

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**“DETERMINACIÓN EXPLORATORIA DE RESIDUOS DE
OXITETRACICLINA EN CARNE DE TILAPIA (*Oreochromis
niloticus*) IMPORTADA A GUATEMALA PROVENIENTE DE
EL SALVADOR DURANTE DICIEMBRE 2020 A FEBRERO
2021”.**

VALERIA ALEJANDRA SANTISTEBAN ELIZONDO

Médica Veterinaria

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**“DETERMINACIÓN EXPLORATORIA DE RESIDUOS DE
OXITETRACICLINA EN CARNE DE TILAPIA (*Oreochromis
niloticus*) IMPORTADA A GUATEMALA PROVENIENTE DE EL
SALVADOR DURANTE DICIEMBRE 2020 A FEBRERO 2021”.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

VALERIA ALEJANDRA SANTISTEBAN ELIZONDO

Al conferírsele el título profesional de

Médica Veterinaria

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: M.A. Rodolfo Chang Shum
SECRETARIO: M.Sc. Lucrecia Emperatriz Motta Rodríguez
VOCAL I: M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II: Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III: M.V. Edwin Rigoberto Herrera Villatoro
VOCAL IV: P. Agr. Luis Gerardo López Morales
VOCAL V: Br. María José Solares Herrera

ASESOR

M.V. WILLSON VALDEZ MELGAR

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

“DETERMINACIÓN EXPLORATORIA DE RESIDUOS DE OXITETRACICLINA EN CARNE DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IMPORTADA A GUATEMALA PROVENIENTE DE EL SALVADOR DURANTE DICIEMBRE 2020 A FEBRERO 2021”.

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICA VETERINARIA

ACTO QUE DEDICO A:

- A DIOS:** Por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por ser mi guía y la fortaleza en este gran camino.
- A MI MADRE:** Margarita Elizondo Sandoval, por ser mi pilar y la mejor guía durante toda mi vida, por su amor y apoyo incondicional. Por siempre darme consuelo, consejos, por luchar conmigo. Por sus esfuerzos y sacrificios que me permitieron alcanzar este triunfo. Por ser esa mujer ejemplar, luz de mi vida y sobre todo una gran madre.
- A MI PADRE:** Donaldo Santisteban, un abrazo hasta el cielo. †
- A MIS HERMANOS:** Donaldo y Jonathan Santisteban Elizondo, por todo su cariño, apoyo infinito y ser parte de este logro.
- A MIS AMIGOS:** Por su cariño, amistad y apoyo durante la carrera y en mi vida. Por cada risa y lágrima que compartimos. Por hacer inolvidable mis años de universidad.
- A:** Todas aquellas personas que un día creyeron en mí me enseñaron, me animaron y me apoyaron.

AGRADECIMIENTOS

**A LA TRICENTENARIA
UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE
GUATEMALA:**

Por permitirme ser parte de la casa de estudios,
a la cual me enorgullezco pertenecer.

**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y
ZOOTECNIA:**

Por ser mi segundo hogar y haberme
formado profesionalmente para servir
al pueblo de Guatemala.

A MI MADRE:

Margarita Elizondo Sandoval, por siempre estar
conmigo, por ser una madre ejemplar, por todo su
amor, apoyo infinito y sobre todo por permitirme
seguir mis sueños.

A MI PADRE:

Donaldo Santisteban, por un día haber estado a
mi lado. Un abrazo hasta el cielo. †

A:

Ericka Orellana, por su apoyo infinito.

A LOS DOCTORES:

Dr. Donato González y Dr. Denis Aldana por su
apoyo incondicional, por su colaboración y
disposición durante este estudio. Por su amistad y
cariño.

AL MAGA:

Especialmente al Departamento de Productos de Origen Animal e Hidrobiológicos por su cariño y apoyo incondicional durante mi EPS, por su colaboración para realizar este estudio.

A MI ASESOR:

Dr. Willson Valdez por su tiempo, paciencia, dedicación y sobre todo por brindarme su apoyo en esta etapa de mi carrera.

A LOS CATEDRÁTICOS:

Por la formación profesional y las enseñanzas que me brindaron.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Tilapia del Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i>	4
3.2 La producción de Tilapia del Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i>	5
3.3 Principales productores de Tilapia del Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i>	7
3.4 Antibióticos en alimentos	9
3.5 Antibióticos como promotores del crecimiento.....	9
3.6 Medicamentos registrados para uso en la acuicultura	11
3.7 Oxitetraciclina en la acuicultura	12
3.8 Riesgos de los residuos de antibióticos en alimentos.....	12
3.9 Resistencia bacteriana.....	13
3.10 Resistencia a agentes bacterianos relacionados con el uso en la acuicultura	14
3.11 Límites máximos permitidos de oxitetraciclina en alimentos según Codex Alimentarius.....	15
3.12 Hipersensibilidad y otros efectos adversos provocados por la Oxitetraciclina	17
3.13 Reglamento sobre el uso de los antibióticos en Guatemala	17
3.14 Test Elisa Indirecto o Competitivo.....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1 Materiales	23
4.1.1 Recurso humano	23
4.1.2 Recurso biológico	23
4.1.3 Recursos de campo.....	23
4.1.4 Recursos tecnológicos.....	24

4.1.5 Recursos de laboratorio.....	24
4.2 Metodología	24
4.2.1 Diseño del estudio	24
4.2.2 Población.....	24
4.2.3 Muestra.....	24
4.2.4 Muestreo.....	25
4.2.5 Análisis de datos.....	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Resultados.....	27
Discusión	30
VI. CONCLUSIONES	32
VII. RECOMENDACIONES.....	33
VIII. RESUMEN.....	34
SUMMARY	35
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
X. ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.....	11
Cuadro No. 2.....	16
Cuadro No. 3.....	19
Cuadro No. 4.....	22
Cuadro No. 5	27
Cuadro No. 6.....	28
Cuadro No. 7.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	6
Figura No. 2	7
Figura No. 3	8
Figura No. 4	8
Figura No. 5	14
Figura No. 6	20
Figura No. 7	29
Figura No. 8	29
Figura No. 9	42
Figura No. 10	43
Figura No. 11	43
Figura No. 12	43
Figura No. 13	44

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la acuicultura ha crecido más rápido que otros sectores principales de la producción de alimentos provocando que el pescado y los productos pesqueros sean algunos de los alimentos más comercializados en el mundo actualmente (FAO & OMS, 2018). Esta producción arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. Con el crecimiento de la acuicultura también se ha incrementado el uso de los antibióticos ya que al igual que en otros sectores de la producción animal, en la acuicultura también se emplean antibióticos durante la producción y elaboración, principalmente de uso profiláctico y terapéutico contra enfermedades bacterianas; así como promotores de crecimiento (Norzagaray, Muñoz, Sánchez, Chapurro & Llanes, 2012).

La problemática de residuos de antibióticos en carne de tilapia no es reciente. Estos fármacos no se han utilizado siempre de forma responsable en la acuicultura, y en diversas situaciones notificadas, el control de su empleo no ha dado la debida garantía de prevención de riesgos para los seres humanos (Arthur et al, 1996).

En la acuicultura, centrándonos en los cultivos de tilapia la administración de antibióticos se emplean comúnmente como baño o como complemento alimenticio, en este sentido la oxitetraciclina es muy notoria y es de los más utilizados en toda la acuicultura (Grande, Falcòn & Gàndara, 2000). Desde su introducción en 1950 se ha utilizado ampliamente en la medicina humana y veterinaria e incluso también se ha utilizado ampliamente para prevenir o tratar enfermedades bacterianas en la acuicultura en diversos países. Por esta razón es que se considera uno de los antibióticos más utilizados a nivel mundial en este tipo de producciones (Wang, Liu & Li, 2004).

El aumento de la industria de la acuicultura en muchas regiones del mundo y el intensivo y frecuentemente no regulado uso de agentes antimicrobianos, necesita de atención y de esfuerzos para prevenir el desarrollo y la diseminación de resistencia antimicrobiana y problemas de hipersensibilidad como se puede mencionar urticaria, dermatitis exfoliativa, exantema fijo medicamentoso entre otros para reducir el riesgo de estos en la salud humana, considerándolo de esa manera un tema de importancia en la salud pública. Para ello se pretende realizar un muestreo en carne de tilapia para la identificación de oxitetraciclina en importaciones salvadoreñas que son para consumo de la población guatemalteca.

Con la intención de prevenir el consumo indirecto de oxitetraciclina por medio de la carne de tilapia creando de la misma manera información valiosa, ya que no se cuenta con suficientes estudios de alcance nacional sobre la oxitetraciclina en carne de tilapia importada de El Salvador y la importancia de la obtención de alimentos inocuos, la presente investigación pretende afianzar un mayor conocimiento de la importancia de consumir un alimento sin residuos de antibiótico siendo el caso de la oxitetraciclina.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Generar información de la presencia de oxitetraciclina en carne de tilapia proveniente de la importación de El Salvador.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la presencia de residuos de oxitetraciclina en carne de tilapia de importaciones salvadoreñas.
- Establecer si la concentración de oxitetraciclina es inferior al límite máximo permitido por el Codex Alimentarius.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*

Descripción de la especie:

Los peces denominados genéricamente "tilapias" han promovido y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo. Las tilapias han sido situadas muy abajo en la cadena trófica natural, debido a su alimentación a base de algas, materia en descomposición. Las especies del género *Oreochromis* son las de mayor aceptación en cultivo comercial, destacándose entre ellas la *O. niloticus*, llamada "tilapia del Nilo". Este género ha encontrado un nicho de mercado debido a sus características organolépticas y a su semejanza con algunos peces tipo pargo, besugo o mero (Wicki, 1997).

Su nombre comercial es Tilapia del Nilo es un pez que posee un cuerpo comprimido con dorso grisáceo, rosado a los lados; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. La longitud, peso y edad máxima respectivamente reportadas son 60 cm largo estándar, 4.3 kg y nueve años. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con 16 o 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. La tilapia del Nilo es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Es un alimentador omnívoro que se alimenta de fitoplankton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a los detritus (Norzagaray, Epinosa, Apún & Muñoz, 2020).

La tilapia del Nilo es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Las temperaturas letales son: inferior 11-12 °C y superior 42 °C, en tanto que las temperaturas ideales varían entre 31 y 36 °C (Norzagaray, et al., 2020).

3.2 La producción de Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*

La acuicultura es una actividad potencial para diversificar el uso del suelo, ya que el agua de desecho del cultivo de peces suele ser utilizada en el riego de áreas agrícolas, incrementando la producción y los beneficios a través de la práctica de acuicultura integral, usando recursos locales de bajo costo con tecnologías extensivas y semiintensivas, más apropiadas para la escasa base de recursos que poseen los productores (Poot, Gasca & Olvera, 2012).

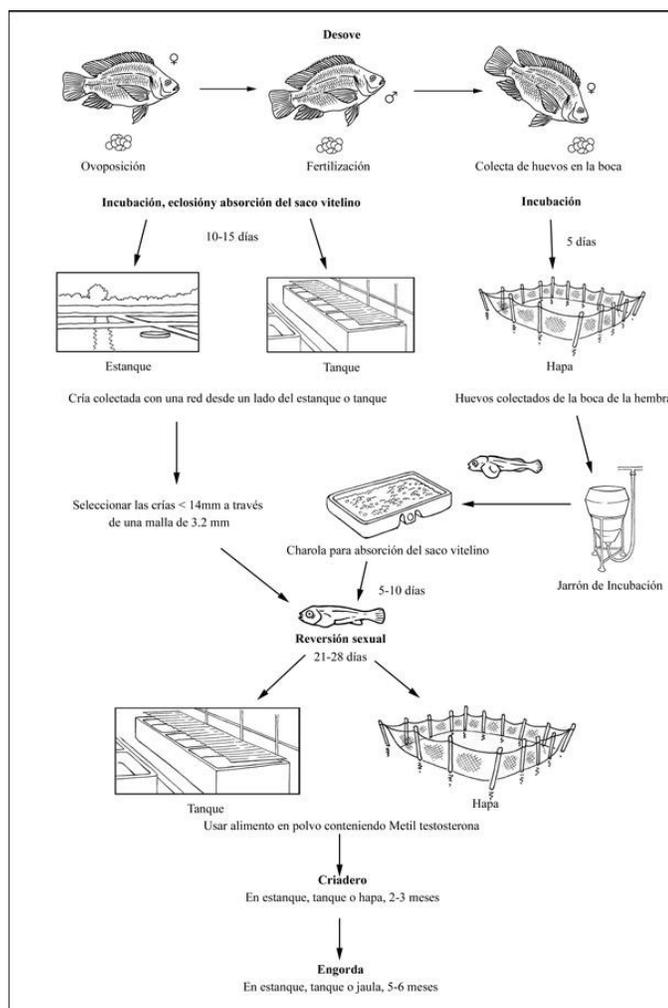
Hoy en día, los cultivos comerciales de tilapia son realizados en sistemas que abarcan la modalidad extensiva, la semiintensiva y la intensiva en cerramientos tipo estanques excavados en tierra para cualquiera de ellas o en jaulas suspendidas en cuerpos de agua, en sistema intensivo. Por lo general, se trabaja con poblaciones monosexo macho, revertidas por hormona durante los primeros 30 días de alimentación en cultivo, hasta alcanzar una longitud total de 17 a 20 mm (Wicki, 1997).

En sistemas extensivos se puede obtener una cosecha de 200-500kg hectárea/ciclo. En sistemas semiintensivos se cosechan entre 4.000 a 10.000 kg por hectárea/ciclo y esto va a depender de la calidad del alimento utilizado y de la temperatura del agua. En sistemas intensivos en estanques con aeración suplementaria y recambio parcial de agua se puede obtener cosechas de más de 20.000kg por hectárea. De esta misma manera y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen los rendimientos están comprometidos entre 50 y 300 kg/m³ (Wicki, 1997).

En estanques, la madurez sexual la alcanzan a la edad de 5 ó 6 meses. El desove inicia cuando la temperatura alcanza 24 °C. El proceso de reproducción empieza cuando el macho establece un territorio, excava un nido a manera de cráter y vigila su territorio. La hembra madura desova en el nido y tras la fertilización por

el macho, la hembra recoge los huevos en su boca y se retira. La hembra incuba los huevos en su boca y cría a los pececillos hasta que se absorbe el saco vitelino. Dependiendo de la temperatura la incubación y crianza se completa en un período de 1 a 2 semanas. Se dice que tiene una incubadora bucal materna porque cuando se liberan los pececillos, estos pueden volver a entrar a la boca de la madre si les amenaza algún peligro. El número de huevos de una ovoposición es mucho menor en comparación con la mayoría de otros peces de cultivo (Norzagaray, et al., 2020).

Figura No. 1
Reproducción de la tilapia



(Norzagaray, et al., 2020)

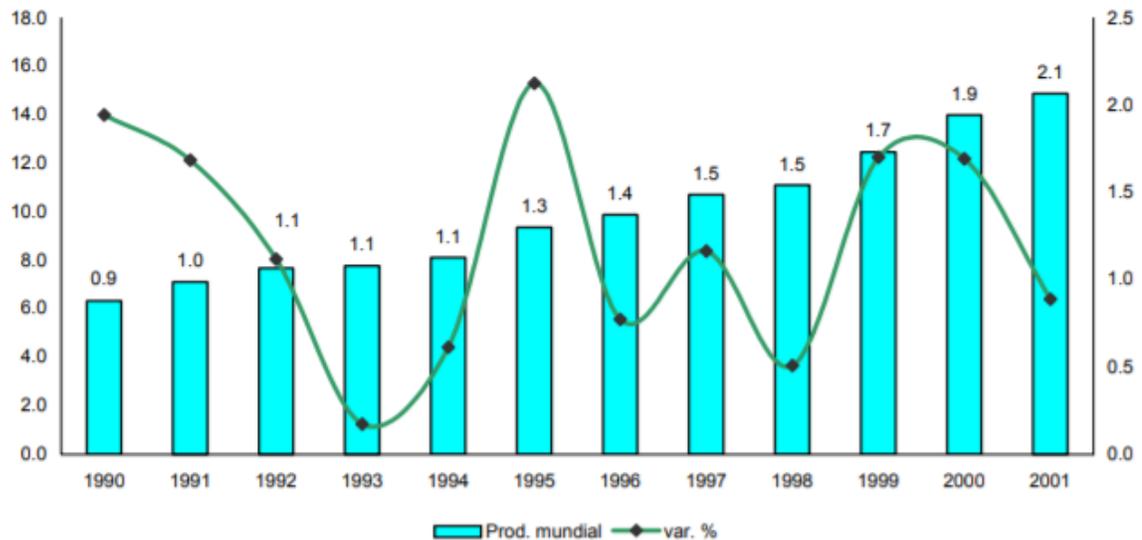
3.3 Principales productores de Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*

Inicialmente la producción de tilapia comenzó en países africanos y luego se expandió a Egipto, Indonesia, Tailandia, entre otros, dado su bajo costo producción y amplia demanda por paliar las necesidades alimenticias de la población de menores recursos. Poco a poco se fue introduciendo en países de América y de esta manera, las economías fueron desarrollando su extracción hasta industrializarla. Así entre 1990 y 2001 la producción mundial de la tilapia *Oreochromis* creció a una tasa promedio anual de 7,9%, mientras que las especies Nilótica (de Nilo) y mossambicus (de Mozambique) lo hicieron en 13,6% y 4,7% respectivamente (ACRUPOSA, 2018).

Figura No. 2

Producción mundial de Tilapia hasta el 2001

Producción Mundial de Tilapia (mill. TM)



(ACRUPOSA, 2018)

Figura No. 3

Producción acuícola mundial



En este gráfico podemos observar cómo aumentó la producción de tilapia desde 1985 con 89,989 toneladas hasta el 2016 con 4,199,566 toneladas (Norzagaray, et al., 2020).

Figura No. 4

Principales países productores de *Oreochromis niloticus* estadística del 2006



(Norzagaray, et al., 2020)

En la gráfica anterior representa de forma general los principales países productores de la Tilapia del Nilo. El mayor productor de tilapia del Nilo es China que se caracteriza por cultivar el recurso en pequeños estanques pertenecientes a familias (Norzagaray, et al., 2020).

3.4 Antibióticos en alimentos

Se define el término “antibióticos” como compuestos químicos que son producidos por microorganismos y que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento o matar a la bacteria u otros microorganismos. El concepto central de la acción antibiótica es la toxicidad selectiva, es decir, que la existe destrucción del crecimiento del microorganismo patógeno, sin alterar a las células del hospedador (Anadón, 2007). Los antibióticos se usan en los animales productores de alimentos para tratar o para prevenir las enfermedades y también a nivel subterapéutico.

Los tratamientos terapéuticos se emplean en animales que están enfermos. En producción animal, los animales se pueden tratar individualmente, pero es a menudo más eficaz el tratar grupos enteros medicándolos a través del alimento o del agua. Para algunos animales, tales como las aves y peces, la medicación en masa es el único tratamiento factible (Anadón, 2007).

3.5 Antibióticos como promotores del crecimiento

En los años cuarenta se descubrió que bajas concentraciones de antibióticos podían mejorar el índice de crecimiento en animales domésticos, por lo que estos compuestos antibacterianos se vienen utilizando ampliamente como promotores del crecimiento en la producción animal (Anadón, 2007).

En la veterinaria los antibióticos administrados en niveles subterapéuticos se utilizan para la engorda de animales y para la prevención de enfermedades veterinarias. Los antibióticos como promotores de crecimiento se han empleado en dosis subterapéuticas durante largos períodos con el objetivo de aumentar la productividad del animal (Cota, Hurtado, Pérez & Alcántara, 2014).

El mecanismo por el cual los antibióticos favorecen el crecimiento de los animales no se conoce con exactitud, pero básicamente actúan modificando cuantitativa y cualitativamente la flora microbiana intestinal, provocando una disminución de los microorganismos causantes de enfermedades sub-clínicas. Actúan también reduciendo la flora normal que es hospedera y que compite por los nutrientes, todo ello conduce a una mejora en la productividad y reduce la mortalidad de los animales (Cota et al., 2014). Otra de teoría que consideran es que dan lugar a un adelgazamiento de la pared de los enterocitos que unido a la regulación de la flora intestinal favoreciendo la absorción de nutrientes. Y por último se considera que los antibióticos aumentan de la producción de vitaminas y otros factores de crecimiento provocando el aumento de masa corporal del animal en producción (Casana, 2017).

Se han usado diferentes antibióticos como promotores del crecimiento observándose una mejora de la conversión en los animales y una reducción de la morbilidad y mortalidad debidas a las enfermedades subclínicas y clínicas.

3.6 Medicamentos registrados para uso en la acuicultura

Cuadro No. 1

Medicamentos registrados para uso acuícola, MAGA

								
“MEDICAMENTOS REGISTRADOS PARA USO ACUICOLA “								
NOMBRE DEL PRODUCTO	No. REGISTRO SANITARIO	FECHA DE VIGENCIA DEL REGISTRO SANITARIO	PRINCIPIO ACTIVO	ESPECIE DESTINO	PERIODO DE RETIRO	FABRICANTE	PAIS ORIGEN DE ORIGEN	EMPRESA REGISTRANTE
OXI-BLEND 50*	MX159-07-01-3670	28/06/2021	Oxitetraciclina HCL 500 g	Camarones	8 días	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.
ENRO-BLEND AQUA*	MX159-07-01-3667	30/06/2021	Enrofloxacin base 50 g	Camarones	7 días	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.
FLOR-BLEND AQUA*	MX159-07-01-3669	30/06/2021	Florfenicol 20 g	Camarones	7 días	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.
TM 700*	BR485-07-01-4094	23/02/2020	Terramicina como oxitetraciclina di-hidratada* 77.8 g	Camarones y tilapia	Crustáceos; 30 días Peces; 21 días.	Phibro Saude Animal Internacional Ltda.	Brasil	Comercial L & C
DERMO GARD* AQUA	MX159-43-02-7949	28/08/2022	Dihidroxoduro de etilendiamina (EDDI) 56.90 g	Peces de agua dulce Peces de agua salada	NO TIENE	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.
NÚCLEO ENRO-BLEND AQUA	MX159-07-01-9349	22/08/2023	Enrofloxacin base 700 g	Carpa (Cyprinus carpio) Carpa herbívora (Ctenopharyngodon idella) Salmón (Salmo salar) Tilapia (Oreochromis niloticus) Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)	Peces de agua dulce: Tilapia 56 días, Carpa herbívora 9 días, Salmón 60 días, Trucha arcoiris 60 días.	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.
NÚCLEO OXI-BLEND AQUA	MX159-07-01-9573	17/08/2023	Oxitetraciclina HCL 650 g	Bagre (Ictalurus spp.) Carpa (Cyprinus carpio) Jurel (Seriola quinqueradiata) Salmón (Salmo salar) Salmón de pacífico (Oncorhynchus rhodurus) Tilapia (Oreochromis niloticus) Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)	Tilapia: 15 días Carpa: 10 días Bagre: 21 días Trucha Arcoiris: 30 días Salmón Atlántico: 32 días Salmón del pacífico: 20 días Jurel: 20 días	Laboratorio AVI-MEX, S.A. de C.V.	México	Laboratorio Avi-mex de Guatemala, S.A.

(MAGA, 2019)

En el cuadro que se presenta anteriormente se pueden verificar los medicamentos autorizados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, por parte de la dirección de sanidad animal que están destinados para

uso acuícola siempre y cuando sigan los reglamentos de uso según el Reglamento Técnico Centroamericano.

3.7 Oxitetraciclina en la acuicultura

La oxitetraciclina es un Antibiótico bacteriostático del grupo de las tetraciclinas, el cual actúa impidiendo la formación de proteínas bacterianas necesarias para su supervivencia. En general se describe que este fármaco tiene un espectro antimicrobiano muy amplio, que incluyen una gran parte de bacterias Gram positivas y Gram negativas. Este antibiótico actúa sobre microorganismos en multiplicación (Korchi, 2006).

A nivel mundial la Oxitetraciclina (OTC) es uno de los agentes antibacterianos más utilizado en la acuicultura. La forma más habitual de administración de antibióticos en peces corresponde a su incorporación en el alimento. Cuando los productos farmacéuticos son administrados vía oral, éstos entran al medio ambiente como alimento no ingerido, o como eliminación vía urinaria o fecal. La oxitetraciclina es absorbida por los peces en un 60-80% cuando el estómago está vacío, sin embargo, por la presencia de cationes divalentes y trivalentes en el agua se disminuye su actividad antimicrobiana (Contreras & Normabuena, 2017).

3.8 Riesgos de los residuos de antibióticos en alimentos

Actualmente se utilizan los antibióticos indiscriminadamente en explotaciones de animales, lo cual a nivel mundial es alarmante pues estos residuos de antibióticos conservan propiedades potencialmente carcinogénicas y tóxicas e incluso tienen un potencial alérgico, por lo que el consumo de alimentos contaminados supone un riesgo directo para la salud pública. De igual manera, el uso inapropiado de antibióticos para la cría de animales y la producción de alimentos favorece la polifarmacorresistencia de las bacterias patógenas a los antibióticos utilizados como medicamentos en humanos (AGBIOPHARMA, 2020).

Se considera que los residuos de antibiótico suponen un riesgo para la seguridad del proceso de producción y, por ende, un riesgo económico, ya que al contener este tipo de residuos la comercialización internacional y nacional se pierde (AGBIOPHARMA, 2020).

3.9 Resistencia bacteriana

Hoy en día la resistencia antimicrobiana es actualmente reconocida como una de las mayores amenazas para la salud humana y constituye una de las causas más importante de muerte en el siglo XXI (Casana, 2017). En América Latina, tal como en países depauperados de otras regiones, llegó a convertirse en una gran amenaza. Sin duda, el mal uso y el abuso de antibióticos son la causa directa, pero es muy importante reconocer a la resistencia bacteriana como un problema multicausal de enorme complejidad (Ibarra, 2017).

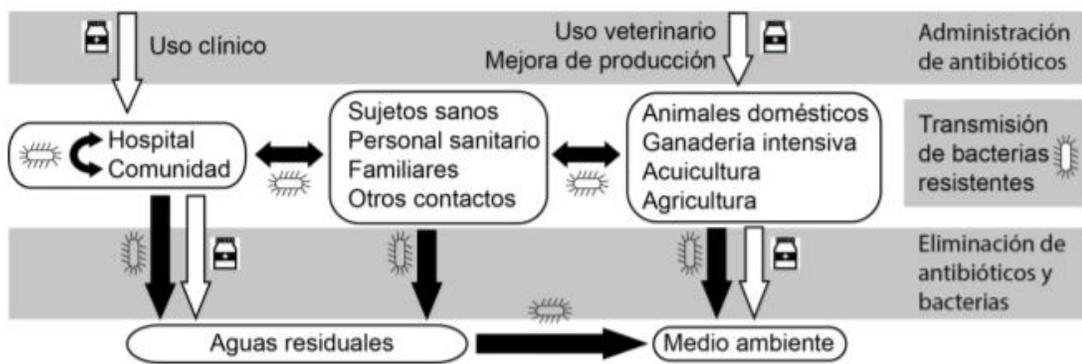
El uso de fármacos en la producción animal ha sido una práctica no regularizada que carece de control y supervisión, como consecuencia favorece el uso inadecuado de medicamentos causando el desarrollo de cepas resistentes a los antibióticos, tanto de bacterias patógenas como no patógenas (Cota et al., 2014).

Los antibióticos ejercen presión selectiva sobre las poblaciones bacterianas, o sea, que las bacterias están influenciadas por un antibiótico en la selección natural para promover que el grupo de individuos resistentes sobrevivan y se multipliquen y las sensibles sean eliminadas. De esta forma, los genes determinantes de resistencia se transfieren verticalmente a las células hijas, creando en consecuencia una población resistente que puede extenderse y acumularse con el tiempo, ya sea para uno o múltiples antibióticos, favoreciendo la selección de resistencia en especies ambientales como la generación de genes de resistencia a antibióticos o resistomas (Ibarra, 2017).

En la siguiente figura se puede apreciar las diferentes vías por las que las bacterias resistentes a antibióticos de origen animal pueden ser transmitidas al humano. Las cuales pueden resultar potencialmente patógenas para las personas.

Figura No. 5

Medios de transmisión de resistencia entre los distintos componentes del medio ambiente y del sistema sanitario.



(Casana, 2017)

3.10 Resistencia a agentes bacterianos relacionados con el uso en la acuicultura

Existe una preocupación generalizada de que el uso de los agentes antibacterianos en la acuicultura ha dado lugar a la aparición y selección de bacterias resistentes. Como se ha venido mencionando en los animales productores de alimentos mantenidos en condiciones intensivas, surgieron patógenos comunes con resistencia a las drogas de uso común. Se puede mencionar que la mayor frecuencia de resistencia a la penicilina de *Staphylococcus aureus* causa mastitis en granjas lecheras y también se resalta la resistencia que se ha informado sobre *Escherichia coli* en cerdos a sulfonamidas, estreptomycin y tetraciclina. Sin embargo, la respuesta en estas industrias ha sido pasar de un fármaco a otro a medida que aumenta la resistencia (Hamilton, 1990).

En acuicultura, es razonable suponer que ha sucedido algo similar, que el mayor uso de agentes antibacterianos ha llevado a un aumento en la incidencia de resistencia entre patógenos relevantes. La resistencia es causada o seleccionada por la presencia de agentes antibacterianos; agentes en concentraciones insuficientes para matar las bacterias tratadas, y la evidencia está comenzando a acumularse para permitir la identificación de las prácticas de alto riesgo en la acuicultura (Arthur et al, 1996).

Ya sea por mutación cromosómica, por transferencia de ADN o por selección, consecuencia de variantes resistentes se ve fuertemente favorecido por la exposición prolongada a concentraciones subinhibitorias del fármaco antibacteriano. Esta oportunidad puede surgir dentro de los peces, en el agua o en los sedimentos de los estanques de peces, o debajo jaulas para peces (Arthur et al, 1996).

Los antibacterianos pueden alcanzar el medio acuático y depositarse en los sedimentos como resultado de la lixiviación del alimento, inapetencia en los peces y excreción de metabolitos activos. Esto es particularmente importante en relación con los patógenos oportunistas ubicuos. Los niveles subinhibitorios también puede ocurrir en peces, debido a la administración de dosis insuficientes y durante el período de eliminación (Hamilton, 1990).

3.11 Límites máximos permitidos de oxitetraciclina en alimentos según Codex Alimentarius

Para proteger la salud de los consumidores, la mayoría de los países han establecido límites máximos de presencia de residuos de fármacos, plaguicidas, metales pesados, etc en los alimentos. Hablando del límite máximo de residuos (LMR) de residuos de medicamentos veterinarios se define como la concentración

máxima de residuos legalmente permitida en un producto alimenticio obtenido de un animal al que se le ha administrado un medicamento veterinario.

Las cantidades de residuos encontradas en los alimentos deben ser inocuas para los consumidores y lo más bajas posibles, por lo que el Codex Alimentarius establece LMR para todos los alimentos y piensos (FAO & OMS, 2018).

En el siguiente cuadro se encuentran los LMR de varios fármacos que corresponden al grupo de las tetraciclinas y se describe en varias especies y tejidos, sin embargo, nos enfocaremos en la oxitetraciclina y en la carne de pescado (resaltado en color celeste):

Cuadro No. 2
Cuadro representativo de los límites máximos de tetraciclina
en tejido animal

CLORTETRACICLINA / OXITETRACICLINA / TETRACICLINA (agentes antimicrobianos)				
Evaluación del JECFA: 45 (1995); 47 (1996); 50 (1998); 58 (2002)				
Ingesta diaria admisible: 0-30 µg/kg de peso corporal (JECFA50). Una IDA de grupo para clortetraciclina, oxitetraciclina y tetraciclina				
Definición del residuo: Compuesto originario, solo o combinado				
Especie	Tejido	LMR (µg/kg)	CAC	Notas
Vacuno / Vaca	Músculo	200	26 (2003)	
Vacuno / Vaca	Hígado	600	26 (2003)	
Vacuno / Vaca	Riñón	1 200	26 (2003)	
Vacuno / Vaca	Leche (µg/l)	100	26 (2003)	
Pescado	Músculo	200	26 (2003)	Se aplica solo a oxitetraciclina.
Langostino gigante (<i>Penaeus monodon</i>)	Músculo	200	26 (2003)	Se aplica solo a oxitetraciclina.
Cerdo	Músculo	200	26 (2003)	
Cerdo	Hígado	600	26 (2003)	
Cerdo	Riñón	1 200	26 (2003)	
Aves de corral	Músculo	200	26 (2003)	
Aves de corral	Hígado	600	26 (2003)	
Aves de corral	Riñón	1 200	26 (2003)	
Aves de corral	Huevos	400	26 (2003)	
Oveja	Músculo	200	26 (2003)	
Oveja	Hígado	600	26 (2003)	

(FAO & OMS, 2018)

3.12 Hipersensibilidad y otros efectos adversos provocados por la Oxitetraciclina

Las reacciones de hipersensibilidad (reacciones alérgicas) son diversas; de las cuales se pueden mencionar urticaria, dermatitis exfoliativa, exantema fijo medicamentoso y suelen ser manifestaciones de fotosensibilidad; edema periorbitario y anafilaxia son raros. No es infrecuente observar micosis (oral o vaginal en mujeres) y diarrea como consecuencia de la alteración de la flora saprofita. Una consecuencia grave, aunque rara, de esta alteración de la flora es la colitis pseudomembranosa. Tras la administración intravenosa pueden observarse localmente fenómenos de toxicidad tisular. Antiguamente, las tetraciclinas tras dosis elevadas fueron causa frecuente de insuficiencia renal y toxicidad hepática, especialmente en mujeres embarazadas. En la actualidad están contraindicadas en estos casos, por lo que son efectos raramente observado (Vicente & Pérez, 2010).

3.13 Reglamento sobre el uso de los antibióticos en Guatemala

Aquí en Guatemala no se tiene como tal un documento nacional específico de antibióticos del cual apoyarse, por lo que todas las entidades encargadas de velar por el cumplimiento del uso adecuado de los fármacos se apoyan con Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), específicamente el RTCA 65.05.51:08 *“Medicamentos veterinarios y productos afines, establecimientos que los fabrican, comercializan, fraccionan o almacenan. Requisitos de registro sanitario y control”* este reglamento aplica a los productos farmacéuticos, productos de medicina alternativa, productos químicos de uso exclusivo veterinario o en instalaciones pecuarias, productos biológicos de uso veterinario y productos de higiene y belleza usados en los animales, así como a los establecimientos que fabrican, comercializan, fraccionan o almacenan medicamentos para uso veterinario y productos afines en los países de la región centroamericana (RTCA, 2008).

Este documento contribuye a la fundamentación del uso de los medicamentos de uso veterinario y en este caso el uso de la oxitetraciclina. Otro documento que contribuye bastante en el uso de este tipo de medicamentos es el RTCA 65.02.52:11 *“Productos utilizados en la alimentación animal y establecimientos. Requisitos de registros sanitario y control.”* Este documento contribuye básicamente en los productos utilizados en alimentación animal, cualquier sea su origen, así como a los establecimientos que elaboran, comercializan, reempacan o almacenan productos utilizados en alimentación animal en los países de la región centroamericana (RTCA, 2018). Básicamente en este tipo de estudio nos ayuda porque en la acuicultura se medica mucho por medio de los piensos por el hecho de ser cultivos muy grandes, por lo que se considera que es otro documento importante en la ejecución del proyecto. La ventaja de este tipo de reglamentos radica en que toda Centroamérica se basa en ellos, por lo que se tiene el mismo reglamento con El Salvador quien es objeto de estudio, haciendo énfasis que los lineamientos serán similares. En la dirección de inocuidad también se basa en el Codex Alimentarius y en el reglamento de la Unión Europea.

3.14 Test Elisa Indirecto o Competitivo

Existen distintas técnicas disponibles para barrido rápido de muestras, pero en los últimos años las técnicas basadas en inmunoafinidad, como los test ELISA que consisten en ensayos con inmunosorbentes ligados a una enzima han sido muy usados para este tipo de análisis inicial debido su facilidad de uso, sensibilidad, son rápidos y permiten analizar gran número de muestras de forma simultánea (Acosta et al., 2014).

Cuadro No. 3

Ejemplos de Kits ELISA disponibles comercialmente para el análisis de sustancias promotoras de crecimiento.

Tipo de residuo	Grupo	Principal sustancia a detectar	Límite de detección (ng/mL)
Estrógenos	A 1	Dietilestilbestrol	0.2
Esteroides	A 3	Trembolona	0.5
Lactonas del ácido resorcílico	A 4	Zeranol	0.25
β-agonistas	A 5	Clembuterol	0.3
Antibióticos	A 6	Cloranfenicol	0.5
Antibióticos	B 1	Sulfonamidas	0.5
Antibióticos	B 1	Tilosina	5.0
Antibióticos	B 1	Gentamicina	1.5
Corticoides	B 2f	Dexametasona	2.5

(Reig, 2010)

Los límites de detección van a depender de la extracción y limpieza que se le haga a la muestra. Dependiendo de la matriz a analizar, la preparación de la muestra consta desde una simple dilución con tampón, en el caso más sencillo, hasta una hidrólisis enzimática y una extracción en fase sólida (Vásquez, 2017).

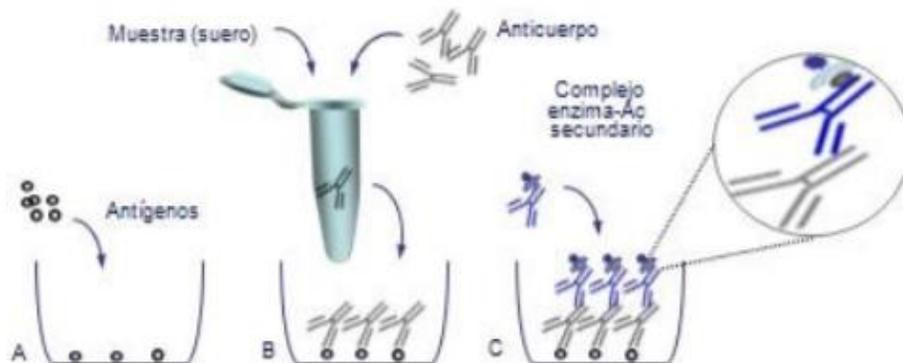
Los métodos inmunológicos son específicos para cada tipo de analito, están basados en una reacción antígeno-anticuerpo. En los últimos años se han desarrollado un gran número de inmunoensayos para la detección de residuos en alimentos. Las reacciones antígeno-anticuerpo han sido usadas durante muchos años para detectar una gran variedad de constituyentes de alimentos incluyendo las sustancias responsables de adulteraciones, medicamentos y contaminantes. La interacción antígeno anticuerpo es muy específica y útil en la detección de residuos

químicos y de medicamentos veterinarios que aparecen en los alimentos de origen animal. La técnica más usada consiste en un ensayo basado en una enzima ligada a un inmunosorbente (ELISA) y el sistema de detección por lectura espectrofotométrica. Hay diferentes formatos para la cuantificación por antígenos (Vásquez, 2017).

La prueba ELISA competitivo consiste en un anticuerpo primario. En una primera incubación se mezclan los anticuerpos específicos, el conjugado y se incuban con el extracto de las muestras a analizar o los patrones que contienen los antígenos. Los anticuerpos específicos se unen a los anticuerpos inmovilizados en el pocillo y al mismo tiempo el analito problema presente en la muestra compite con el conjugado enzimático por la unión en los sitios específicos de los anticuerpos. Después de un tiempo de incubación, los reactivos que no se han unido son eliminados de los pocillos mediante el lavado. La cantidad de conjugado unido se visualiza a través de la adición del sustrato cromógeno (tetrametilbenzidina), ósea, se añade el sustrato apropiado se incuban la placa y se desarrolla el color. Esta reacción finaliza con la adición de un ácido. Se mide la intensidad del color leyendo la absorbancia óptica a 450 nm, cuyo valor es inversamente proporcional a la concentración de analito problema en la muestra (Reig, 2010).

Figura No. 6

Esquemas de pasos más importantes del ensayo ELISA competitivo



A) Se fija el antígeno a los pocillos. B) Se añade al pocillo la muestra previamente incubada con el anticuerpo primario. C) Adición del anticuerpo secundario marcado con una enzima cuyo producto es coloreado (Reig, 2010).

Los resultados finales de la lectura colorimétrica se reflejan numéricamente mediante valores de absorbancia o densidad óptica que se obtendrán a la longitud de onda más adecuada para la coloración final alcanzada (Reig, 2010).

Cuadro No. 4

Límites de detección de Kits de ELISA para diferentes residuos y distintas**Matrices**

Tipo de residuo	Grupo	Matriz	Límite de Detección	Referencia
Eritromicina Tilosina	Antibiótico	Carne de bovino	0,4 ng/mL 4 ng/mL	Draisci et al, 2001.
Oxitetraciclina Clortetraciclina Tetraciclina		Carne de pollo	<EU MRL	De Walsch et al, 2001.
Bacitracina Tilosina Espiramicina Virginamicina Olaquinox		Pienso	1 µg/g	Situ y Elliott, 2005.
Sulfacorpiridacina		Carne de pollo	100 ng/g	Wang et al, 2006.
Tetraciclina		Plasma de cerdo	10 ng/mL	Lee et al, 2001.
Tilosina Tetraciclina		Agua	0,1 ng/mL 0,05 ng/mL	Kumar et al, 2004.
Cloranfenicol		Carne de pollo	6 ng/mL	Zhang et al., 2006.
Dietilestilbestrol	Estrógeno	Carne de pollo	0,07 ng/mL	Xu et al., 2006.
Hexoestrol		Carne de cerdo	0,07 ng/mL	Xu et al., 2006b.
Avermectina	Insecticida	Hígado de bovino	1,06 ng/mL	Shi et al., 2006.
Acetato de Medroxiprogesterona	Esteroides	Carne de pollo	0,096 ng/mL	Chifang et al., 2006.
Semicarbacida	Nitrofurano	Carne de pollo	CCβ=0,25 ng/g	Cooper et al., 2007a.
Dimetridazol Metronidazol Ronidazol Hidroimidimetridazol Ipronidazol	Nitroimidazol	Carne de pollo	CCβ= 2 ng/g CCβ= 10 ng/g CCβ= 20 ng/g CCβ= 20 ng/g CCβ= 40 ng/g	Huet et al., 2005.
Azaperol Azaperona Carazolol Acepromacina Clorpromacina Propionilpromacina	Tranquilizantes	Riñón de cerdo	5 ng/g 15 ng/g 5 ng/g 5 ng/g 20 ng/g 5 ng/g	Cooper et al., 2007b.

(Reig, 2010)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Recurso humano

- Estudiante investigador
- Asesor
- Inspectores oficiales de alimentos, pertenecientes a la Dirección de Inocuidad del Departamento de Productos de Origen Animal e Hidrobiológicos.

4.1.2 Recurso biológico

- Aproximadamente 14-18 muestras compuestas de tilapia eviscerada (*Oreochromis niloticus*).

4.1.3 Recursos de campo

- 2 hieleras grandes.
- Hielo seco pequeño y grande
- Guantes estériles.
- Marcador permanente.
- Lapicero.
- Tabla de apoyo.
- Sticker identificador del MAGA.
- Aproximadamente 42-54 bolsas plásticas estériles con cierre patentado WHIRL-PAK de 100ml.
- Hoja de solicitud para el laboratorio.
- Vehículo.
- Gasolina.

4.1.4 Recursos tecnológicos

- Computadora.
- Impresora.
- Servicio de internet
- Resma de papel

4.1.5 Recursos de laboratorio

- Pago de muestras enviadas

4.2 Metodología

4.2.1 Diseño del estudio

Estudio descriptivo de corte transversal, procedimiento no experimental con ausencia de seguimiento en el que la muestra es estudiada en un periodo de tiempo corto.

4.2.2 Población

La población del estudio es representada por lotes de Tilapia del Nilo eviscerada (*Oreochromis niloticus*) importada durante los meses de diciembre 2020 a febrero 2021 proveniente de El Salvador.

4.2.3 Muestra

Ya que en Guatemala no se cuenta con una norma específica para el muestreo de tilapia, se basa en el artículo 138 del decreto 90-97 Código de Salud el cual describe que en ausencia de normas nacionales para casos específicos o que estas sean insuficientes o desactualizadas, se aplicarán supletoriamente las de Codex Alimentarius y otras normas reconocidas internacionalmente, internacionalmente y, en su caso, las disposiciones emitidas por las autoridades

superiores en materia sanitaria de alimentos. Por lo cual se toma como base el muestreo de la Directiva de la comisión de la Unión Europea no. 96/23, la cual define que se deben de tomar una muestra cada 100 toneladas. Sin embargo, tomando en cuenta que la cantidad importada en un año es menor a 1,100 toneladas, lo cual significaría que en un año se tomarían 10 muestras, se decidió que para objeto de estudio se tomará una muestra por importación de manera aleatoria durante 3 meses para dar inicio a una base de datos.

Se tomará tres muestras por lote, ya que una se envía a laboratorio, y las otras dos se quedan como contramuestra en caso de que la enviada al laboratorio salga positiva se enviarán las contramuestras para corroborar el análisis. Se toma una muestra por lote ya que esta es representativa por el tipo de producción que tiene la Tilapia del Nilo, ya que la única manera que se les administre el antibiótico a este tipo de animales es por medio de alimento en la piscina, es decir en conjunto.

4.2.4 Muestreo

1. Las empresas que solicitan importar tilapia eviscerada, *Oreochromis niloticus* de El Salvador piden autorización por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para ingresar dicho producto a Guatemala.
2. Esta solicitud ingresa una semana previa a la llegada del producto, cuando es revisada y aprobada por el MAGA se coordina con la empresa para realizar el muestreo.
3. El producto ingresa por vía terrestre en furgones que son descargados directamente en la empresa, cuando se coordina con la empresa el delegado del MAGA procede a romper el marchamo y se continua a realizar la toma de muestra.
4. Se tomarán 3 muestras de diferentes puntos por cada importación seleccionada al azar, se colocarán en bolsas estériles para evitar que se

modifique la composición de la muestra durante el transporte o su almacenamiento y serán identificadas con código del MAGA, código que servirá para su posterior análisis por parte del investigador.

5. Cada muestra debe de componer un total de 500gr, por lo que mientras se muestrea se va pesando en una pesa digital.
6. Las muestras se colocarán en hielera con suficiente hielo y/o hielo seco para mantenerlas en una temperatura adecuada proporcionándoles una protección adecuada contra la contaminación, contra la pérdida de analitos por su absorción en su pared interna y contra daños durante el transporte.
7. Se conservarán un tiempo en el congelador del MAGA mientras se notifica al laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario VISAR-MAGA para la recepción de muestras.
8. Posteriormente es transportado nuevamente con hileras a dicho laboratorio ubicado en el km 22 carretera 9, Villa Nueva.
9. El laboratorio trabaja con un barrido del Test de Elisa competitivo. El cual da resultados cuantitativos.
10. Se espera recibir los resultados por parte del laboratorio en un lapso de 8-10 días posterior a cada muestreo.

4.2.5 Análisis de datos

Para el análisis de datos se realizará una estadística descriptiva, distribución porcentual y medias.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Durante 3 meses se estuvieron monitoreando las importaciones de tilapia eviscerada provenientes de El Salvador, dicho monitoreo se realizó a través de la Dirección de inocuidad del Ministerio Agricultura, Ganadería y Alimentación por medio de su sistema especial de importaciones y exportaciones.

Cuadro No. 5

Resultados cuantitativos representados en partes por billón (ppb) de oxitetraciclina en carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) importada a Guatemala proveniente de El Salvador.

No.	Código de muestra	Producto	Análisis	Resultado	Unidad de medida
1.	MI13112004	Carne tilapia	oxitetraciclina	9.312	ppb
2.	MI09122005	Carne tilapia	oxitetraciclina	11.731	ppb
3.	MI09122006	Carne tilapia	oxitetraciclina	19.920	ppb
4.	MI09122007	Carne tilapia	oxitetraciclina	18.638	ppb
5.	MI09122008	Carne tilapia	oxitetraciclina	13.536	ppb
6.	MI09122009	Carne tilapia	oxitetraciclina	11.731	ppb
7.	MI19012103	Carne tilapia	oxitetraciclina	7.476	ppb
8.	MI09122010	Carne tilapia	oxitetraciclina	18.086	ppb
9.	MI19012106	Carne tilapia	oxitetraciclina	10.469	ppb
10.	MI19012105	Carne tilapia	oxitetraciclina	7.774	ppb
11.	MI09022108	Carne tilapia	oxitetraciclina	7.241	ppb
12.	MI19012107	Carne tilapia	oxitetraciclina	5.928	ppb
13.	MI09022109	Carne tilapia	oxitetraciclina	14.107	ppb
14.	MI09022110	Carne tilapia	oxitetraciclina	13.606	ppb
15.	MI09022112	Carne tilapia	oxitetraciclina	10.469	ppb
16.	MI09022111	Carne tilapia	oxitetraciclina	13.678	ppb
17.	MI09022113	Carne tilapia	oxitetraciclina	14.614	ppb
18.	MI09022114	Carne tilapia	oxitetraciclina	15.271	ppb

Fuente: Elaboración propia
Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No. 5 se presentan los resultados obtenidos en partes por billón (ppb) de 18 muestras de carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) analizadas para determinar la presencia y si dichas muestras corresponden al límite máximo permitido de oxitetraciclina por medio de la prueba de Elisa competitivo que tiene ventaja de ser un test con alta sensibilidad, facilidad y de rápido uso.

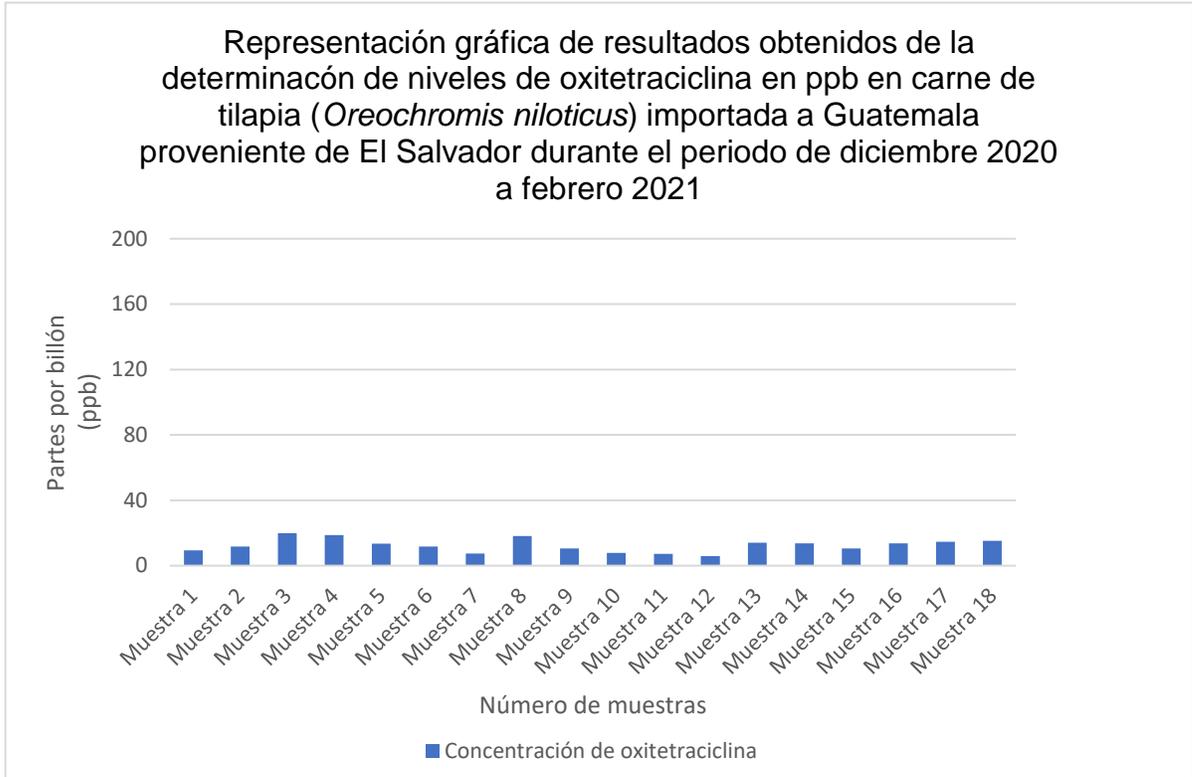
Cuadro No. 6

Resultados de presencia de residuos de oxitetraciclina en carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) importada a Guatemala proveniente de El salvador durante el periodo de diciembre 2020 a febrero 2021

Mes de recolección	Número de muestras	Positivo +	Negativo -	Total
Diciembre 2020	8	8	0	8
Enero 2021	6	6	0	6
Febrero 2021	4	4	0	4
TOTAL: 18 muestras de carne de tilapia de importaciones provenientes de El Salvador				

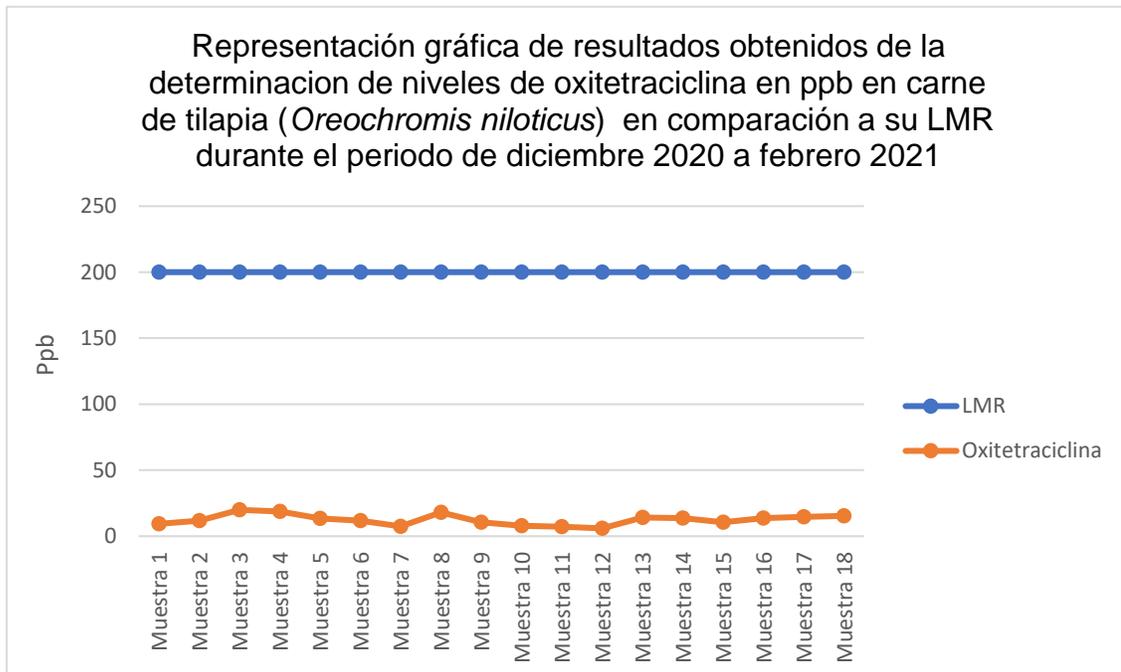
Fuente: Elaboración propia

Figura No. 7



Fuente: Elaboración propia.

Figura No. 8



Fuente: Elaboración propia

Discusión

En el cuadro no. 6 se puede observar que los resultados obtenidos de las 18 muestras son positivos, aun así, la concentración descrita se encuentra debajo del límite máximo de referencia según CX/MLR 2-2018 del Codex Alimentarius donde establece que el límite máximo de residuo permitido en pescado (músculo) es de 200 ug/kg (ppb) (FAO & OMS, 2018), dato que se puede interpretar de mejor manera en la figura no. 7 y la figura no. 8 por lo que podemos considerar que la tilapia (*Oreochromis niloticus*) eviscerada proveniente de El Salvador no es un peligro para la salud del consumidor sin embargo a largo plazo puede llegar a serlo.

La tilapia ocupa el tercer lugar en la producción acuícola de Latinoamérica. La producción de esta especie ha tenido un incremento significativo en las últimas dos décadas. Son bien conocidas los beneficios alimenticios de la tilapia y de los productos pesqueros en general en el desarrollo y en la salud humana, debido a su gran aporte nutricional de minerales, aminoácidos y ácidos grasos lo cuales son requeridos en la dieta humana (Palomo, 2017). Por dicha razón la inocuidad e idoneidad en esta área es de gran interés.

A pesar de que los resultados adquiridos se encuentran debajo del límite máximo permitido el hecho de haber obtenido el 100% de positividad a presencia de oxitetraciclina en todas las muestras significa que se está utilizando durante la producción de tilapia lo cual da una señal de alerta para el consumidor guatemalteco, ya que el consumo a largo plazo de este medicamento puede ocasionar resistencia bacteriana y de esta manera desencadenar múltiples problemáticas en la salud pública. Esta exposición crónica a cantidades muy pequeñas de múltiples compuestos pueden ser más perjudicial para la salud que las dosis terapéuticas durante periodos cortos (Casana, 2017).

Lo descrito previamente se puede fundamentar ya que han existido casos donde la aprobación del uso anteriormente en la medicina veterinaria que en la humana ha dado lugar a aislados resistentes previo al uso en humanos, como ocurrió con la virginiamicina (Casana, 2017). La problemática de la resistencia antimicrobiana (RAM) representa una amenaza sanitaria global creciente, se calcula que para el 2050, el número de muertes alcanzará los 10 millones por año (OPS, 2019).

De las problemáticas más significativas provocadas por la oxitetraciclina se ha descrito que pueden generar insuficiencia renal, toxicidad hepática y sobre todo las diversas reacciones de hipersensibilidad que traen como consecuencia enfermedades como urticaria, dermatitis exfoliativa, exantema fijo medicamentoso entre otras (Vicente & Pérez, 2010). Tomando en cuenta lo descrito anteriormente el problema que existe de haber obtenido el 100% de positividad radica en que, si este tipo de producto es consumido por personas que sufran de problemas de hipersensibilidad, hepáticos o renales por muy bajo que sea el residuo puede contribuir a desencadenar y/o aumentar el riesgo de generar enfermedades como las descritas previamente.

Durante los últimos años se tiene reportado un promedio de 891.57 toneladas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) proveniente de El Salvador (MAGA, 2019). Esta cantidad importada llega a preocupar ya que todo es para venta y consumo guatemalteco y según los resultados obtenidos durante el estudio el 100% de las muestras resultaron positivas, existe la posibilidad de que la mayoría de la tilapia importada contiene trazas de oxitetraciclina. Sin embargo, se necesita un monitoreo constante de importaciones para verificar la inocuidad e idoneidad de dicho producto.

VI. CONCLUSIONES

- De las 18 muestras de carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) analizadas, se determinó que el 100% presentan residuos de oxitetraciclina.
- Los valores encontrados de oxitetraciclina en carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) son inferiores a los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius.

VII. RECOMENDACIONES

- A los productores dedicados a la crianza y producción de tilapia se recomienda mejorar su sistema de producción y/o evitar el uso de antibióticos para obtener un producto totalmente inocuo.
- Se recomienda al Departamento de Productos de origen animal e hidrobiológicos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación ampliar los sistemas de monitoreo de antibióticos de las próximas importaciones e incluso de la producción nacional para asegurar la calidad e inocuidad de la tilapia consumida en Guatemala.

VIII. RESUMEN

En los últimos años la acuicultura ha crecido más rápido que otros sectores principales de la producción de alimentos provocando que el pescado y los productos pesqueros sean algunos de los alimentos más comercializados actualmente. Con dicho aumento se ha visto el incremento del uso de cierto antimicrobianos como lo es la oxitetraciclina. Este medicamento es de importancia para el estudio ya que su presencia en el alimento puede desencadenar múltiples problemáticas a nivel de la salud pública y con la resistencia bacteriana.

En esta investigación se determinó la presencia y concentración de oxitetraciclina en muestras de tilapia eviscerada (*Oreochromis niloticus*), importado de El Salvador y se logró establecer que estos se encuentran dentro del límite máximo permitido que establece el Codex Alimentarius.

Se realizó un muestreo por conveniencia por un periodo de 3 meses, donde el grupo de estudio fue la tilapia (*Oreochromis niloticus*) eviscerada importada de El Salvador durante los meses de diciembre del 2020, enero y febrero del 2021. Se recolectaron las muestras directamente del furgón donde era transportado, con las debidas precauciones para no modificar su composición.

Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario VISAR-MAGA, mediante la técnica de Elisa Competitivo. Se tomó en cuenta que la realización del análisis de la muestra debe estar autorizado por el MAGA, según el Acuerdo Ministerial no. 1128-2001.

Los resultados obtenidos demostraron la presencia de oxitetraciclina en la totalidad de las muestras con limites inferiores a los límites máximos de referencia permitidos por el Codex Alimentarius.

SUMMARY

In recent years aquaculture has grown faster than other major sectors of food production making fish and fishery products some of the most widely traded foods today. That's why the use of certain antimicrobials such as oxytetracycline has increase. This drug is important for the study since its presence in food can trigger multiple problems at the public health level and with bacterial resistance.

In this investigation, the presence and concentration of oxytetracycline was determined in samples of gutted tilapia (*Oreochromis niloticus*), imported from El Salvador, and it was possible to establish that these are within the maximum permitted limit established by the Codex Alimentarius.

A convenience sampling was carried out for a period of 3 months, where the study group was the gutted tilapia (*Oreochromis niloticus*) imported from El Salvador during the months of December 2020, January, and February 2021. The samples were collected directly from the crate where it was transported, with due precautions not to modify its composition.

The samples were analyzed by the VISAR-MAGA Phytosanitary Diagnostic Laboratory, using the Elisa Competitive test. It was considered that the analysis of the sample must be authorized by MAGA, according to Ministerial Agreement no. 1128-2001.

The results obtained demonstrated the presence of oxytetracycline in all the samples with limits lower than the maximum reference limits allowed by the Codex Alimentarius.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, S. M., Romero, M., & Taborda, G. (2014). Determinación de residuos de oxitetraciclina en muestras de carne bovina. *Luna Azul*, 39, 143–152.
- ACRUPOSA. (2018). *Perfil del mercado y competitividad exportadora de la Tilapia*. Recuperado de https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/publicaciones/Tilapia.pdf
- AGBIOPHARM, R. (2020). *Residuos de antibióticos*. Recuperado de <https://food.r-biopharm.com/es/analitos/residuos-y-contaminantes/residuos-antibioticos/>
- Anadón, A. (2007). *Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública* (Discursos de ingerso). Instituto de España, Real Academia de Ciencias Veterinarias, España.
- Arthur, J., Lavilla C., & Subasinghe, R. (Eds.) (1996). *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia* (Issue May). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Casana, C. (2017). *El uso de antibióticos en la Industria Alimentaria y su contribución al desarrollo de resistencias, determinantes de la diseminación de la resistencia a la colistina*. (Tesis de Licenciatura) Universidad de Complutense, Facultad de Farmacia. Madrid.
- Contreras, S., & Normabuena. L. (2017). *Impactos asociados con el uso extra etiqueta del principio activo de oxitetraciclina, vía intraperitoneal en centros de cultivo de salmónidos sobre el programa de control de fármacos vigente*. (Informe Final). Chile: IFOP.



Cota, E., Hurtado, L., Pérez, E., & Alcántara, L. (2014). *Resistencia a antibióticos de cepas bacterianas aisladas de animales destinados al consumo humano. Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(1), 75–85.

Norzagaray, M., Espinosa, L., Apún, J., & Muñoz, P. (2011). *Análisis numérico para la determinación de efectos geográficos endos variedades de tilapias Oreochromis nilóticos (Stirling y Chitralada). Revista Aquatic*, 9(10), 11–15.

FAO, & OMS. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura & Organización Mundial de la Salud, (2018). *Límites máximos de residuos (LMR) y recomendaciones sobre La Gestión de Riesgos (RGR) para residuos de medicamentos veterinarios. In Codex Alimentarius, Normas Internacionales de los Alimentos.*

Grande, B., Falcón, M. S., & Gándara, J. (2000). *El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual the use of antibiotics in animal feeds: an actual perspective o uso dos antibióticos Na alimentación animal: Perspectiva Actual. Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 39–47.

Hamilton, J. (1990). *The emergence of antibiotic resistance: myths and facts in clinical practice. Care Med*, 16(13), 206–211.

Ibarra, E. M. (2017). *Análisis del comportamiento de los principales géneros bacterianos frente a antimicrobianos, obtenidos a partir de muestras clínicas de origen animal remitidas a un laboratorio veterinario de la ciudad de Cali, Colombia durantel los años 2013-2014. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias, Argentina.*

Korchi, G. (2006). *Farmacocinética y eficacia de oxitetraciclina tras su administración intramuscular en bovino. (Tesis de doctorado). Universidad*



Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria. Barcelona.

MAGA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, (2019). *Medicamentos registrados para uso acuícola*. (Inf-2019-11). Guatemala: Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones; Dirección de Sanidad Animal.

Norzagaray, M., Muñoz, P., Sánchez, L., Capurro, L., & Llanes, O. (2012). Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. *AquaTIC: Revista Electrónica de Acuicultura*, 37, 20–25.

OPS. Organización Panamericana de la Salud, (2019). *Descripción general del Programa Especial de RAM en la OPS: desafíos y oportunidades- Pilar Ramon-Pardo, PAHO AMR*. 30. Recuperado de <https://www.paho.org/es/node/68934>

Palomo, M. (2017). Análisis y plan de trabajo estratégico de la agrocadena de la Tilapia 2017-2020. (Inf-2017-2020). Guatemala, Ministerios de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Serviprensa S.A.

Poot, G. R., Gasca, E., & Olvera, M. A. (2012). *Producción de tilapia nilótica (Oreochromis niloticus L.) utilizando hojas de chaya (Cnidoscolus chayamansa McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 835–846. Doi: 10.3856/vol40-issue4-fulltext-2.

Reig, M. M. (2010). *Desarrollo de métodos rápidos de detección de residuos medicamentosos en animales de granja*. (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia. España.



RTCA. Reglamento Técnico Centroamericano, (2008). Medicamentos veterinarios y productos afines, establecimientos que los fabrican, comercializan, fraccionan o almacenan. Requisitos de registro sanitario y control. (RTCA 65.05.51:08). Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

RTCA. Reglamento Técnico Centroamericano. (2018). *Productos utilizados en la alimentación animal y establecimientos. Requisitos de registros sanitario y control.* (RTCA 65.05.52: 11). Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Vásquez, N. (2017). Determinación de oxitetraciclina, en muestras de miel de abejas de explotaciones apícolas de la provincia de Pichincha-Ecuador, mediante la técnica ELISA. (Tesis de licenciatura). Universidad central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ecuador.

Vicente, D. & Pérez, E. (2010). *Tetraciclinas, sulfamidas y metronidazol. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 28(2), 122–130. Doi: doi:10.1016/j.eimc.2009.10.002.

Wang, Q., Liu, Q., & Li, J. (2004). *Tissue distribution and elimination of oxytetracycline in perch *Lateolabrus janopicus* and black seabream (*Sparus macrocephalus*) following oral administration.* *Aquaculture*, 237(1–4), 31–40. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.03.016.

Wicki, G. A. (1997). Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *AquaTIC. Revista Científica Internacional de Acuicultura En Español*, (2), 10.



X. ANEXOS

Figura No. 10
Recolección de muestras en bolsas whirl-pak



Figura No. 11
Transporte de muestras



Figura No. 12
Conservación de muestras antes de envío a laboratorio.

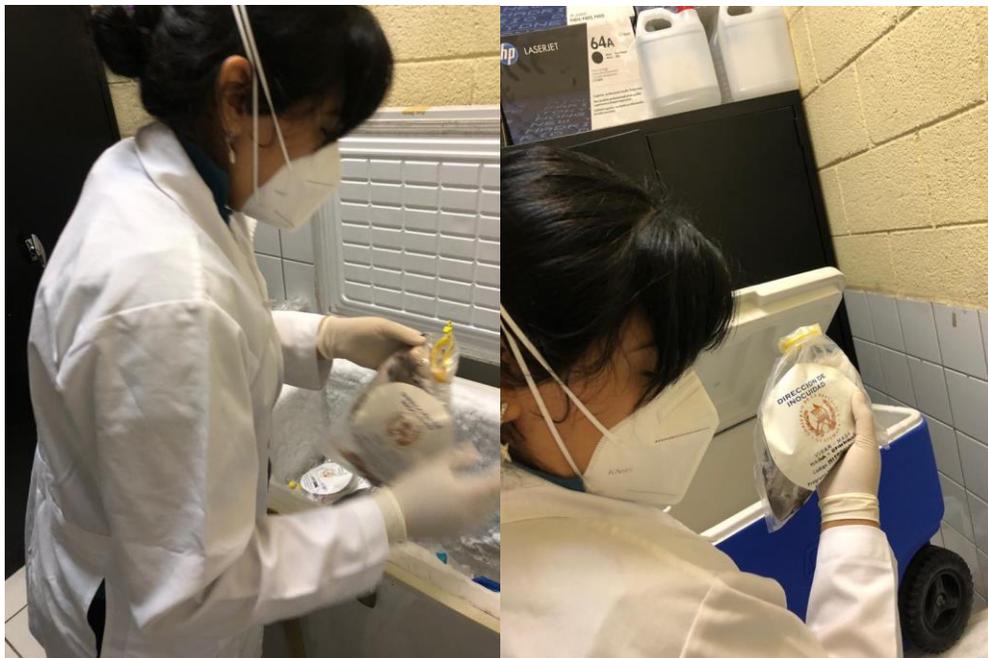


Figura No. 13

Ejemplo de entrega de resultados



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALVARADO GUERRA

MINISTERIO DE
AGRICULTURA,
GANADERÍA Y
ALIMENTACIÓN



Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones
Dirección de Inocuidad

Laboratorio de Inocuidad de los Alimentos VISAR/MAGA

Informe de Ensayo

Remitente: MV. Denis Aldana (MAGA)
Establecimiento: No Especifica
Dirección: No Especifica
Tipo de Muestra: Tilapia entera
Tipo de Recipiente: Bolsa Whirl-Pak
Registro No. LIA: F-2100200103
Lote: 107382 MI13112004

Ingreso de la muestra: 12-02-2021
Emisión de Resultados: 16-03-2021

Oxitetraciclina

Resultado	Unidad de medida	L.D
9.312	Ppb	3.60 ppb

Método: Elisa

L.D: Límite de Detección

N.D: No detectado

Observaciones:

*Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como se entrega (ron) y no necesariamente al lote entero del cual se toma (ron). El laboratorio no se hace responsable por la toma de la muestra. **NOTA IMPORTANTE:** El usuario(a) tiene 7 días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Analista Responsable

M.V. Lylian Reyes

Laboratorio de Diagnóstico de Inocuidad
Km. 24 Carretera al Pacífico
Barrancas, Villa Nueva
DIRECCIÓN DE INOCUIDAD
VISAR-MAGA

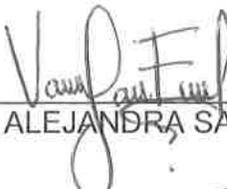


Ultima línea

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización por parte del Laboratorio de Inocuidad de Los Alimentos VISAR/MAGA

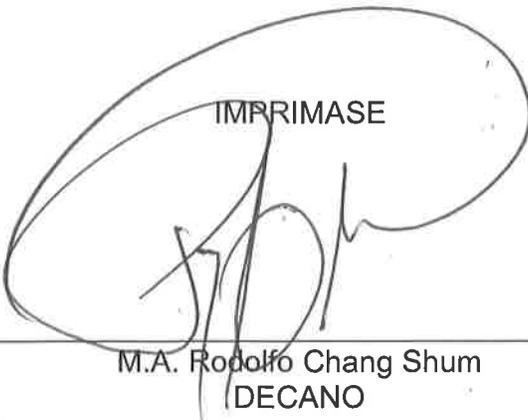
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

“DETERMINACIÓN EXPLORATORIA DE RESIDUOS DE
OXITETRACICLINA EN CARNE DE TILAPIA (*Oreochromis
niloticus*) IMPORTADA A GUATEMALA PROVENIENTE DE EL
SALVADOR DURANTE DICIEMBRE 2020 A FEBRERO 2021”.

f. 
VALERIA ALEJANDRA SANTISTEBAN ELIZONDO

f. 
M.V. Wilson Valdez Melgar
ASESOR PRINCIPAL

f. 
M.Sc Héctor Eduardo Fuentes Rousselin
EVALUADOR

IMPRIMASE
f. 
M.A. Rodolfo Chang Shum
DECANO

