióticos en esta actividad tenía efectos negativos, debido a que está comprobado que genera la existencia de bacterias multirresistentes, teniendo en cuenta dos mecanismos: la acumulación de residuos de antibióticos en la especie cultivada, y la presencia de residuos de antibióticos en el medio acuático y terrestre (FAO, 2020).

El primer mecanismo, representa un grave problema de salud pública, ya que los productos provenientes de la actividad acuícola son consumidos por los seres humanos, quienes sin ninguna intención ingieren residuos de antibióticos, ocasionando un alto riesgo de proliferación de bacterias resistentes a los antibióticos, siendo este problema el más grave que enfrenta la humanidad, porque se reducen las opciones de antibióticos eficaces contra diversas enfermedades, haciendo más difícil establecer un tratamiento adecuado (Shears, 2001).

En el segundo caso, la presencia de residuos de antibióticos en el agua y suelo se puede dar por las heces de los organismos, por los métodos de profilaxis en los criaderos, o por los restos de piensos medicados que no son consumidos. La presencia de estos antibióticos en el ecosistema favorece la selección de bacterias resistentes, que podrían eventualmente causar problemas en la salud humana (Barattini, 2012).

Debido a los problemas mencionados, los principales países importadores de langostino y trucha, conscientes de la falta de control sobre la actividad acuícola y sus residuos químicos en los países en donde se cultivan estas especies, ha generado se establezcan los Límites máximos residuales (LMR), con la finalidad de asegurar la inocuidad de los productos que

ingresan a su territorio y que provienen de países en donde las regulaciones veterinarias no son controladas adecuadamente (Montoya, 2002).

En América latina la producción acuícola ha tenido un incremento muy significativo, llegando a un récord de 114.5 millones de toneladas en el 2018 según la FAO, considerándose una actividad muy importante tanto a nivel económico como social. Cada país en esta región está desarrollando diversos tipos de cultivo, entre los que destacan el salmón, langostino, trucha, entre otros.

En Chile, reconocidos mundialmente por el cultivo de *Salmo salar* “salmón común”, usan diversos antibióticos, siendo los más empleados la oxitetraciclina y el florfenicol, con una prevalencia del 43 y 54 por ciento respectivamente sobre los demás antibióticos autorizados (SERNAPESCA, 2012).

Por otro lado, según Reyes (2018), en Ecuador, resalta el cultivo de *Litopenaeus vannamei* “langostino”, siendo la oxitetraciclina y el florfenicol los antibióticos predominantes, sin embargo, la oxitetraciclina es más usada debido a su nivel de eficacia y menor costo frente al florfenicol.

Asimismo, en Perú resalta el cultivo de *Litopenaeus vannamei* “langostino” y de *Oncorhynchus mykiss* “trucha”, para lo cual también se usan antibióticos como oxitetraciclina y el florfenicol para el tratamiento y prevención de enfermedades bacterianas que ponen en riesgo la producción.

La experiencia obtenida durante estos cuatro años en Mercantil S.A. fue importante para poder conocer sobre el uso y la eficacia que tienen estos dos antibióticos, oxitetraciclina y florfenicol, en los cultivos de langostino y trucha, en donde específicamente se pudo evidenciar el resultado del tratamiento de enfermedades como hepatopancreatitis necrotizante y flavobacteriosis respectivamente, lo cual se desarrollará en la presente monografía.

1.1 Objetivo general

Describir la aplicación de los antibióticos en el control de las enfermedades del langostino y la trucha.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evidenciar la eficacia del uso de la oxitetraciclina para el control de la hepatopancreatitis necrotizante en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* “langostino”.
- Mostrar la eficacia del uso de la oxitetraciclina y el florfenicol para el control de la flavobacteriosis en el cultivo de *Oncorhynchus mykiss* “trucha”.
- Comparar la eficacia de la oxitetraciclina frente al florfenicol, en estas dos especies en estudio.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La acuicultura a nivel mundial y en el Perú

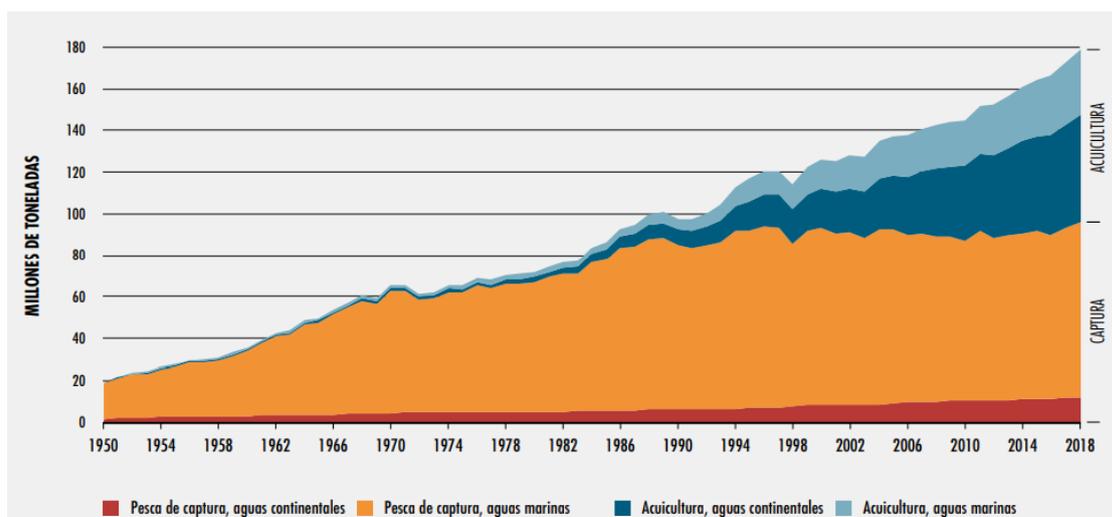
Según la FAO (2020), se reporta que la acuicultura ha experimentado un crecimiento más pronunciado que otros sectores alimentarios en años recientes, contribuyendo con el 16 por ciento de la proteína animal consumida globalmente. No obstante, su rápido desarrollo en demanda y producción conlleva la probabilidad de enfrentar desafíos sanitarios cada vez más significativos.

Uno de los principales riesgos detectados en décadas recientes ha sido la proliferación de enfermedades infecciosas en animales acuáticos, con origen bacteriano, viral, micótico y parasitario. Estos patógenos representan una amenaza considerable debido a su capacidad para causar elevadas tasas de mortalidad, generando pérdidas económicas globales que han superado los 3000 millones de dólares (FAO, 2020).

Durante las últimas seis décadas, la acuicultura ha experimentado un crecimiento extraordinario (ver figura 1), llegando a representar casi la mitad de los productos pesqueros consumidos globalmente. Esto la consolida como una relevante fuente de proteína animal de alta calidad en el mundo, lo que ha suscitado el interés de múltiples empresas y naciones en su desarrollo (FAO, 2020).

Figura 1

Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura 1950-2018



Nota: Evolución de la producción de pesca y acuicultura. Elaborado en base a FAO (2020).

En la actualidad, la producción acuícola en Perú se centra principalmente en especies como el langostino "*Litopenaeus vannamei*", la concha de abanico "*Argopecten purpuratus*", la trucha "*Oncorhynchus mykiss*", entre otras (ver Tabla 1). Esta actividad tiene el potencial de convertirse en un sector económico significativo a nivel nacional, aprovechando las condiciones favorables que ofrece el territorio peruano, como sus diversos ambientes y la extensa presencia de cuerpos de agua ideales para esta actividad. Las proyecciones de crecimiento de la acuicultura en el país, según datos del Ministerio de la Producción en 2020, indican una tendencia positiva para el desarrollo continuo de esta industria.

Tabla 1

Cosecha por especie proveniente de la acuicultura 2019

Especie	Cosecha (TM)	Porcentaje
Trucha	48753.7	35 %
Tilapia	1930.8	1 %
Concha de abanico	56654.6	41 %
Langostino	26942.8	20 %
Otras	3475.4	3 %
Total	137757.3	100 %

Nota: Principales especies de la acuicultura. Elaborado en base a PRODUCE (2020)

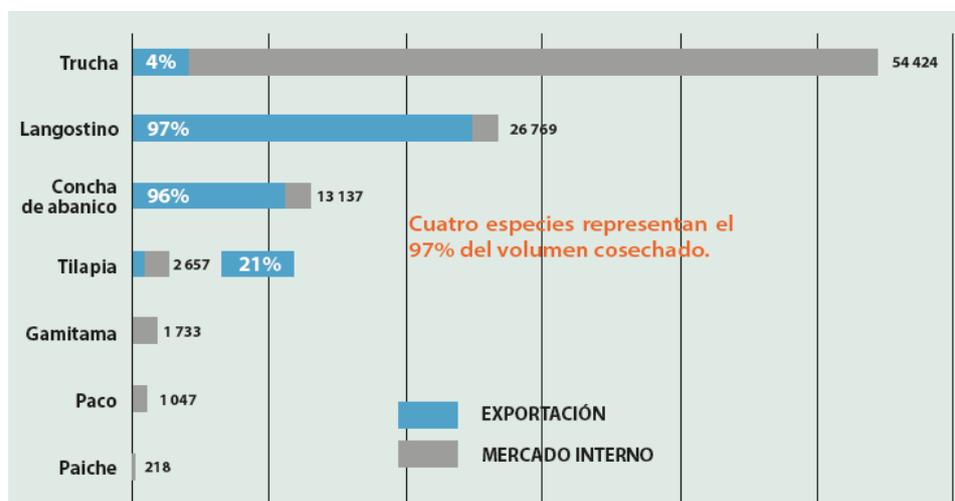
Según el Ministerio de Producción en 2020, las áreas más destacadas para el cultivo de especies acuáticas en el país debido a sus condiciones medioambientales favorables son las siguientes:

- Tumbes y Piura son reconocidas por su actividad en el cultivo de langostinos.
- Piura y Ancash sobresalen en la cría de concha de abanico.
- San Martín y Piura son reconocidas por su producción de tilapia.
- Junín, Huancavelica, Pasco y Puno se destacan como las principales regiones para el cultivo de trucha.
- San Martín, Loreto, Ucayali y Madre de Dios son áreas clave para la cría de diversas especies de peces amazónicos.

2.2 Destino de las producciones acuícolas

En la Figura 2 se resume la relevancia en términos de tonelaje de los distintos productos acuícolas peruanos y su destino, basado en datos de 2017. La producción se concentra principalmente en cuatro especies: trucha, langostino, concha de abanico y tilapia, las cuales constituyen el 97 por ciento del total cosechado. Se destaca la significativa contribución del langostino y la concha de abanico en las exportaciones, mientras que la trucha tiene un papel fundamental tanto por su volumen de producción en el mercado nacional como por su participación en las exportaciones. Además, la tilapia tiene presencia tanto en el mercado nacional como en el internacional (PRODUCE, 2018).

Figura 2
Producción acuícola y destino en 2017 en TM en el Perú

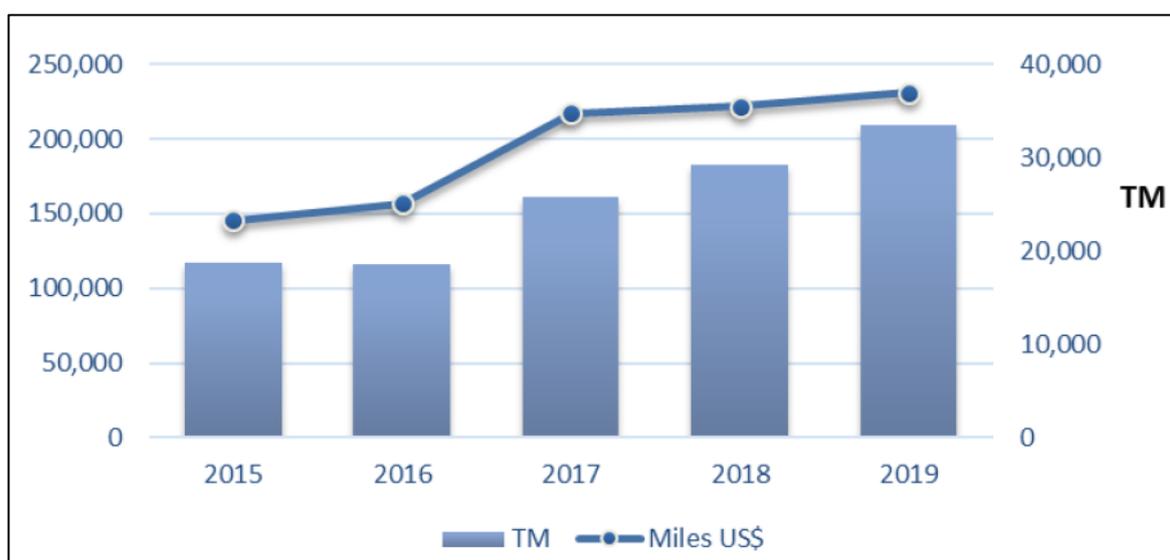


Nota: Destino de las especies cultivadas en Perú. Elaborado en base a PRODUCE (2018).

2.2.1 Exportaciones del langostino

En el año 2019, las exportaciones totales de langostinos ascendieron a 230.7 millones de dólares, según lo reflejado en la Figura 3. Dentro de esta cifra, aproximadamente 178 millones de dólares se originaron en la acuicultura nacional, representando un 77.1 por ciento del total, mientras que los restantes 52.7 millones de dólares correspondieron a productos de captura importados, procesados localmente para agregar valor y posteriormente reexportados a mercados más especializados. Este récord alcanzado en 2019 marca el nivel más alto de los últimos diez años, lo que evidencia el notorio crecimiento de esta actividad y su relevancia económica (PromPerú, 2020).

Figura 3
Evolución de las exportaciones de langostino 2015 – 2019.



Nota: Datos en TM y Miles de US\$. Elaborado en base a PromPerú (2020).

2.2.2 Exportaciones de la trucha

En el año 2019, las exportaciones de trucha congelada, como se observa en la Figura 4, experimentaron un notorio crecimiento del 21 por ciento en comparación con el año anterior, alcanzando un valor de 27.6 millones de dólares. Este aumento se atribuye principalmente al incremento significativo de los envíos de trucha entera eviscerada y HG, con un aumento del 57 por ciento, principalmente dirigidos al mercado ruso. Por otro lado, las exportaciones de filete congelado de trucha también aumentaron, aunque en menor medida (6 por ciento),

distribuyéndose principalmente hacia Canadá (47 por ciento), Japón (33 por ciento) y Estados Unidos (11 por ciento) según datos proporcionados por PromPerú en 2020.

La mayor parte de las exportaciones de trucha entera y HG provienen de la empresa Mar Andino Perú S.A.C., que ostenta una participación del 81.3 por ciento. Por otro lado, en el caso de los filetes congelados, el exportador más destacado es Piscifactorías de Los Andes, con una participación del 61.6 por ciento (PromPerú, 2020).

Figura 4
Evolución de las exportaciones de trucha 2015 – 2019



Nota: Datos en TM y Miles de US\$. Elaborado en base a PromPerú (2020).

2.3 El Langostino (*Litopenaeus vannamei*)

El langostino blanco, también conocido como langostino *Litopenaeus vannamei*, se encuentra en una extensa área que va desde la parte norte del Golfo de California en México hasta la región de Tumbes en Perú. Esta especie se desarrolla en el fondo marino y suele habitar a profundidades que oscilan entre los 5 y 70 metros. Durante sus primeras etapas como larva, se alimenta principalmente de zooplancton, mientras que, en su etapa juvenil y adulta, su dieta se vuelve omnívora, consumiendo una variedad más amplia de alimentos (Yépez, 2002).

Clasificación taxonómica del Langostino (Boone,1931):

REYNO	Animalia
PHYLUM	Arthropoda
SUBPHYLUM	Crustacea
CLASE	Malacostraca
SUBCLASE	Eumalacostraca
SUPERORDEN	Eucarida
ORDEN	Decapoda
FAMILIA	Penaeidae
GÉNERO	Litopenaeus
ESPECIE	<i>Litopenaeus vannamei</i>

El *Litopenaeus vannamei* “langostino”, se encuentra comúnmente en hábitats marinos tropicales en aguas que superan los 20°C. Los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que la post-larva migra a las costas al pasar la etapa juvenil, la etapa adolescente y pre adulta se localizan en estuarios, lagunas costeras y manglares. Su coloración es normalmente blanca translúcida, pero puede cambiar dependiendo del sustrato, la alimentación y la turbidez del agua. Presentan una talla máxima es de 28cm, y las hembras comúnmente crecen más rápido y adquieren una mayor talla que los machos. Los machos por su parte maduran a partir de los 20g y las hembras a partir de los 28g, a la edad de 6 a 7 meses (FAO, 2009).

La cría del langostino en Tumbes se lleva a cabo mediante un sistema semi-intensivo, con una densidad de siembra que oscila entre 10 y 30 post larvas por metro cuadrado y dos cosechas al año, según indicaciones de la FAO. Este proceso comienza con post-larvas que muestran una rápida adaptación a los piensos comerciales, destacando por su rápido crecimiento, alta tolerancia a cambios ambientales y capacidad de resistir estrés y enfermedades (Rosado, 2019).

Los langostinos alcanzan un tamaño comercial de 18 a 23 centímetros, con un peso de 10 a 25 gramos, siendo un producto destinado principalmente a la exportación hacia Europa, Japón y Estados Unidos. En 2019, la producción total alcanzó las 32,118 toneladas métricas, representando un incremento del 130 por ciento respecto a la producción de la última década (PRODUCE, 2020).

En cuanto al manejo y control de enfermedades en esta actividad acuícola, se han establecido pautas para la selección y uso de antibióticos en la camaronicultura. Estas medidas son esenciales para evitar problemas de resistencia bacteriana y proteger la salud pública (Varela-Mejia, 2018).

En relación con el manejo y control de enfermedades que afectan la acuicultura, se han establecido directrices para la selección y uso de antibióticos en la cría de camarones. Estas directrices buscan prevenir problemas de resistencia bacteriana y salvaguardar la salud pública (Varela-Mejia, 2018).

Entre estas normas se destacan:

- a) Se prioriza la mejora de las condiciones ambientales en los estanques de cultivo antes de considerar terapias con antibióticos.
- b) La administración de antibióticos se reserva únicamente para casos esenciales de infecciones bacterianas.
- c) Se emplean antibióticos a los que las bacterias específicas sean sensibles, requiriendo análisis de laboratorio previos.
- d) Los antibióticos deben ser recientes, provenir de fuentes confiables y estar destinados al uso en acuicultura.
- e) La dosificación de antibióticos se aplica siguiendo las recomendaciones precisas para cada uno.
- f) El tratamiento se concluye con suficiente antelación a la cosecha para asegurar la eliminación completa de los antibióticos de los tejidos de los camarones.

2.3.1 Principales enfermedades que afectan al langostino

a. Hepatopancreatitis Necrotizante (NHP)

La necrosis hepatopancreática (NHP) es una enfermedad bacteriana entérica causada por alfa proteobacterias (α -Proteobacteria), de tipo rickettsia y de naturaleza intracelular obligada, conocidas como *hepatobacter penaei* (NHPB). Estas bacterias, Gram-negativas y pleomórficas, se desplazan en su forma infectiva mediante flagelos (Manual Acuático de la OIE, 2012).

Se ha observado la incidencia de esta enfermedad en camarones peneidos cultivados en distintos países de América, incluyendo Estados Unidos, México, Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Aranguren, 2018).

La NHP se manifiesta como una enfermedad crónica que ocasiona tasas de mortalidad que oscilan entre el 50 y el 95 por ciento en post-larvas, juveniles y reproductores de *Litopenaeus vannamei*, afectando drásticamente a estos langostinos. La presentación de signos clínicos de NHP en las granjas está vinculada a condiciones ambientales como altas salinidades y temperaturas elevadas. Los camarones infectados muestran un caparazón blando característico, cuerpos débiles, disminución del consumo de alimento y tractos digestivos vacíos (Aranguren, 2018).

Estas bacterias penetran, se replican y se acumulan en el citoplasma de las células epiteliales de los túbulos del hepatopáncreas. Por lo general, afecta más a animales juveniles y adultos que a las post-larvas, mostrando un curso crónico (Morales-Covarrubias et al., 2006).

Desde su primer reporte en 1988, la NHP se ha convertido en una enfermedad de gran importancia en la industria del cultivo de langostinos en el hemisferio occidental. En 2010, fue agregada a la Lista de Enfermedades de Crustáceos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Se han desarrollado varios métodos de diagnóstico para detectar y confirmar la presencia de NHPB, incluyendo la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). A pesar de esto, solo se ha recomendado un método de PCR en el manual de la OIE, lo que ha generado la necesidad de desarrollar ensayos alternativos para detectar y confirmar la presencia de NHPB (Aranguren, 2018).

La NHP, a partir de 2010, figura en la Lista de enfermedades de notificación obligatoria en crustáceos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y forma parte del programa de vigilancia sanitaria nacional (Tabla 2). Esta inclusión se debe a la importancia de monitorear los brotes de esta enfermedad, dada su alta tasa de mortalidad y el impacto económico que conlleva.

Tabla 2:

Lista de enfermedades del programa de vigilancia nacional que afectan al Litopenaeus vannamei, 2017-2019

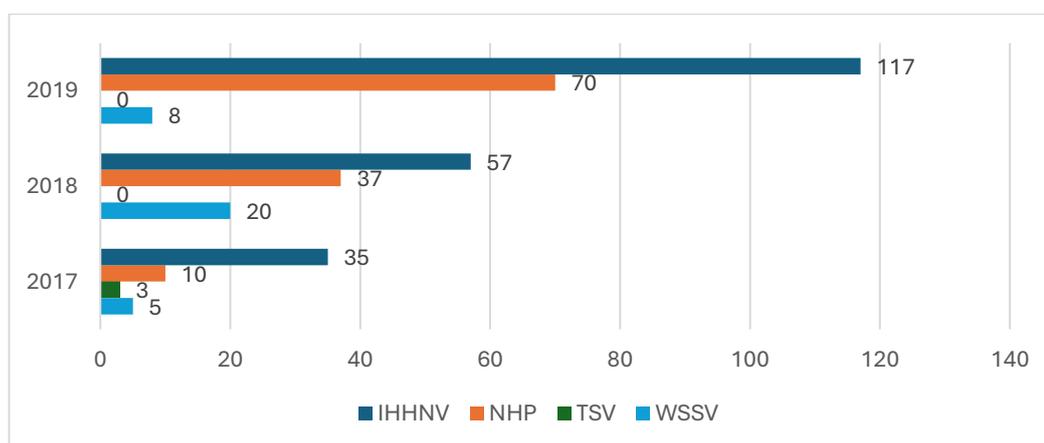
Enfermedad	Abreviatura
Virus de la Mancha Blanca	WSSV
Virus de la Necrosis Hipodermica y Hematopoyetica Infecciosa	IHHNV
Hepatopancreatitis Necrotizante	NHP
Virus de la Mionecrosis Infecciosa	IMNV
Virus de la Cabeza Amarilla genotipo 1	YHV1
Virus del Síndrome de Taura	TSV

Nota: Elaborado en base a SANIPES (2020)

Asimismo, de acuerdo a lo datos obtenidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) en 2020, la NHP es la segunda enfermedad con mayor frecuencia en casos confirmados en el país (Figura 5) en los últimos tres años, justificando así la importancia de incluirla en el programa de vigilancia nacional.

Figura 5

Frecuencias de casos positivos anuales de enfermedades de notificación obligatoria en langostinos 2017 – 2019.



Nota: Ver leyenda tabla 2. Elaborado en base a SANIPES (2020).

Respecto al tratamiento y control de la NHP, principalmente se da con el uso de la oxitetraciclina y florfenicol, suministrándose mezclado con el alimento cada 8 horas durante 10 días. Este tratamiento es probablemente el mejor que actualmente existe,

sobre todo si la infección por *hepatobacter penaei* se ha detectado en la fase inicial (Santiago, 2009).

b. Vibriosis

Las bacterias del género *Vibrio*, de naturaleza Gram-negativa, son habitantes habituales de entornos marinos, presentes tanto en langostinos salvajes como cultivados. Estos microorganismos suelen encontrarse en sedimentos marinos, columnas de agua, fitoplancton, zooplancton, moluscos bivalvos, cefalópodos, gasterópodos, crustáceos y peces. Su presencia se acentúa durante los meses más cálidos del verano (Thompson et al., 2004).

Dentro de las especies del género *Vibrio* con potencial patógeno se encuentran: *Vibrio alginolyticus*, *V. campbellii*, *V. fischeri*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. pelagicus*, *V. penaeicida* y *V. vulnificus* (Garrity et al., 2005).

La vibriosis, una enfermedad bacteriana provocada por diversas especies del género *Vibrio*, se desencadena a través de la multiplicación de cepas patógenas extracelulares y la expresión de factores de virulencia. Esta enfermedad ha ocasionado elevadas tasas de mortalidad en poblaciones de langostinos a nivel mundial, afectando tanto en las etapas larvarias como en la fase de engorde (Liu et al., 2014).

Las etapas larvarias y post-larvarias son particularmente susceptibles a las infecciones derivadas de especies patógenas de *Vibrio* (Gómez-Gil et al., 2017). Las manifestaciones de vibriosis en langostinos pueden variar según el área anatómica afectada, siendo identificadas como vibriosis oral, necrosis de la cola, vibriosis entérica, enfermedad del intestino blanco (WGD), necrosis séptica del hepatopáncreas, enfermedad roja, vibriosis cuticular y de los apéndices, así como vibriosis sistémica (Gómez-Gil et al., 2011).

El comportamiento patógeno del género *Vibrio* se ve influenciado por factores fisicoquímicos, como la temperatura y la salinidad, siendo la temperatura óptima para la enfermedad entre 21 y 37°C (Franco et al., 2010).

La transmisión de la enfermedad puede darse verticalmente, en la cría y maduración de larvas, y horizontalmente, en estanques de engorde. También puede ocurrir a

través de la contaminación de huevos y nauplios con desechos fecales de los progenitores durante el desove y la eclosión (Cuellar, 2013).

Minimizar el estrés mediante la estabilidad de parámetros físico-químicos y biológicos en el agua de cultivo, junto con el mantenimiento óptimo de la calidad del agua y la salud de los langostinos, se considera una de las medidas más efectivas para controlar la vibriosis (Cuellar, 2013).

2.4 La Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Esta especie se originó en la costa oeste de América del Norte, específicamente en el Pacífico, y posteriormente fue llevada a América Latina, incluyendo su llegada a Perú en 1925. Hoy en día, se ha propagado prácticamente a todos los entornos favorables alrededor del mundo (Sánchez, 2004).

Clasificación taxonómica de la trucha (Walbaum, 1792)

REYNO	Animalia
PHYLUM	Chordata
SUBPHYLUM	Vertebrata
CLASE	Osteichtia
SUBCLASE	Actinopterygii
SUPERORDEN	Teleostei
ORDEN	Salmoniformes
FAMILIA	Salmonidae
GÉNERO	<i>Oncorhynchus</i>
ESPECIE	<i>Oncorhynchus mykiss</i>

Esta variante de la especie *Oncorhynchus mykiss*, conocida como trucha, se distingue de otros miembros de su familia por una banda rojiza que suele recorrer longitudinalmente sus flancos y cabeza. No obstante, esta coloración característica puede presentar variaciones en algunos individuos e incluso estar ausente en otro (Sánchez, 2004).

Las truchas son peces poiquilotermos, lo que significa que la temperatura del agua en la que se encuentran es la misma que la de su cuerpo y se ajusta en consecuencia. Sin embargo, estas criaturas son muy sensibles a cambios bruscos de temperatura, por lo que para su cría industrial requieren aguas estables, con mínimas variaciones térmicas diarias y preferiblemente temperaturas en torno a los 15°C, consideradas óptimas para su engorde y crecimiento (Blanco, 1994).

2.4.1 Principales enfermedades que afectan a la trucha arco iris

a. Flavobacteriosis

La flavobacteriosis, también conocida como síndrome del alevín de la trucha (RTFS) o enfermedad bacteriana de aguas frías (BCWD), es desencadenada por una bacteria filamentosa Gram-negativa perteneciente al género *flavobacterium*. Dentro de este género, las especies más comunes asociadas a esta enfermedad son *Flavobacterium psychrophilum* y *Flavobacterium columnaris* (León, 2009).

Esta afección provoca mortalidad especialmente en alevines pequeños, y su control oportuno resulta crucial debido a las graves consecuencias que puede acarrear. La transmisión de esta enfermedad puede ocurrir tanto horizontal como verticalmente y afecta a los peces de agua dulce, en temperaturas que oscilan entre los 15°C y 18°C, durante etapas que van desde el cultivo de ovas embrionadas hasta los reproductores. Los síntomas exteriores incluyen lesiones cutáneas como úlceras amarillentas, erosiones, abultamientos en la musculatura y la piel, así como lesiones en el pedúnculo. A nivel interno, se manifiesta con una inflamación intensa del bazo (esplenomegalia), palidez en branquias y riñón debido a anemia. En peces más grandes, se observa el deterioro de las aletas, especialmente en el pedúnculo, la aleta dorsal o caudal, hasta llegar a exponer la espina dorsal (Bernardet et al., 1988).

La *Flavobacterium psychrophilum* es una bacteria que provoca diversas patologías en los peces salmónidos, desde necrosis ulcerativa en la piel hasta infecciones sistémicas. Es un bacilo Gram-negativo, delgado y con bordes redondeados, de aproximadamente 1,5 a 7,5 µm de largo y 0,2 a 0,75 µm de diámetro, con un movimiento deslizante difícil de observar. Esta bacteria prefiere ambientes aeróbicos

y tiene un rango de incubación entre 5°C y 25°C, mostrando un crecimiento óptimo a los 15°C (León, 2009).

La trucha en sus fases juveniles y de mayor tamaño se ve afectada por esta bacteria, con informes que revelan mortalidades que pueden superar el 80 por ciento en alevines de 0,2 a 2,5 gramos, siendo estos más vulnerables. En peces de mayor tamaño, la tasa de mortalidad puede alcanzar el 20 por ciento (Meixner, 2007).

Factores ambientales, especialmente la temperatura del agua, juegan un papel crucial en la expresión de la patogenicidad de *F. psychrophilum*. Esta enfermedad es más prevalente durante el invierno y la primavera, cuando la temperatura del agua desciende por debajo de los 10°C. Las mayores mortalidades se registran a temperaturas bajas del agua, entre 3°C y 15°C, disminuyendo a medida que la temperatura aumenta, sin observarse mortalidades a temperaturas superiores a los 23°C (Meixner, 2007).

b. Yersiniosis

Según Austin (2007), la yersiniosis, también conocida como "enfermedad entérica de la boca roja" (ERM), tiene como agente causante a la bacteria *Yersinia ruckeri*, una bacteria Gram-negativa que causa estragos en la cría de salmónidos a nivel mundial.

Esta bacteria afecta a peces de todas las edades, siendo más aguda en los alevines y manifestándose en condiciones crónicas en peces más grandes que actúan como portadores asintomáticos. La infección se propaga horizontalmente a través del contacto oral y lesiones en la piel. Los signos clínicos externos incluyen apatía, oscurecimiento de la piel y reducción del apetito. Internamente, los peces muestran palidez en órganos, congestión en vasos sanguíneos y hemorragias en varios órganos como hígado, páncreas, vejiga natatoria, músculos y tejido adiposo asociado a ciegos pilóricos. Además, se observan síntomas como esplenomegalia, renomegalia y exudado amarillento en el intestino (Austin y Austin, 2007).

Según Silva (2019), en cuanto a la prevención mediante antibióticos, se mencionan el florfenicol y la oxitetraciclina como opciones para tratar este cuadro clínico. Sin

embargo, el uso de estos productos está condicionado por los mercados de destino y sus respectivas restricciones.

Según Davies y Frerichs (1989), la *Yersinia ruckeri* es un bacilo Gram-negativo con extremos redondeados, carece de formación de esporas o cápsulas, pero se distingue por su movilidad variable gracias a la presencia de flagelos.

La ERM es una infección sistémica de naturaleza aguda a crónica que afecta principalmente a la trucha arcoíris a lo largo de todas sus etapas. A pesar de que este patógeno puede afectar a distintas poblaciones de peces salmónidos y no salmónidos en entornos de agua dulce, la trucha arcoíris es la especie más sensible identificada (Furones et al., 1993).

2.5 Antibióticos más usados en acuicultura de langostino y trucha arco iris

2.5.1 Oxitetraciclina

La oxitetraciclina (OTC) es un antibiótico de amplio espectro que pertenece al grupo de las tetraciclinas. Se presenta como un polvo cristalino ligeramente amarillo, sin olor y con un sabor levemente amargo. Posee una moderada lipofilia que le permite atravesar las barreras celulares y distribuirse a lo largo de todo el organismo (Barattini, 2012).

Aunque la oxitetraciclina es estable en forma de polvo, su estabilidad se ve comprometida en soluciones acuosas. Sin embargo, al combinarse con sodio o al formar el clorhidrato de oxitetraciclina, adquiere una mayor estabilidad, como señala USP en 2003. Esta última forma es la más utilizada en el país. En la acuicultura peruana, este medicamento puede administrarse vía oral mezclado con el alimento, así como a través de baños medicados o inmersiones en el caso de truchas.

Según FAO (2004), la oxitetraciclina actúa mediante la inhibición de la síntesis proteica bacteriana al unirse a la porción 30S de los ribosomas. Esta unión provoca errores en la interpretación de la información del RNA mensajero, resultando en la creación de proteínas defectuosas y no funcionales.

Es un antibiótico de amplio espectro, lo que significa que puede enfrentar dos o más grupos bacterianos, tal como explican Ingraham y Ingraham en 2004. Reconocido por su eficacia, este antibiótico tiene un notable impacto sobre una amplia gama de microorganismos que

afectan a los animales en todas sus etapas. Ha demostrado ser efectivo contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas (Chiriboga, 1999).

En el tratamiento de infecciones causadas por patógenos intracelulares, como las rickettsias, y condiciones como la flavobacteriosis o forunculosis en truchas arcoíris, la oxitetraciclina se posiciona como uno de los antibióticos preferidos. Además, ha mostrado su utilidad en afecciones específicas como la hepatopancreatitis necrotizante en el caso del langostino.

2.5.2 Florfenicol

El florfenicol es un antibiótico bacteriostático de acción sistémica, sintético y de amplio espectro perteneciente a la familia de los fenicoles, capaz de combatir bacterias Gram-positivas, Gram-negativas y rickettsias (Bravo et al., 2005).

Se presenta como un polvo blanco e inodoro, siendo también liposoluble, lo que facilita su travesía a través de las barreras celulares y su rápida difusión por todo el organismo. En la acuicultura peruana, este antibiótico suele administrarse por vía oral, generalmente mezclado con el alimento, aunque ocasionalmente su aplicación puede ser también por vía parental (Barattini, 2012).

Según Sumano y Ocampo (2006), este antibiótico actúa bloqueando la síntesis de proteínas al intervenir directamente en los ribosomas, específicamente en la porción 50S. Esto resulta en la detención del crecimiento bacteriano, lo que lo cataloga como bacteriostático, ya que no elimina directamente a la bacteria sensible. Además, su acción abarca un amplio espectro de bacterias.

El florfenicol exhibe una marcada afinidad por las moléculas lipídicas, lo que facilita su almacenamiento en los músculos de los salmónidos. Además, se elimina rápidamente de los tejidos, presentando tiempos de eliminación más cortos en comparación con otros antibióticos utilizados en la acuicultura (Barattini, 2012).

2.6 Sensibilidad antibiótica en bacterias

La evaluación de la sensibilidad de una bacteria a un antimicrobiano puede realizarse de distintas maneras. Por lo general implica la introducción de la bacteria en un medio de cultivo que contiene uno o varios antibióticos, empleando la concentración más baja posible. La sensibilidad se determina a partir de la observación de la inhibición del crecimiento bacteriano, utilizando la concentración mínima inhibitoria (MIC, por sus siglas en inglés) como una medida estándar para este propósito (Santiago, 2009).

2.7 Resistencia antibiótica

Según Daza (1998), la resistencia bacteriana se refiere a la habilidad natural o adquirida de una bacteria para no responder a los efectos bactericidas o bacteriostáticos de un antibiótico. Las bacterias tienen una notable capacidad de adaptación y pueden desarrollar estos mecanismos gracias a sus breves ciclos de vida y su alta tasa de mutación.

Es importante destacar que una sola bacteria puede generar múltiples mecanismos de resistencia ante uno o varios antibióticos. Asimismo, un antibiótico puede ser neutralizado por diversos mecanismos en distintas especies bacterianas. En consecuencia, la resistencia bacteriana implica la disminución de la sensibilidad de una bacteria frente a un antibiótico específico.

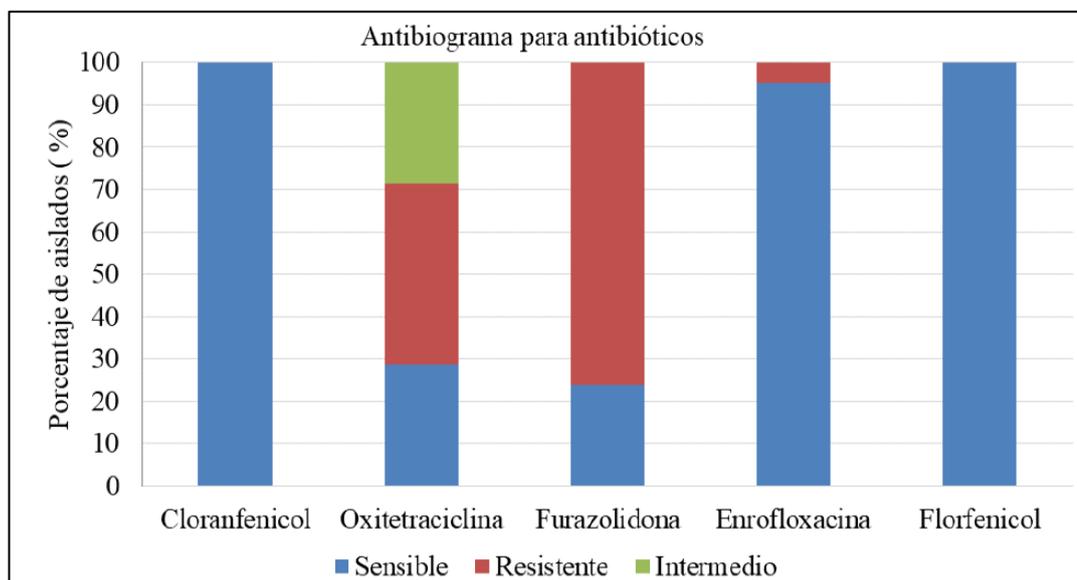
Para que un antibiótico destruya o detenga el crecimiento de los microorganismos, debe cumplir ciertas condiciones básicas. Esto incluye la capacidad de unirse a un blanco o sitio específico en el microorganismo, ya que estos sitios pueden variar según el antibiótico, con el objetivo de interrumpir un proceso bioquímico vital para el desarrollo y supervivencia de la bacteria. Además, el antibiótico debe estar presente en una concentración suficiente para ocupar la mayor cantidad de sitios activos y actuar durante un tiempo adecuado (Santiago, 2009).

Hay diversos estudios que realizan pruebas de sensibilidad de diferentes cepas bacterianas aisladas frente a varios antibióticos, los cuales arrojan resultados variados y significativos, tal como se muestra a continuación:

A. Sensibilidad bacteriana frente a antibióticos usados para controlar problemas bacterianos en cultivo de langostino *Litopenaeus vannamei*.

Figura 6.

Sensibilidad bacteriana frente a patógenos del cultivo de langostinos



Nota: Resultados de la exposición a diversos antibióticos. Elaborado en base a Reyes (2018).

En la Figura 6 se muestran los resultados de la exposición de 21 bacterias seleccionadas frente a diferentes antibióticos, en donde se concluye que las cepas aisladas fueron 100 por ciento sensibles a cloranfenicol y florfenicol y 95 por ciento para enrofloxacina. Asimismo, para la oxitetraciclina el 43 por ciento fue resistente, observándose además una sensibilidad intermedia del 29 por ciento de los aislados (Reyes, 2018).

B. Sensibilidad de bacterias del género vibrio frente a tres antibióticos de uso en acuicultura

Tabla 3

Resultados de sensibilidad de bacterias del género Vibrio

Sensibilidad	Antibiótico		
	Florfenicol	Enrofloxacina	Oxitetraciclina
	Numero de cepas de <i>Vibrio</i>		
Resistente	1	0	43
Intermedio	18	3	26
Sensible	85	89	29
CMI (mg/L)	1.79	0.45	304

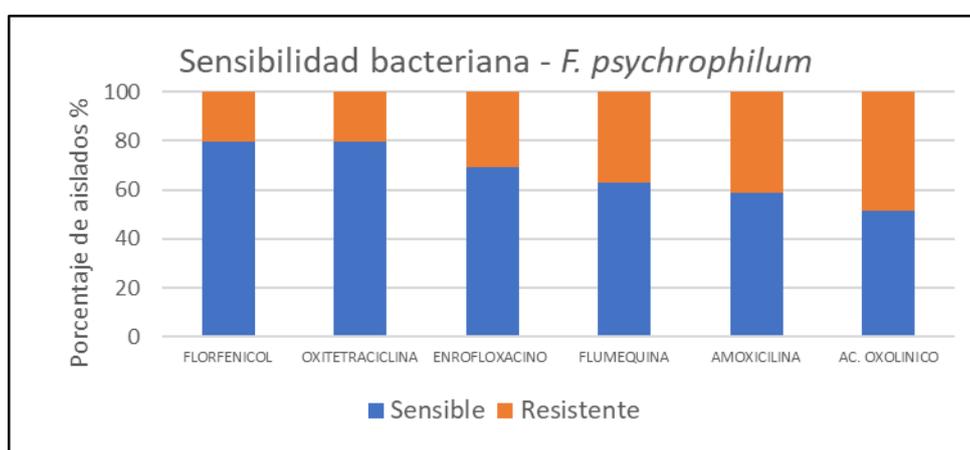
Nota: Elaborado en base a Roque *et al.* (2001).

En la Tabla 3 se observa el resultado de la evaluación de la sensibilidad de 144 cepas bacterianas del género vibrio, aisladas de un sistema de cultivo de langostino, frente a agentes antimicrobianos empleados comúnmente en esta actividad, además se determinó las Concentraciones Mínimas Inhibitorias (CMI) de antibióticos que se requieren para estas cepas. El resultado final muestra que en el caso del florfenicol y la enrofloxacin, la mayoría de las cepas fueron sensibles, mientras que para la oxitetraciclina se notó mayor resistencia de estas bacterias (Roque *et al.*, 2001).

C. Sensibilidad de bacterias del género *Flavobacterium psychrophilum*

Figura 7

Resultado de la evaluación de sensibilidad bacteriana de *F. psychrophilum* frente a diferentes antibióticos



Nota: Elaborado en base a Riofrio (2003).

Se realizó un estudio en Chile para evaluar la respuesta de *Flavobacterium psychrophilum*, una bacteria relevante en los brotes de enfermedades durante la cría de trucha arco iris en el país. Los resultados señalaron una alta sensibilidad de esta bacteria al florfenicol y la oxitetraciclina, alcanzando un 79.8 por ciento y 79.5 por ciento respectivamente. En contraste, su sensibilidad fue menor frente al enrofloxacino y la flumequina, con un 69.2 y 63 por ciento respectivamente. Finalmente, demostró una baja sensibilidad ante la amoxicilina y el ácido oxolínico, registrando apenas un 58.9 y 51.7 por ciento respectivamente (Riofrío, 2003).

2.8 Drogas autorizadas para el uso en acuicultura

En la actualidad, existe un amplio listado de drogas que son autorizadas para su uso en acuicultura u otras actividades de producción animal, la cual es establecida por cada país y aplica ya sea para los productores dentro de su territorio, como para las importaciones y exportaciones de este tipo de alimentos, aunque en este último caso se deben ajustar a la normativa del país de destino.

En Perú, los productores acuícolas están sujetos a control y vigilancia del uso de antibióticos autorizados en la producción acuícola, y de los límites máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios que puedan estar presentes en los productos alimenticios de origen acuícola, y es el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) el encargado de normar, controlar y vigilar el uso de antibióticos y la presencia de residuos de medicamentos veterinarios, sustancias prohibidas y contaminantes en los productos provenientes de esta actividad acuícola, esto con la finalidad de garantizar productos alimentarios inocuos en favor del consumidor, y asimismo protegiendo la salud pública.

2.8.1 Marco legislativo

El uso de antibióticos autorizados y el establecimiento de los Límites Máximos de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios, ha sido normada por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), la cual pertenece al Ministerio de Salud (MINSa), con el apoyo de entidades públicas como SENASA y SANIPES, en donde mediante la RM 372-2016 MINSa, se aprobó la Norma Técnica de Salud NTS N° 120 – MINSa-DIGESA-V.01 “Norma Sanitaria que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en alimentos de consumo humano”, el cual es un documento general de aplicación a diversas industrias de producción de alimentos de origen animal, sin embargo, la autoridad especializada encargada de normar, supervisar y fiscalizar las actividades de sanidad e inocuidad pesquera, acuícola y de piensos de origen hidrobiológico a nivel nacional es el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), creado mediante la Ley No 30063.

2.8.2 Límites máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios

A nivel mundial, la FAO/OMS a través de la Comisión del Codex Alimentarius fija Límites Máximos de Residuos (LMR) de fármacos veterinarios en productos de origen animal. Estos límites, expresados en mg/kg o µg por peso fresco, buscan salvaguardar la salud de los consumidores y facilitar el comercio de alimentos libres de riesgos (MINSa, 2016).

En el contexto peruano, se han aprobado veintitrés medicamentos veterinarios para su uso en la acuicultura. El control y la supervisión de los LMR asociados a estos medicamentos están a cargo del SANIPES. Los detalles específicos de estos límites se encuentran en la siguiente tabla 4.

Tabla 4
LMR de medicamentos veterinarios en alimentos de origen acuícola en Perú.

Principio activo	Especie animal	Matriz	LMR (µg/kg)
Florfenicol	Peces	músculo/piel	1000
Oxitetraciclina	Peces y crustáceos	músculo	200
Espectinomomicina	Peces	músculo/piel	300
Paromomicina	Peces	músculo/piel	500
Amoxicilina	Peces	músculo/piel	50
Ampicilina	Peces	músculo/piel	50
Ácido oxolinico	Peces	músculo/piel	100
Flumequina	Peces/trucha	músculo/piel	500
Difloxacin	Peces	músculo/piel	300
Sarafloxacin	Peces/salmónidos	músculo/piel	30
Tianfenicol	Peces	músculo/piel	50
Lincomicina	Peces	músculo/piel	100
Eritromicina	Peces	músculo/piel	200
Tilosina	Peces	músculo/piel	100
Tilmicosina	Peces	músculo/piel	50
Sulfonamida	Peces	músculo/piel	100
Tetraciclina	Peces	músculo/piel	100
Trimetoprim	Peces	músculo/piel	50
Colistina	Peces	músculo/piel	150

Nota: Elaborado en base a MINSa (2016).

En la Tabla 4 se muestra todos los medicamentos veterinarios permitidos para el uso en acuicultura en el Perú, dentro de las cuales se ha resaltado los LMR de la oxitetraciclina y florfenicol ya que son objeto de estudio en el presente trabajo.

La actualización de los LMR de esta norma sanitaria lo realizará el Ministerio de Salud a través de DIGESA, en coordinación con el SANIPES y los LMR de medicamentos que no estén en la norma sanitaria, se regirán por lo que se indique en el *Codex Alimentarius* (CX/MRL 2-2018).

Asimismo, el SANIPES mediante la Resolución N° 057-2016-SANIPES-DE, aprueba el Manual “Indicadores Sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”, en donde se menciona los requisitos para comercializar los productos pesqueros y acuícolas (entre ellos el langostino y trucha) en el mercado interno y de exportación, estableciendo para este último caso, los indicadores respecto a los LMR de medicamentos veterinarios, de los principales mercados de exportación como son la Unión Europea, , la Unión Aduanera, Japón y EE.UU, los cuales se muestran en las siguientes tablas 5 y 6.

Tabla 5

Límite Máximo de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios (matriz músculo) para productos pesqueros y acuícolas de acuerdo al mercado de destino.

Principio activo	Unión Europea LMR (µg/kg)	Unión Aduanera LMR (µg/kg)	Japón LMR (µg/kg)
Oxitetraciclina	100	-	200
Ácido oxolinico	100	100	50
Flumequina	600	600	500
Sulfas	100	-	100
Trimetoprim	50	-	80
Florfenicol	1000	1000	200
Eritromicina	200	200	200
Enrofloxacino	100	-	10
Amoxicilina	50	50	50
Espiramicina	-	-	200
Benzoato de Emamectina	100	-	100
Ciprofloxacino	100	-	-
Tetraciclinas	-	10	-

Nota: Elaborado en base a SANIPES (2016).

Tabla 6

Límites Máximos de residuos (LMR) de medicamentos veterinarios de productos pesqueros y acuícolas para EE.UU, de acuerdo a la FDA (Food and Drug Administration)

Principio activo	Especie animal	Matriz	LMR (µg/kg)
Florfenicol	Peces	músculo/piel	1000
Oxitetraciclina	Peces y crustáceos	músculo	100
Espectinomomicina	Peces	músculo/piel	300
Paromomicina	Peces	músculo/piel	500
Amoxicilina	Peces	músculo/piel	50
Ampicilina	Peces	músculo/piel	50
Benzylpenicilina	Peces	músculo/piel	50
Cloxacilina	Peces	músculo/piel	300
Dicloxacilina	Peces	músculo/piel	300
Enrofloxacina	Peces	músculo/piel	100
Ácido oxolinico	Peces	músculo/piel	100
Flumequina	Peces/trucha	músculo/piel	600
Difloxacina	Peces	músculo/piel	300
Sarafloxacina	Peces/Salmónidos	músculo/piel	30
Tianfenicol	Peces	músculo/piel	50
Lincomicina	Peces	músculo/piel	100
Eritromicina	Peces	músculo/piel	200
Tilosina	Peces	músculo/piel	100
Tilmicosina	Peces	músculo/piel	50
Sulfonamida	Peces	músculo/piel	100
Tetraciclina	Peces	músculo/piel	100
Trimetoprim	Peces	músculo/piel	50
Colistina	Peces	músculo/piel	150

Nota: Elaborado en base a MINSA (2016).

2.8.3 Normativa respecto al alimento medicado

Como se indicó anteriormente, el tratamiento con antibióticos contra enfermedades tanto en el langostino como en la trucha es principalmente mediante el suministro de alimento medicado. El centro de producción es el encargado de tener un control y registro de las enfermedades que se hayan presentado, el tratamiento aplicado, y el periodo de supresión correspondiente, para lo cual debe contar con un médico veterinario o un profesional afín.

Con la finalidad de mejorar y satisfacer las necesidades de los consumidores, la cual principalmente es garantizar un alimento inocuo, se han elaborado normas técnicas

en donde se establecen requisitos y pautas para garantizar la calidad de los productos. En el Perú, es el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) quien ha elaborado normas técnicas referentes al alimento balanceado en langostinos y trucha, las cuales son:

a. NTP 320.003:2020. Buenas prácticas acuícolas en la producción del langostino. 2ª Edición

En esta norma técnica, en el punto “4.13 Manejo de agentes terapéuticos”, se detalla las pautas acerca del uso de antibióticos, en donde se indica:

- Los productores son los responsables de establecer medidas para un uso correcto de antibióticos, considerando las normas nacionales o del país de destino, y así garantizar la calidad e inocuidad del langostino
- Existen antibióticos prohibidos como cloranfenicol y nitrofuranos en la producción de alimentos, y no deben ser usados como agentes terapéuticos.
- Los antibióticos autorizados deben ser usados correctamente de acuerdo a la enfermedad diagnosticada. El langostino deberá someterse a controles periódicos de residuos de antibióticos, para cumplir con lo establecido por la entidad sanitaria del país de origen y del país de destino.
- Los antibióticos autorizados para el uso en países productores de langostino, solo se usarán si no están prohibidos en los países importadores de langostino, y además deben cumplir con los límites establecidos por el país importador.
- Se debe contar con el diagnóstico de la enfermedad como requisito para el uso de antibióticos específico para el patógeno identificado.
- Se deben tener registros de la aplicación de antibióticos, donde se indique las fechas de inicio y fin del tratamiento, el principio activo usado, el motivo de uso, nombre del profesional que prescribió el tratamiento, la dosis, vía de administración y fecha de cosecha.
- Se requiere declaración de los proveedores de alimento de langostino indicando que no han usado antibióticos prohibidos.
- Se debe monitorear el musculo del langostino para verificar la presencia de residuos de antibióticos, y que cumplan con la legislación nacional o del país de destino.

- El buen manejo de la salud del langostino se enfoca en la prevención de enfermedades, evitando así el uso de antibióticos. La mejor manera de controlar las enfermedades es dando las mejores condiciones de cultivo, evitando organismos enfermos, buena calidad de agua, evitar muchos recambios de agua, densidad poblacional adecuada, entre otros.
- Todo medicamento debe ser almacenado correctamente, en un lugar específico con condiciones ambientales adecuadas (luz, humedad, temperatura), evitando la contaminación de alimentos.

b. NTP 209.255:2009. Trucha. Alimento balanceado. Requisitos y definiciones.

En esta norma técnica en punto “8 Contaminantes”, se detalla que el alimento balanceado para truchas deberá cumplir con los límites máximos permitidos para contaminantes y toxinas establecidas en la legislación nacional vigente o en su defecto por la Comisión del *Codex Alimentarius* en su versión vigente.

Los alimentos deberán contener solamente componentes permitidos por la autoridad competente a nivel local (SANIPES) o la del país de destino. Estos compuestos incluyen aditivos, pigmentos, antioxidantes y medicamentos veterinarios aprobados para su uso en acuicultura.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

Mercantil S.A., es una empresa peruana con 40 años de experiencia en el mercado local, dedicada a la importación y comercialización de diversos productos químicos y material de laboratorio para diversas industrias. Además, es una empresa siempre en constante crecimiento, aperturando nuevas líneas de negocio, previo estudio de mercado, siendo este el motivo por el cual se inició la Línea Farma-veterinaria en el año 2017, y en donde debido a las actividades realizadas se tuvo mayor relación con el sector acuícola, permitiendo poner en práctica algunos de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional.

En estos cuatro años la vinculación con la empresa, Mercantil S.A. ha estado siempre ligada con el desarrollo de nuevos productos de alta calidad que fortalezcan el portafolio de productos de la Línea Farma-veterinaria, y comercializar diversos antibióticos y otros principios activos de uso veterinario, además de brindar un soporte técnico a los clientes que lo necesiten.

3.1 Experiencia y aportes profesionales

La experiencia adquirida en los últimos años, en donde se ha venido desarrollando un trabajo en conjunto con los clientes del sector acuícola, quienes tienen experiencia formulando piensos medicados para langostinos y truchas o, con los mismos productores de estas especies en mención, se presentó la ocasión de conocer muy de cerca los problemas que tienen con las enfermedades que se presentan en dichas especies y que pueden poner en riesgo toda la producción acuícola, pudiendo generar pérdidas económicas parciales o totales de no poder controlar oportunamente la enfermedad.

Se debe tener en cuenta que por motivos de confidencialidad no es posible mencionar el nombre de las empresas con las cuales se viene trabajando. Por tanto, haremos mención a ellas de acuerdo a lo indicado en la tabla 7 y de esa manera se desarrollará el presente trabajo.

Tabla 7
Identificación de empresas para el desarrollo del presente trabajo

Nombre	Actividad	Relación comercial
Empresa A	Elaboración de alimentos balanceados para langostino.	Se les provee oxitetraciclina para la formulación de pienso medicado para langostinos, y se realiza acompañamiento durante la homologación y ensayos de eficacia.
Empresa B	Producción de trucha arco iris	Se les provee oxitetraciclina y florfenicol, con asesoría de aplicación en caso lo necesite el cliente. Se da un seguimiento general del tratamiento evaluando la eficacia.

3.2 Descripción de las Empresas relacionadas al presente trabajo

3.2.1 Empresa A

Esta empresa cuenta con 35 años de experiencia dedicados a la elaboración de diversos tipos alimentos balanceados para la acuicultura de langostino, trucha y salmón. Tiene presencia en diversos países como México, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Chile, Costa Rica y Perú, brindando soluciones para la acuicultura adecuadas a la realidad de cada país. En Perú, tiene su planta de producción de alimentos balanceados y su Centro Experimental Acuícola en el departamento de Tumbes.

Este Centro Experimental Acuícola cumple la función de desarrollar nuevas formulaciones de piensos, ya sea para nutrición o sanidad, lo cual se logra mediante los ensayos realizados en sus piscinas controladas y los resultados obtenidos, así, garantizan que los productos que ofrecen cumplan con lo esperado. Es en estos ensayos en donde Mercantil S.A. ha brindado todo el soporte necesario a esta empresa para brindarles los mejores insumos para su línea de alimentos medicados.

La Empresa A maneja un portafolio de productos los cuales los divide en tres categorías:

- **Iniciadores:** Soluciones nutricionales que fortalecen el sistema inmune y aseguran una mayor sobrevivencia en los primeros estadios de la especie.
- **Engorde:** Soluciones nutricionales costo-eficientes que aseguran un mayor crecimiento durante toda la fase de engorde de la especie.

- Salud: Soluciones nutricionales para el tratamiento de enfermedades, que aseguran una mayor sobrevivencia de la especie durante algún evento.

3.2.2 Empresa B

Es una empresa de capital extranjero que inició sus actividades hace ocho años en el Perú. Se dedica al cultivo y procesamiento de trucha arco iris, cuyo centro de producción acuícola se encuentra a más 4500 msnm en el departamento de Huancavelica.

Su planta de procesamiento se encuentra en la ciudad de Lima, en donde acondicionan el producto en diferentes presentaciones para luego ser congeladas. Sus productos principalmente son para exportación, pero también atienden el mercado local.

Respecto a la producción acuícola que realizan, una de los principales retos es mantener un proceso de crianza saludable para la trucha arco iris, desde sus primeros estadios hasta alcanzar la talla comercial deseada, sin embargo, a lo largo del desarrollo de la trucha arco iris pueden surgir enfermedades que aumenten la mortalidad de la especie, generando grandes pérdidas económicas. Es por esto que la empresa, mediante un profesional responsable del área de sanidad, cumple con vigilar durante todo el proceso productivo, que las condiciones sean las adecuadas para el desarrollo de la especie y en caso de alertar una posible enfermedad, proceder con el tratamiento medicado y control respectivo de la mortalidad hasta superar el evento.

Es en este punto en donde Mercantil S.A. representa para la Empresa B un aliado en control de enfermedades bacterianas, ya que le provee de los antibióticos que se requieren para hacer frente de manera efectiva a estos eventos, evitando grandes pérdidas económica para la empresa.

3.3 Responsabilidad y funciones del Representante comercial

El Representante comercial tiene como objetivo principal brindar todo el soporte necesario que los clientes necesitan respecto a los productos que se les provee, en este caso, al ser proveedores de antibióticos, facilitamos al cliente opciones de estos insumos para que los pueda evaluar, tanto a nivel funcional como económico.

Esta primera evaluación funcional del producto, se denomina Homologación de producto, en donde el objetivo que se busca es que el cliente apruebe el uso de un antibiótico, por lo general de tres fabricantes diferentes, esto con la finalidad de tener un respaldo frente a cualquier imprevisto de desabastecimiento de alguno de ellos.

En cuanto a la evaluación económica, es la parte en donde el cliente evalúa principalmente el precio de los insumos, la cual puede variar debido al volumen de compra, la frecuencia de despachos, condiciones de pago, entre otros.

Es importante resaltar que el homologar un antibiótico no es garantía que se concretará algún negocio con el cliente, pero si es un gran paso, ya que el cliente cuando mejor crea conveniente contar con nuestros servicios podrá tener la garantía que el producto que le ofrecemos cumple con las especificaciones que necesitan.

A continuación, se detallará las actividades realizadas para lograr una homologación de oxitetraciclina o florfenicol en las empresas A y B, ya que al ser de diferente rubro el procedimiento puede variar.

3.3.1 Homologación de antibióticos en un formulador de alimentos - Empresa A

En el contacto inicial con la empresa A, quien es el cliente, es en donde se identifican cuáles son sus necesidades, en este caso el cliente requería un proveedor local que le suministre oxitetraciclina, para lo cual el Representante comercial hace la solicitud al área de Logística de Mercantil S.A. para la búsqueda de proveedores a nivel internacional, a los cuales se les solicita que envíen el Certificado de Análisis (COA) y muestra (500g) del producto solicitado.

Al cliente por lo general se le envía tres Certificados de análisis de diferentes fabricantes para el mismo antibiótico que requiere, el cliente revisa las especificaciones del producto y si un COA cumple con las especificaciones que se necesita, este se aprueba.

Una vez aprobado el COA, el cliente solicita una muestra del producto (500g) para poder realizar ensayos, en donde por lo general evalúan que tan bien se mezcla y cómo se comporta el medicamento con el alimento, ya que éste es el que se administra a los langostinos. Lo que se espera es que el antibiótico se mezcle de manera uniforme

en el alimento, esto depende mucho del tamaño de partícula del antibiótico, que por lo general debería ser menor o igual a las 30 micras, además también evalúan que el antibiótico mantenga sus propiedades estables al suministrarlo a la especie de destino.

Finalmente, una vez aprobada cada etapa, se procede con la negociación. Se evalúan los consumos anuales, frecuencias de despachos, precio y condición de pago. Estos clientes que son formuladores son más rentables ya que tienen producciones programadas de sus alimentos medicados, lo cual ayuda mucho a las proyecciones de stock disponible y manejo de costos.

3.3.2 Homologación de antibióticos en un productor/usuario directo - Empresa B.

En este tipo de cliente, las homologaciones suelen ser más rápidas, debido a que hay mucha informalidad en el proceso, sin embargo, los volúmenes de venta son menores.

En este caso, cuando se identifica algún brote de enfermedad el productor solicita el antibiótico que requiere, a lo cual se le envía el Certificado de Análisis, y en caso lo requiera el cliente, se le puede enviar una pequeña muestra (200g) para que pueda evaluar que tan bien se mezcla el antibiótico con el alimento, pero esto es poco frecuente, en la mayoría de los casos no lo solicitan, solo les basta con la revisión del Certificado de Análisis, y corroborar que es el producto que requieren.

Finalmente, una vez aprobado el COA, se negocia la cantidad que requiere, el precio, forma de despacho y condición de pago. Estos clientes normalmente no son tan rentables ya que solo tienen requerimientos cuando se les presenta el problema, o que saben que por las condiciones se podrían presentar ciertas enfermedades. Es muy difícil hacer una proyección con este tipo de clientes.

3.4 Asesoría post venta

Luego de cerrar satisfactoriamente las negociaciones con el cliente, aparte de proveerles de los antibióticos solicitados, se les ofrece un soporte y seguimiento por parte de la empresa, relacionada exclusivamente al uso de los antibióticos que se les provee.

Puesto que el presente trabajo está enfocado a demostrar que tan efectivos son la oxitetraciclina y el florfenicol en la acuicultura de langostino y la trucha, en los siguientes casos se mostrará evidencia de que los tratamientos fueron eficaces.

3.4.1 Caso 1: Tratamiento contra la Hepatopancreatitis necrotizante - Empresa A

La Empresa A es un formulador de alimentos balanceado para langostino, clasifica sus productos en tres categorías: iniciadores, engorde y salud, entre los cuales tenemos el alimento medicado. Por su parte, Mercantil S.A., en su rol de proveedor de oxitetraciclina, siempre esta presta a apoyar a la empresa A en la realización de pruebas de alimento medicado en piscinas controladas para evaluar la eficacia del tratamiento frente a determinada enfermedad y así mismo en ocasiones se acompaña a la Empresa A durante la aplicación del tratamiento medicado a sus clientes, también con la finalidad de evaluar la respuesta del tratamiento en las piscinas de cultivo de los productores, lo cual se espera que se tengan los mismos resultados que los obtenidos en los ensayos.

La realización de ensayos de tratamiento con alimento medicado en langostino frente a diversas enfermedades es una práctica periódica que normalmente se viene desarrollando anualmente, en donde se busca lo siguiente:

- Evaluar la dosis más adecuada de antibiótico en el alimento para hacer frente a alguna enfermedad específica que afecte a los langostinos en los tanques controlados.
- Evaluar la efectividad del tratamiento que se aplicó, mediante pruebas que confirmen que el langostino está libre de patógenos.

Inicialmente para realizar estos ensayos, se debe identificar cual es el agente patógeno que está causando la enfermedad, la cual se realiza mediante análisis de PCR con apoyo de laboratorios externos. De la misma manera, ayudados con estos análisis de PCR, al final del tratamiento se puede determinar si los langostinos están libres del patógeno, teniendo así la certeza de que el tratamiento fue efectivo, lo que en una piscina de producción se puede traducir con la reducción de la tasa de mortalidad a valores normales, evitando mayores pérdidas económicas.

A continuación, se muestra un informe de ensayo, donde se detalla el procedimiento y el resultado final del uso de un alimento medicado.

INFORME DE ENSAYO

CENTRO EXPERIMENTAL ACUICOLA EMPRESA A

TRATAMIENTO PARA NHP-B CON DIETA MEDICADA PARA LANGOSTINO (DIETA A) CON OXITETRACICLINA

Objetivo

Comprobar la efectividad del tratamiento con DIETA A 2.0 mm ante una infección con la bacteria NHP-B (*Hepatobacter penaei*) Hepatopancreatitis necrotizante (NHP) en langostino cultivados en el Centro Experimental Acuícola (CEA) de la Empresa A.

Metodología

Langostinos de 15.7 g cultivados a una densidad de 40 individuos/m² en la piscina número 6 del CEA fueron diagnosticados con NHP-B el 9 de mayo del 2015 mediante el (PCR). Teniendo los resultados del análisis de laboratorio, se inició la alimentación de los langostinos con DIETA A 2.0 mm (9 kg de TM-700/t) durante 14 días como tratamiento para la infección.

Al final del tratamiento se volvió a realizar un análisis de PCR para verificar la presencia de NHP-B en los langostinos.

Los parámetros del agua durante el ensayo fueron 32 °C de temperatura, 5.3 mg oxígeno disuelto y 34 ppt de salinidad; mientras que la alimentación se realizó diariamente a 3 dosis diarias a las 8, 12 y 16 horas del día.

Resultados

Los resultados confirman que los langostinos estuvieron infectados con NHP-B al inicio del ensayo y que al final del tratamiento con la Dieta A 2.0 mm, los langostinos de la misma piscina dieron negativo a la presencia de NHP-B, validando de esta manera la eficacia del tratamiento.

Conclusión

La Dieta A 2.0 mm es efectiva contra el NHP-B, bajo un tratamiento durante 14 días.

Tal como se puede apreciar en el informe de ensayo, el tratamiento aplicado tuvo un resultado satisfactorio contra la bacteria causante de la NHP, la cual también se demuestra con el análisis de PCR (ver anexos 2 y 3).

3.4.2 Caso 2: Tratamiento de Flavobacteriosis - Empresa B

La empresa B, se dedica a la producción de trucha arco iris, la cual gran parte de su producción es para exportación. Esta empresa realiza todo el seguimiento y control desde el hatchery hasta la etapa de engorde en las jaulas. El cultivo de trucha arco iris no es ajena a la presencia de enfermedades durante sus etapas de producción, por lo que deben contar con procedimientos que ayuden a disminuir la propagación de la enfermedad, y por ende la tasa de mortalidad. En este punto Mercantil S.A., desde el año 2018 actúa como proveedor de oxitetraciclina y florfenicol para la empresa B, estos antibióticos son los más usados en esta actividad, con estudios que prueban su alta efectividad en el control de enfermedades que afectan a la trucha arco iris.

Durante la relación comercial con la empresa B, se ha tenido oportunidad de realizar visitas al cliente para apoyar con la dosis de administración de los antibióticos a las truchas. En este punto, nosotros como proveedores recomendamos la forma de uso de estos medicamentos para hacer frente a la enfermedad. Es conveniente agregar que esta empresa B, mediante su área de sanidad, evalúan de forma visual los diversos signos en los peces, sin realizar una prueba analítica para determinar el patógeno específico, ya que por lo general lo atribuyen a brotes de flavobacteriosis o yersiniosis, siendo el tratamiento establecido para estos casos la oxitetraciclina y el florfenicol, el cual se describe en la Tabla 8.

Tabla 8*Descripción de la forma de uso de los antibióticos en trucha*

Antibiótico	Administración	Observación
Oxitetraciclina	Vía inmersión Vía baño medicado	Se realiza para combatir a los patógenos externos, asimismo al haber truchas con algunas ulceraciones éstas por lo general salen a la superficie y son extraídas de los estanques para evitar propagación.
Florfenicol	Vía oral	Se da mezclado con el alimento para combatir los patógenos internamente por 14 días.

Para el tratamiento frente a la flavobacteriosis la dosis sugerida se muestra en la Tabla 8, la que se describe de la siguiente manera:

Primero se aplica la oxitetraciclina mediante inmersión o por baños, lo cual depende de la etapa en la que se encuentre la trucha. De esta forma se hace frente a los patógenos que están causando el aumento de la mortalidad, y a su vez se realiza una profilaxis del medio acuático. Este tratamiento no debe exceder los 60 minutos, máximo por 3 días.

Luego de aplicar oxitetraciclina, se administra el florfenicol por vía oral mezclado con el alimento durante 10 – 14 días (Tabla 9). Esto dependerá de cómo va disminuyendo la tasa de mortalidad hasta llegar a niveles por debajo de 0.05 por ciento, punto en el cual determinan que el tratamiento fue efectivo. Por lo general, en campo indican que el tratamiento ya es efectivo al séptimo día.

Tabla 9
Dosis para aplicación de alimento medicado en trucha

		Dosis de Florfenicol	Total / día	Días Tto	Total de Florfenicol Total de alimento
Masa salmónidos	1000 kg	10mg/kg/día	10g		100g
consumo alimento 1 % masa	1 %	-	10 kg	10 a 14	100 kg

Como antes ya se indicó, el profesional responsable del área de sanidad y su equipo son los que determinan si una enfermedad está afectando a sus truchas, pero lo hacen de una forma visual basándose en la experiencia en la identificación de signos, y también apoyándose en los controles diarios en donde se mide la tasa de mortalidad, siendo un valor óptimo por debajo de 0.05 por ciento, pero al notar un incremento de la mortalidad, salta la alerta y aplican un tratamiento medicado. Si fuera el caso que luego de la aplicación del tratamiento medicado la mortalidad sigue aumentando, se procede a realizar una evaluación más exhaustiva (muestras, evaluación de órganos internos, análisis de laboratorio, etc.) para determinar el patógeno que provoca la alta mortalidad.

Finalmente, se mostrará un reporte denominado “Informe: Cierre Grupo 42” referido al cierre de una producción de trucha arco iris, en donde se evidencia como se han aplicado la oxitetraciclina y florfenicol durante el proceso de cultivo y que tan efectivo fueron los tratamientos.

Informe: Cierre Grupo 42

Estimado Ing.

Mediante el presente informe adjunto el resumen del cierre del grupo 42 mostrando el volumen de trasladado completo a engorda. Al respecto les dejo resumen productivo, y sanitario al cierre de este, para su consideración.

Cuadro 1. Resumen Productivo grupo 42

Meses en Piscicultura	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
Grupo 42	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	nov-18	dic-18	
Temperatura													
Número Ingreso	1.204.315	1.163.090	1.044.968	960.822	948.714	779.858	822.541	804.749	792.755	799.297	786.583	760.311	1.500.000
Peso Ingreso (grs)	0,49	1,77	4,37	7,64	15,51	29,08	48,27	85,7	131,2	178,57	256	360,8	0,17
Origen													
Número Final	1.163.090	1.044.968	960.822	948.714	779.858	822.541	804.749	792.655	799.297	786.583	760.311	751.005	
Peso Final	1,77	4,37	7,64	15,51	29,08	48,27	85,7	131,2	178,6	256,0	360,8	578,9	
Biomasa Final	2.055	4.565	7.344	14.719	22.680	39.706	68.996	104.055	142.747	201.323	274.319	359.649	
Número Ajuste	43171				-113169	51131		-6196	9078	-6911	-1235		-65.649
Biomasa Ajuste	448	854	-12	1898	-2502	43	-1851	-11753	-20005	-13669	-283		-46.851
Mortalidad Mes (N°)	84.396	118.122	84.146	12.108	55.677	8.458	17.792	5.898	2.408	5.803	16.668	9.306	674.949
Mort. Biomasa	62	332	453	142	1.097	289	1.067	677	368	1.056	1.915	3.430	10.940
Mortalidad Acc. (N°)	338.563	456.685	540.831	552.939	608.616	617.074	634.866	640.764	643.172	648.975	665.643	674.949	
Eliminación													
Mortalidad Mes %	7,01	10,16	8,05	1,26	5,87	1,08	2,16	0,73	0,3	0,73	2,12	1,22	
Mortalidad Acc. %	22,57	30,45	36,06	36,86	40,57	41,14	42,32	42,72	42,88	43,27	44,38	45,00	45,00
Consumo Alimento	1084	1989	3244	5620	11560	17272	32207	47440	59120	73302	76022	92860	422.122
SFR (% P.C)	3,0	2,3	1,9	1,8	2,6	1,5	2,0	1,9	1,5	1,4	1,1	0,9	0,0
Número Despacho													0
Peso Unitario													0
Biomasa Despacho													0
SGR Real	4,27	3,26	1,86	2,38	2,03	1,52	1,92	1,41	1,02	1,13	1,10	0,89	
Crecimiento Mes (%)	261,2	146,9	74,8	103,0	87,5	66,0	77,6	53,1	36,1	43,3	40,9	60,4	
FCR eco	0,74	0,79	1,17	0,76	1,45	1,01	1,10	1,36	1,53	1,25	1,03	1,09	
FCR eco Acc.	0,83	0,81	0,95	0,85	1,07	1,04	1,07	1,16	1,26	1,26	1,20	1,17	1,17
FCR bio	0,71	0,70	1,00	0,75	1,28	1,00	1,06	1,33	1,51	1,23	1,00	1,05	
FCR bio Acc.	0,63	0,58	0,73	0,66	0,95	0,97	1,03	1,12	1,22	1,23	1,17	1,14	1,14

Cuadro 2. Cuadro resumen de mortalidades

Grupo 42 - Choclococha				UTA	Nº Ingreso	Diferencia			
				250,0	1.500.000	-64.442			
Etapa	Fecha	Días	T°C	UTA	Nº Ovas	Mort.	% Mort.	Mort.Acum.	
Recepción - In.Eclosión	05-nov - 08-nov	3	10,8	282,4	1.424.643	10.915	0,8%	0,8%	
In.Eclosión - 100% Eclos.	09-nov - 13-nov	4	11,0	326,4	1.413.144	11.499	0,8%	1,6%	
100% Eclos.- I. Alimentación	14-nov - 27-nov	13	10,8	466,8	1.391.533	21.611	1,5%	3,1%	
In.Alim. - Alim.Activa (0,5g)	28-nov - 04-dic	6	10,8	531,6	1.364.553	26.980	1,9%	4,9%	
0,5 grs - 4,5 grs	05-dic - 28-feb	85	10,5	1424,1	978.873	385.680	28,3%	31,8%	90.000 Turbia
4,5 gr - 256 gr	01-mar - 31-oct	244	10,0	3864,1	786.583	192.290	19,6%	45,2%	

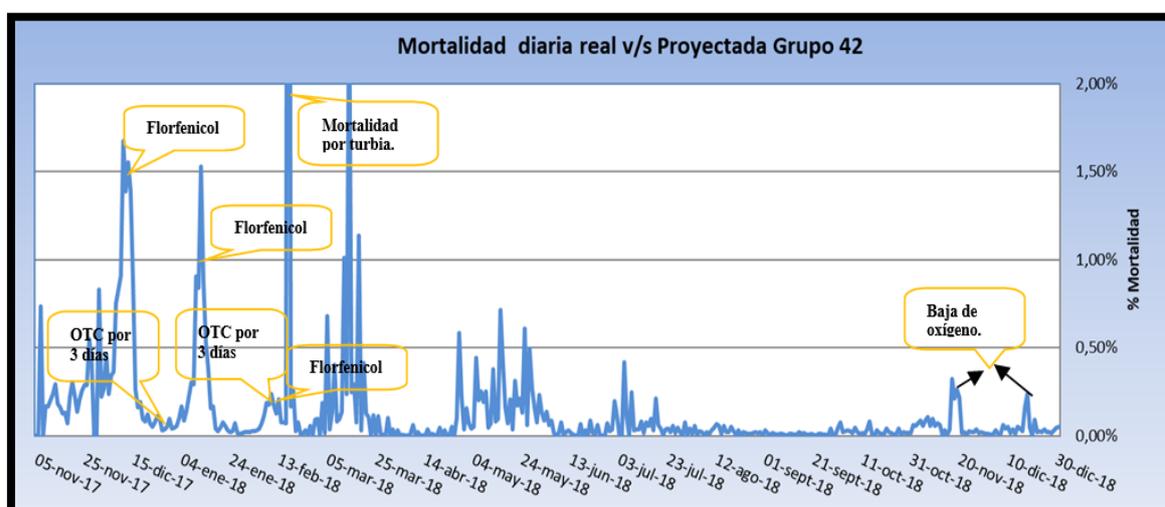


Gráfico 1. Panorama de las mortalidades y tratamientos.

Respecto de este grupo, durante la etapa en sala de alevinaje se realizaron 3 tratamientos con alimento medicado con florfenicol, y dos terapias de baño con OTC (3 días seguidos). En este grupo aún no estaba instaurada la rutina de baños de sal y cloramina, por lo que la cantidad de baños con estos productos fue escasa (1 vez al mes entre diciembre y febrero, por registros de salud). Se puede apreciar mortalidades altas en su etapa temprana y en los picos de brote de flavobacteria. Además, se agrega una mortalidad ocurrida durante un evento de turbia, donde hubo una pérdida de 90.000 alevines (17 de febrero). Ya en su etapa en módulos se presentan picos de mortalidad probablemente atribuibles a brotes de flavobacterias o aeromona, activados por el manejo de selección. Al mejorar las condiciones de cultivo (menos densidad, mayor frecuencia de cambio de redes) la mortalidad disminuyó considerablemente, manteniéndose baja hasta su traspaso a engorda.

CUADRO RESUMEN GRUPO 42 CHOCLOCOCHA

<i>N° Grupo</i>	<i>TII712AGN – G40</i>
<i>Fecha de Recepción</i>	<i>04 de noviembre 2017</i>
<i>Origen</i>	<i>Aquagen</i>
<i>Especie</i>	<i>Trucha Arcoíris.</i>
<i>N° Ovas</i>	<i>1.500.000</i>

Como se podrá notar, la única manera por la cual determinan que el tratamiento medicado ha sido efectivo es controlando la mortalidad; si la mortalidad baja, el tratamiento fue efectivo, que por lo general es lo que se logra, pero queda un vacío, y es que no se sabe específicamente contra que bacteria se aplicó el tratamiento, y tampoco en qué medida ha sido efectivo. El tratamiento es muy general y repetitivo cuando se presentan enfermedades, y esto como bien se dice, puede generar resistencia bacteriana.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con todo lo expuesto se concluye que el tratamiento con oxitetraciclina contra la hepatopancreatitis necrotizante (NHP) en langostinos es eficaz al transcurrir 14 días de tratamiento.

Se concluye que el tratamiento con oxitetraciclina y florfenicol frente a la flavobacteriosis, es eficaz para el control de la enfermedad logrando disminuir la mortalidad de la especie hasta valores normales de la crianza.

Se corrobora que un mayor espectro de bacterias son sensibles a la exposición contra el florfenicol, a diferencia de la oxitetraciclina, que presenta un menor espectro de bacterias sensibles a este antibiótico.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda plantear acciones para contrarrestar el avance de la resistencia bacteriana, afrontándola de manera conjunta entre organismos de salud humana, animal y medioambiental.

Se debería dar más énfasis en el estudio y documentación de la acumulación y eliminación de antibióticos en las especies de cultivo, para determinar si realmente los periodos de retiro son efectivos y los productos alimenticios procedentes de estas actividades finalmente son inocuos para el consumidor, especialmente para el mercado local.

Se recomienda establecer alguna medida de control para la adquisición de antibióticos de uso veterinario, ya que son los pequeños productores tanto de langostino y trucha quienes no tienen una adecuada sensibilización respecto al uso adecuado de antibióticos, generando un gran problema de salud pública en el Perú.

Debido a la falta de control sobre el uso de los antibióticos en acuicultura, se recomienda establecer procedimientos para un adecuado control de efluentes, con la finalidad de reducir al mínimo el riesgo de afectar a otras especies nativas cercanas a estos centros de cultivo.

Sería importante recomendar que previamente a la aplicación de un tratamiento antibiótico, este debe ser avalado por pruebas específicas de sensibilidad antibiótica frente al patógeno ya identificado, ya que de esta manera se garantizaría la eficacia del tratamiento y se reduciría el riesgo de generar bacterias multirresistentes.

Se debería dar facilidades y solicitar al productor acuícola que empiecen a probar con productos inmuno-estimulantes o alimentos con aditivos que mejoran el sistema inmune del organismo y así poder reducir el uso de antibióticos, y al menos evitar su uso de forma profiláctica.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranguren, L. (2018). Desarrollo de un nuevo PCR en tiempo real para la detección y cuantificación de NHPB. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/desarrollo-de-un-nuevo-pcr-en-tiempo-real-para-la-deteccion-y-cuantificacion-de-nhpb/>

Austin, B.; Austin, D. (2007). Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish. doi: 10.1007 / 978-1-4020-6069-4

Barattini, P. (2012). Antibióticos en Acuicultura. Resultados preliminares sobre el uso de lodos de pisciculturas sobre suelos agropecuarios de origen volcánico de la Patagonia occidental.

https://www.redalyc.org/jatsRepo/494/49460101003/html/index.html#redalyc_49460101003_ref35

Bernardet, J. (1988). First identification of *Cytophaga psychrophila* in France. https://www.researchgate.net/publication/283759084_First_identification_of_Cytophaga_psychrophila_in_France

Blanco, M. (1994). La trucha: Crianza industrial. Segunda edición. https://books.google.com.pe/books/about/La_trucha.html?id=tRoXAQAIAAJ&redir_esc=y

CX/MRL 2-2018. Codex Alimentarius. Límites Máximos de Residuos (LMR) y recomendaciones sobre la Gestión de Riesgos (RGR) para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXM%2B2%252FMRL2s.pdf>

Daza, P. (1998). Resistencia bacteriana a antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria. Información Terapéutica del Sistema Nacional de Salud. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fvm515d/doc/fvm515d.pdf>

FAO (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. <http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

FAO (2009). Informe de especies acuáticas cultivadas. Langostino *Litopenaeus vannamei*. http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm

Furones, M.; Rodgers, C.; Munn, C. (1993). *Yersinia ruckeri*, the causal agent of enteric redmouth disease (ERM) in fish. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57912963005.pdf>

León, J.; Ponce, M. (2009). *Flavobacterium psychrophilum* y su patología en alevines de *Oncorhynchus mykiss* del centro piscícola El Ingenio, Huancayo. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v15n2/a19v15n2.pdf>

Manual Acuático de la OIE (2012).. Hepatopancreatitis Necrotizante. https://www.oie.int/esp/normes/fmanual/2.2.04_NECROTISING_HEPATO.pdf

PRODUCE (2020). Informe de la Sub unidad de Sanidad Acuícola. <https://www.sanipes.gob.pe/difusion-informe-sanidad-acuicola/archivos/INFORME-DE-SANIDAD-APROBADO-JUNIO-2020.pdf>

Meixner, D. (2007). Determinación de la dosis letal 50 (dl50) de una cepa nacional de *Flavobacterium psychrophilum* en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Tesis de grado). Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Kljz7QFsKKUJ:cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fvm515d/doc/fvm515d.pdf+&cd=6&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

MINSA, 2016. NTS N° 120 – MINSA-DIGESA-V.01. Norma Sanitaria que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en alimentos de consumo humano. Recuperado de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/11/RM-372-2016-MINSA-con-NTS-120-MINSA-DIGESA-v01-LMR-Medicamentos.pdf>

Montoya, N. & Reyes, E. (2002). Acumulación/eliminación de Oxitetraciclina en el langostino blanco, *Litopenaeus vannamei*, y su residualidad en dietas artificiales. Centro

Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8741/1/9.pdf>

Morales-Covarrubias, M.; Osuna-Duarte, A.; Garcia-Gasca, A. (2006). Prevalence of necrotizing hepatopancreatitis in female broodstock of *Penaeus vannamei* with unilateral eyestalk ablation and hormone injection.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/H05-010.1>

Ponce-Palafox, J.; Romero, O.; Castillo, S.; Arteaga, P. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América latina. Revista Electrónica de Veterinaria.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63612753004.pdf>

PRODUCE (2018). Sistema nacional de innovación en pesca y acuicultura.
<http://pnipa.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Factibilidad-Programa-PNIPA.pdf>

PROMPERÚ (2020). Desarrollo del comercio exterior pesquero y acuícola en el Perú. Informe anual 2019.

<https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/desarrollo-comercio-exterior-pesquero-acuicola-en-peru-informe-anual-2019-v2.pdf>

Reglamento (UE) No 37/2010. Relativo a las sustancias farmacológicamente activas y su clasificación por lo que se refiere a los límites máximos de residuos en los productos alimenticios de origen animal. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0037&from=EN>

Reyes, J. (2018). Sensibilidad bacteriana a agentes terapéuticos utilizados para controlar problemas bacterianos en larvicultura de *Penaeus* (*Litopenaeus vannamei*). Tesis de grado. Recuperado de <https://1library.co/document/yev74d0z-sensibilidad-bacteriana-terapeuticos-utilizados-controlar-bacterianos-larvicultura-litopenaeus.html>

Roque, A.; Molina, A.; Bolán, M.; Gomez, G. (2001). In vitro susceptibility to 15 antibiotics of vibrios isolated from penaeid shrimps in Northwestern Mexico International Journal of Antimicrobial Agents.

[https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/DP2019% 20VFinal.pdf](https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/DP2019%20VFinal.pdf)

Rosado, A. (2019). Detección de especies patogénicas del género *Vibrio* en langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) de centros de crianza de la región tumbes, mediante la aplicación de un protocolo PCR múltiple (Tesis de maestría, Universidad Peruana Cayetano

Heredia). Recuperado de http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/7028/Deteccion_RosadoSalazar_Armando.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sanchez, C. (2004). Crianza y Producción de Truchas. <https://www.buscalibre.pe/libro-crianza-y-produccion-de-truchas/27082325/p/27082325>

SANIPES (2016). Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE. Indicadores Sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación. https://www.sanipes.gob.pe/documentos_sanipes/guias/2018/f5046dcc937826f24ee682e4dc41c931.pdf

SANIPES (2020). Informe de Sanidad Acuícola 2017-2019. <https://www.sanipes.gob.pe/difusion-informe-sanidad-acuicola/archivos/INFORME-DE-SANIDAD-APROBADO-JUNIO-2020.pdf>

Santiago, M.; Espinosa, A.; Bermúdez, M. (2009). Uso de antibióticos en la camaronicultura. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57912963005.pdf>

Shears, P. (2001). Antibiotic resistance in the tropics. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 95: 127-130

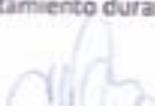
Sumano, H.; Ocampo, L. (2006). *Farmacología veterinaria*. 3° edición. México. McGraw-Hill. 1082 p.

USP. The United States Pharmacopeia Convention (2003). *American academy oh veterinary pharmacology and therapeutics*. <http://www.aavpt.org/?48>

Varela-Mejías, A.; Alfaro-Mora, R. (2018). Revisión sobre aspectos farmacológicos a considerar para el uso de antibióticos en la camaronicultura. doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14186>

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Informe de ensayo – Tratamiento para hepatopancreatitis necrotizante

INFORME DE ENSAYO	
CENTRO EXPERIMENTAL ACUÍCOLA	
TRATAMIENTO PARA NHP-B CON DIETA	MEDICAL CAMARON 35 %
Objetivo	
Comprobar la efectividad del tratamiento con dieta Medical Camarón 35% 2.0 mm ante una infección con la bacteria NHP-B (<i>Hepatobacter penaei</i>) Necrosis hepatopancreática bacteriana en camarones cultivados en el Centro Experimental Acuicola (CEA) de	
Metodología	
Camarones de 15,7 g cultivados a una densidad de 40 individuos/m ³ en la piscina número 6 del CEA fueron diagnosticados con NHP-B el 9 de mayo del 2015 mediante el método PCR. Teniendo los resultados de análisis del laboratorio, se inició la alimentación de los camarones con Medical Camarón 35% 2,0 mm (9 kg de TM-700/t) durante 14 días como tratamiento para la infección.	
Al final del tratamiento se volvió a realizar un análisis de análisis de PCR para verificar la presencia de NHP-B en los camarones.	
Los parámetros del agua durante el ensayo fueron 32 °C de temperatura, 5,3 mg de oxígeno disuelto y 34 ppt de salinidad; mientras que la alimentación se realizó diariamente a 3 dosis diarias a las 8, 12 y 16 horas del día.	
Resultados	
Los resultados confirman que los camarones estuvieron infectados con NHP-B al inicio del ensayo (Informe de ensayo BIODÉS IE-5552015) y que al final del tratamiento con la dieta Medical Camarón 35% 2,0 mm, los camarones de la misma piscina dieron negativo a la presencia de NHP-B (Informe de ensayo BIODÉS IE-5422015), validando de esta manera la eficacia del tratamiento.	
Conclusión	
La dieta Medical Camarón 35% 2,0 mm es efectiva contra el NHP-B, bajo un tratamiento durante 14 días.	
	

ANEXO 2. Informe inicial de PCR para detección de NHPB



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO

IE-555/2015

Página 1 de 1

1. DATOS DE RECEPCION DE LA MUESTRA

Solicitante:

Dirección:

Toma de muestra: Por el solicitante

Tipo de muestra: Juveniles de *Litopenaeus vannamei*

Identificación de la muestra: Piscina 06

Procedencia:

- Origen: Centro Experimental Acuicola-CEA.

- Condición: Hepatopancreas fijados en etanol

N° de muestras: 1

Recepción: 09/05/2015

Fecha de análisis: 09/05/2015

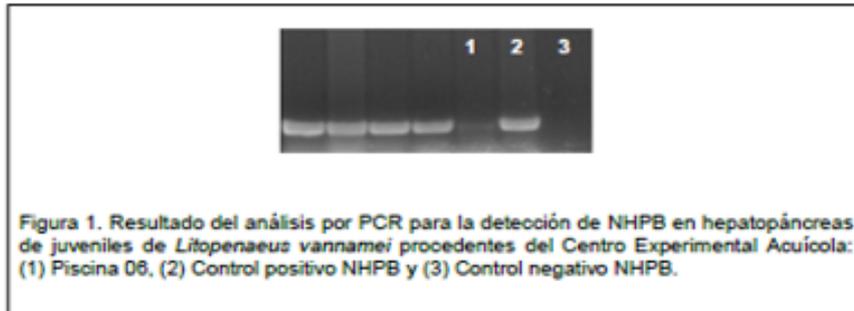
Fecha de entrega: 09/05/2015

2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

PCR para detección de la Bacteria de la Necrosis del Hepatopáncreas (NHPB). Método descrito en el Manual de Pruebas de Diagnóstico para los Organismos Acuáticos de la OIE, 2014.

3. RESULTADO DEL ANÁLISIS

Código	Muestra	Resultados
		NHPB
BL4282015	Piscina 06	Positivo



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PESQ. JORGE ALBERTO BERRA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO
C.P. N° 146075

ANEXO 3. Informe final de resultado del tratamiento contra NHP



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO

IE-5422015

Página 1 de 1

1. DATOS DE RECEPCION DE LA MUESTRA

Solicitante:

Dirección:

Toma de muestra: Por el solicitante

Tipo de muestra: Hepatopáncreas de langostino de cultivo

Identificación de la muestra: Piscina 06

Procedencia:

- Origen: Centro Experimental Acuícola

- Condición: Fijada en etanol

N° de muestras: 1

Recepción: 26/05/2015

Fecha de análisis: 27/05/2015

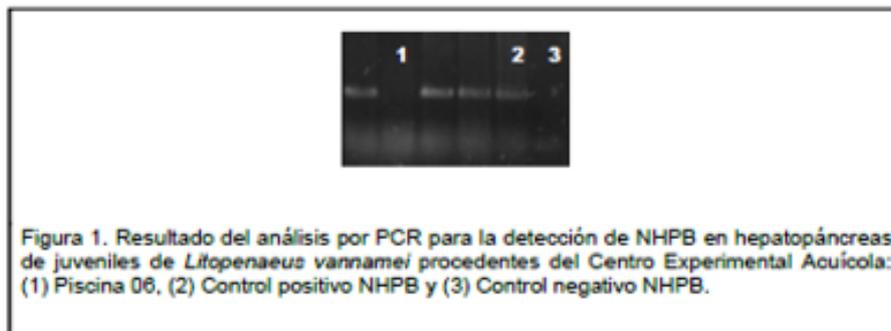
Fecha de entrega: 27/05/2015

2. TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO

PCR para detección de la Bacteria de la Necrosis del Hepatopáncreas (NHPB). Método descrito en el Manual de Pruebas de Diagnóstico para los Organismos Acuáticos de la OIE, 2014.

3. RESULTADO DEL ANÁLISIS

Código	Muestra	Resultados
		NHPB
BL4792015	Piscina 06	Negativo



BIODES LABORATORIOS
Soluciones Integrales S.R.L.
CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN
ING. PERO JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ
COORDINADOR DE LABORATORIO
011 41 440113