



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DOCTORADO EN CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO

TESIS

INVESTIGACIÓN, PROCESAMIENTO Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA PARA LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis
niloticus*) EN LA REGIÓN PAPALOAPAN DEL ESTADO DE
OAXACA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y
TECNOLÓGICO

PRESENTA:

CAROLINA ANTONIO ESTRADA

DIRIGIDA POR:

DR. IVÁN ANTONIO GARCÍA MONTALVO

ASESORES:

DRA. ALMA DOLORES PÉREZ SANTIAGO
DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
DR. CARLOS ALBERTO MATIAS CERVANTES
DR. EDUARDO PÉREZ CAMPOS

OAXACA DE JUÁREZ, OAXACA, SEPTIEMBRE DEL 2023



Oaxaca de Juárez; Oax, **24/agosto/2023**
OFICIO No. DEPI/0773/2023
ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

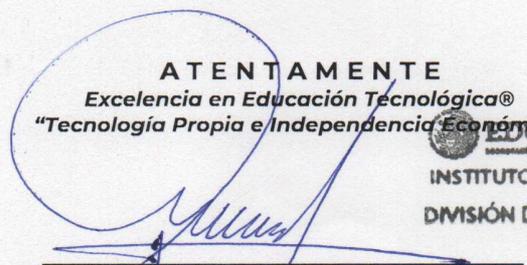
**C. CAROLINA ANTONIO ESTRADA
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO
PRESENTE.**

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Tutorial le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, cuyo título es:

Investigación, procesamiento y transferencia tecnológica para la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región Papaloapan del estado de Oaxaca

La división a mi cargo le concede la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Tecnología Propia e Independencia Económica"



EDUCACIÓN | **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p. Expediente
MASM/FDHP/*





Oaxaca de Juárez; Oax, **24/agosto/2023**

OFICIO No.DEPI/0772/2023

ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

**C. CAROLINA ANTONIO ESTRADA
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO
PRESENTE.**

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Tutorial le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, cuyo título es:

Investigación, procesamiento y transferencia tecnológica para la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región Papaloapan del estado de Oaxaca

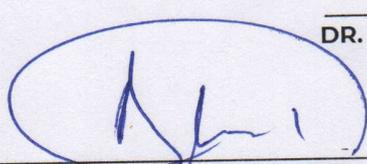
Los abajo firmantes del H. Comité Tutorial le concedemos la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE

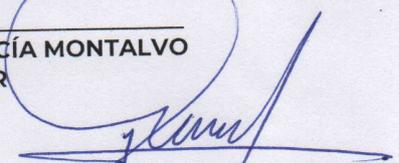
*Excelencia en Educación Tecnológica®
"Tecnología Propia e Independencia Económica"*



DR. IVÁN ANTONIO GARCÍA MONTALVO
DIRECTOR



DRA. ALMA DOLORES PÉREZ SANTIAGO
ASESORA



DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
ASESOR



DRA. CARLOS ALBERTO MATÍAS CERVANTES
ASESOR



DRA. EDUARDO LORENZO PÉREZ CAMPOS
ASESOR

Vo. Bo. 

DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p. Expediente
MASM/FDH/P/*





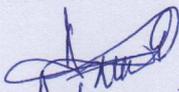
CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS.

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 21 del mes agosto del año 2023, el(la) que suscribe Carolina Antonio Estrada estudiante de programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, con número de control D 19161663, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis, que se desarrolló bajo la dirección de Dr. Iván Antonio García Montalvo y cede los derechos del trabajo titulado Investigación, Procesamiento y Transferencia tecnológica para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región Papaloapan del estado de Oaxaca al TecNM/Instituto Tecnológico de Oaxaca para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información del presente trabajo no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido solicitándolo a la siguiente dirección: carolina_ibq210780@hotmail.com.

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente


Carolina Antonio Estrada

Nombre y firma



DEDICATORIA-AGRADECIMIENTOS

Agradezco siempre a Dios por enviarme tantas bendiciones en mi vida. A él dedico este trabajo, porque con su ayuda todo ha sido y será siempre posible.

Dedico también este trabajo a mi princesa Ceci, a mi hermoso pequeño Chuchin y al mejor esposo del mundo Héctor. Gracias por todo el amor y apoyo que siempre me dan, esta también es tesis de ustedes. Los amo.

A mi querida mamita que está en el cielo porque ella siempre fue mi inspiración.

A mi asesor, gracias por confiar y creer en mí.

A los doctores integrantes de mi comité Tutorial, por su ayuda en este camino y proceso de formación académica.

Agradezco infinitamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por darme la oportunidad de obtener la beca y seguir creciendo académicamente.

ÍNDICE

	Pág.
Oficio de Autorización de tesis de la DEPI.....	i
Autorización de impresión de tesis del H. Jurado Revisor.....	ii
Carta de cesión de derechos.....	iii
Dedicatoria, agradecimientos.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1. Región del alto Papaloapan.....	5
2.2. Diversidad de cultivos y prácticas comerciales en la región del Papaloapan....	6
2.3. Desarrollo Regional y Tecnológico en el Papaloapan.....	8
2.4. Acuicultura en la región del Papaloapan.....	9
2.5. Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	11
2.6. Cultivo de tilapia (<i>O. niloticus</i>) en el estado de Oaxaca.....	13
2.7. Comercialización de la tilapia del Nilo.....	13
2.8. Valor nutritivo de productos acuícolas.....	15
2.9. Situación actual de la alimentación en el estado de Oaxaca y en México.....	16
2.10. Necesidades nutricionales.....	18
2.11. Enfermedades relacionadas con la alimentación.....	19
3. PROBLEMÁTICA.....	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	21
5. OBJETIVOS.....	22
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
6.1. Materia prima.....	23
6.2. Lugar de Análisis.....	23

6.3. Métodos.....	23
6.3.1. Características de la acuicultura en la región del Papaloapan, Oaxaca, México.....	25
6.3.2. Caracterización de la muestra.....	25
6.3.2.1. Caracterización física y rendimiento.....	26
6.3.2.2. Caracterización químico-proximal.....	27
6.3.2.3. Caracterización sanitaria.....	28
6.3.3. Manejo postcosecha.....	32
6.4.3.1. Aturdimiento.....	32
6.4.3.2. Desinfección del filete.....	32
6.3.4. Formulación de un producto alimenticio a base de tilapia (<i>O. niloticus</i>). ..	33
6.3.4.1. Caracterización bioquímica.....	34
6.3.4.2. Caracterización fisicoquímica.....	34
6.3.4.3. Caracterización microbiológica.....	35
6.3.5. Monitoreo de características fisicoquímicas y mesófilos aerobios en un producto derivado de tilapia del Nilo.....	35
6.3.6. Estudio de mercado.....	36
6.3.7. Transferencia tecnológica a productores de tilapia de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.....	36
6.3.8. Análisis estadístico.....	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
7.1. Características generales de la acuicultura en el Papaloapan, Oaxaca, México. ..	38
7.2. Características de la tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.....	41
7.2.1. Características físicas y Rendimientos.....	42
7.2.2. Características químicas.....	43
7.2.3. Características microbiológicas.....	45
7.2.4. Características parasitológicas.....	47
7.3. Aturdimiento de la tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>).....	48
7.4. Desinfección del filete de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>).....	49

7.5. Características de un embutido de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) tipo chorizo rojo mexicano.....	50
7.5.1. Características químicas-bioquímicas.....	51
7.5.2. Características fisicoquímicas.....	52
7.5.3. Características microbiológicas.....	53
7.6. Monitoreo del chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) durante el almacenamiento.....	54
7.7. Estudio de mercado para el consumo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) y Derivados.....	56
7.8. Transferencia de resultados.....	57
8. CONCLUSIONES.....	60
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
10. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
6.1. Formulación del embutido de tilapia del Nilo, tipo chorizo rojo mexicano.....	33
7.1. Características físicas de tilapia del Nilo cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.....	42
7.2. Componentes bioquímicos presentes en 100 g de tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) de talla comercial grande.....	44
7.3. Unidades Formadoras de Colonias presentes en ejemplares de tilapia del Nilo cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.....	46
7.4. Intensidad parasitaria en tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) con base en la talla de cultivo.....	47
7.5. Porcentaje presente de componentes bioquímicos en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	51
7.6. Características fisicoquímicas en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>).	52
7.7. Calidad microbiológica del chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>).....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
2.1. División geoestadística del estado de Oaxaca.....	5
2.2. Comercialización de la producción de tilapia a nivel mundial.....	14
6.1. Estrategia experimental de análisis, procesamiento y transferencia de tecnología para la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) en la región del alto Papaloapan en el estado de Oaxaca.....	24
6.2. Características físicas medidas en la tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>).....	26
6.3. Metodología general para la elaboración del embutido de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) tipo chorizo rojo mexicano.....	34
7.1. Rendimientos de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) en tres tallas comerciales.....	43
7.2. Tiempos de aturdimiento en tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>)	49
7.3. Unidades Formadoras de Colonias presentes en filete de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) bajo diferentes tratamientos de desinfección.....	50
7.4. Variación de mesófilos aerobios en chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) a dos temperaturas de almacenamiento.....	54
7.5. Variación del pH en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) a dos temperaturas de almacenamiento.....	55
7.6. Variación de la actividad de agua (a_w) en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) a dos temperaturas de almacenamiento.....	55
7.7. Bitácoras, a) Diaria, b) Semanal, c) Quincenal y d) Mensual, para el control de la actividad acuícola en el embalse de la Presa Miguel de la Madrid Hurtado.....	58
7.8. Entrega de resultados a productores de tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>) y acompañamiento técnico en campo.....	59

RESUMEN

Actualmente las presas Miguel de la Madrid Hurtado y Miguel Alemán son consideradas como excelentes recursos hídricos para el crecimiento de la acuicultura en la región Papaloapan en el estado de Oaxaca. Sin embargo, las expectativas que se tenían hasta hace una década acerca de la aportación de esta práctica al desarrollo tecnológico de la región, aún no se han logrado, por el contrario, con el pasar de los años, el número de acuicultores y producción acuícola se ha reducido drásticamente. A partir de entrevistas personales con productores, el presente trabajo realizó un análisis tecnológico en los eslabones de producción, procesamiento y comercialización de la cadena productiva de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en la región del Papaloapan. Se identificaron dificultades en cada uno de los eslabones de la cadena de valor, enfatizándose el desconocimiento de la calidad sanitaria de la cosecha, el bajo control de las actividades diarias de la práctica acuícola, el nulo tratamiento postcosecha, la falta de agregación de valor a la materia prima, entre otras. Se generaron bitácoras de control acordes a las infraestructura y nivel académico de los productores. Se establecieron tratamientos postcosecha y mediante análisis químico, físico y sanitario se caracterizó la tilapia de cultivo. Se obtuvo un producto derivado de tilapia, el cual se caracterizó y analizó durante su almacenamiento, además de identificar su posible aceptación en el mercado oaxaqueño. Los resultados fueron entregados y explicados a los productores.

ABSTRACT

The Miguel de la Madrid Hurtado and Miguel Alemán dams are currently considered excellent water resources for the growth of aquaculture in the Papaloapan region of the state of Oaxaca. However, the expectations that existed a decade ago regarding the contribution of this practice to the technological development of the region have not yet been achieved; on the contrary, over the years, the number of aquaculture farmers and aquaculture production has been drastically reduced. Based on personal interviews with producers, this study conducted a technological analysis of the production, processing and marketing links in the Nile tilapia (*O. niloticus*) production chain in the Papaloapan region. Difficulties were identified in each link of the value chain, emphasizing the ignorance of the sanitary quality of the harvest, the low control of the daily activities of aquaculture practices, the null post-harvest treatment, the failure to add value to the raw material, and other issues. Control logs were generated according to the infrastructure and academic level of the producers. Post-harvest treatments were established and the farmed tilapia was characterized through chemical, physical and sanitary analysis. A product derived from tilapia was obtained, which was characterized and analyzed during storage, in addition to identifying its possible acceptance in the Oaxacan market. The results were delivered and explained to the producers.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que en México la producción acuícola de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) es de 77,245 toneladas al año (CONAPESCA, 2021) y se pronostica que se incrementará anualmente, los principales estados productores de tilapia (Jalisco, Chiapas, Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Veracruz, Tabasco, Guerrero, Hidalgo y México), destinan su cosecha a la venta local y en menor proporción a la venta regional, ya sea a pie de granja, mercados y restaurantes, teniendo como única línea de comercialización las presentaciones en fresco de: a) tilapia entera eviscerada (62.2%), b) tilapia entera viva (24.3%) y c) filete de tilapia (13.5%), terminando siempre en platillos artesanales.

A pesar de esto, en México no existen muchos trabajos relacionados con el procesamiento y la agregación de valor para la mayoría de las especies acuícolas de interés comercial como es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), esta situación ha evitado la disminución en el consumo de algunas especies, así como el despegue de la acuicultura en muchos lugares de nuestro país con potencial para esta actividad, como es el caso de la Región del Alto Papaloapan en el estado de Oaxaca.

Esto representa gran oportunidad de trabajos relacionados con la investigación y la transferencia tecnológica, sin embargo, para que la acuicultura sea rentable, duradera y sustentable, es necesario conocer el contexto de cada uno de los eslabones de la cadena productiva de la especie en cultivo, con la finalidad de identificar sus deficiencias y potencial de crecimiento, para así establecer trabajos adecuados de mejora que permitan asegurar el éxito de la actividad, con el consecuente beneficio social, económico y tecnológico de la región que la práctica.

Conforme a lo anterior, el desarrollo de este trabajo consistió, inicialmente, con la identificación y descripción de la práctica acuícola que se lleva a cabo en los embalses de la presa Miguel de la Madrid Hurtado y Miguel Alemán en la región del Papaloapan en el estado de Oaxaca. Para esto, se realizaron entrevistas personales con acuicultores de la región, en las cuales se identificaron principalmente la falta de control en las actividades primarias, el desconocimiento acerca de la calidad sanitaria y química de su cosecha, la falta de tratamientos postmortem y finalmente la nula aportación de valor agregado para la tilapia que cultivan.

Posteriormente y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se generaron bitácoras de control, se realizó la caracterización química, bioquímica y sanitaria de la tilapia cultivada, además se evaluaron algunos tratamientos de aturdimiento y desinfección para la misma. Se formuló y estandarizó la técnica para la generación de un producto derivado de tilapia del Nilo, el cual se analizó química, fisicoquímica y microbiológicamente, además se identificó su comportamiento durante el almacenamiento. Se realizó un estudio para conocer la aceptación del producto derivado de tilapia en el mercado Oaxaqueño.

Cada una de las actividades planteadas y llevadas a cabo en este trabajo, pretenden mejorar la productividad y sustentabilidad de la actividad acuícola en la región del Papaloapan, a fin de beneficiar a los acuicultores, sus familias, así como propiciar el desarrollo económico, social y tecnológico de la región del Papaloapan y del estado de Oaxaca.

2. ANTECEDENTES

2.1. REGIÓN DEL ALTO PAPALOAPAN

Con base en una regionalización etnográfica, económica y folklórica (Figura 2.1), la región del Papaloapan o Región del Alto Papaloapan se encuentra al norte, formando parte de las 8 regiones en el estado de Oaxaca (García *et al.*, 2004).

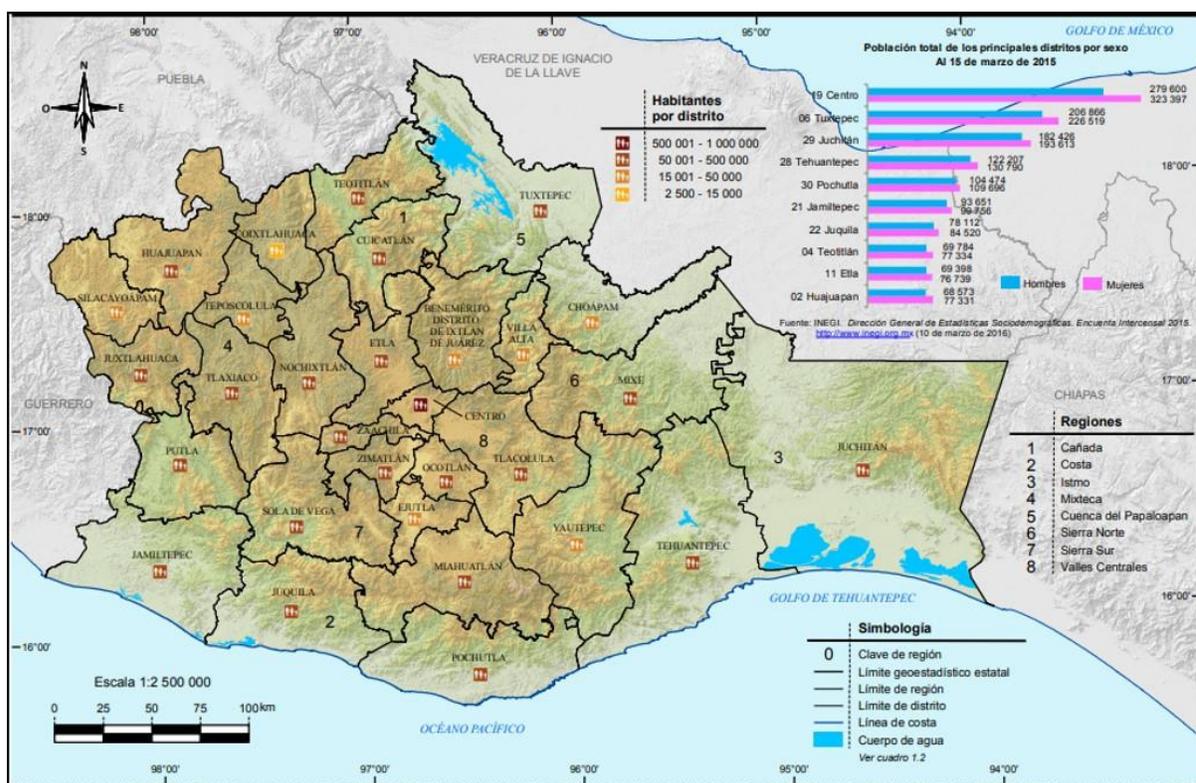


Figura 2.1. División geostatística del estado de Oaxaca (INEGI, 2016).

La región del alto Papaloapan en el estado de Oaxaca cuenta con una superficie de 8496.79 km² y se denomina así debido a que forma parte de la zona alta de una de las cuencas hidrográficas más importantes en México, la Región Hidrológica número 28 Papaloapan o Cuenca del Papaloapan (COPLADE, 2020).

Es la segunda región con más habitantes en el estado de Oaxaca (465 192 habitantes) y se divide en dos distritos: Tuxtepec y Choápam, los cuales son integrados por los municipios de Acatlán

de Pérez Figueroa, Ayotzintepec, Cosolapa, Loma Bonita, San Felipe Jalapa de Díaz, San Felipe Usila, San José Chiltepec, San José Independencia, San Juan Bautista Tuxtepec, San Lucas Ojitlán, San Miguel Soyaltepec, San Pedro Ixcatlán, Santa María Jacatepec, San Juan Bautista Valle Nacional, San Juan Comaltepec, San Juan Lalana, San Juan Petlapa, Santiago Jocotepec y Santiago Yaveo.

El 50% de los municipios que integran la región del Papaloapan, son considerados de muy alta marginación, el 40% es de alta y sólo el 20% es de media. Los índices de marginación reflejan el alto grado de escasez y falta de oportunidades sociales en que vive la población y que limitan intensamente las capacidades y opciones de las personas para realizar satisfactoriamente sus proyectos de vida. Esto se debe a que en la región Papaloapan el 81% de la población ocupada obtiene ingresos inferiores a 2 salarios mínimos y por lo consiguiente únicamente el 19% se encuentra con mejores condiciones de vida.

El 60% de la población en esta región, vive con fuertes carencias en todos los indicadores que conforman la marginación y que afectan más a los municipios con hablantes de lengua indígena chinanteca, mazateca y zapoteca.

2.2. DIVERSIDAD DE CULTIVOS Y PRÁCTICAS COMERCIALES EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN.

De acuerdo con los datos estadísticos del INEGI (2016), la población en la región del Papaloapan se dedica en un 13.4% a la industria, 17.5% como funcionarios, técnicos y administrativos, 32.6 al comercio y el 35.6% a las actividades agropecuarias.

La región del Papaloapan cuenta con cuatro empresas importantes que son la cervecera del trópico, el Ingenio Adolfo López Mateos, la fábrica de Papel Tuxtepec y la producción de vainilla; ofreciendo oportunidades de trabajo constantes a la población.

La Población Económicamente Activa es de 134,107 habitantes dedicándose la mayoría al sector primario como es la agricultura, ganadería, pesca y en menor porcentaje al aprovechamiento forestal, caza y minería.

En cuanto a la agricultura, en los años veinte la región del Papaloapan, fue beneficiada por la producción tabacalera y, sobre todo, por el cultivo de plátano Roatán, de gran auge entre 1913

y 1934, sin embargo, en 1926 -1929 se vio una gran afectación a la economía regional debido a un huracán y las plagas del chamusco y el mal de Panamá que incidieron sobre las plantaciones de plátano, ocasionando que la agricultura entrara en crisis y las grandes empresas abandonaran la región, lo que dejó sin crédito y sin mercado a los productores locales. Después de esto, la región inició la siembra masiva de caña de azúcar y piña, esta última creció tanto que Loma Bonita alcanzó fama mundial como exportador. A finales de los años 80, se iniciaron las explotaciones de cultivos como el hule, arroz y barbasco.

El 79,6 % de las plantaciones de hule tienen una superficie entre 0,5 a 3,5 hectáreas, localizadas principalmente en la región cuenca del río Papaloapan. Se produce hule coagulado (aglomeración de las partículas de hidrocarburos del hule que se forma al agregar ácido fórmico, acético o cítrico), que se comercializa en tres distintos canales: 58,1 % de los productores lo venden a beneficiadoras de tipo regional; 40,2 % lo hace con intermediarios regionales, y solo 1,7 % lo vende con organizaciones fuera de la región (González -Ramírez *et al.*, 2019).

Con una cosecha de 19,934 ha/año, Oaxaca se ubica en la tercera posición en cuanto a producción de limón (López-Hernández *et al.*, 2020), además de este tipo de cultivo, existen otros de alta producción, considerados fuentes de ingresos para muchas familias, dentro de los cuales se encuentran la caña de azúcar, el mango de diferentes variedades, el aguacate, desde hace dos décadas el auge de la malanga, el maíz, el frijol, el café y el chile de diferentes variedades.

En cuanto a la ganadería, la región del Papaloapan se enfoca en la de doble propósito, es decir tanto para el abastecimiento de leche para la agroindustria láctea, así como el comercio de toretes para engorda y abasto de carne para la misma región (Martínez-Castro *et al.*, 2015).

En la actualidad la región del Papaloapan incursiona en la acuicultura, actividad que ha ayudado económicamente a las familias que la practican, teniéndose así especies de interés comercial como la tenguayaca (*Petenia splendida*), la mojarra colorada (*Cichlasoma* spp.) y la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), las dos primeras especies se obtienen únicamente por pesca del medio natural, mientras que la tilapia del Nilo se ha cultivado desde hace ya varios años con fines de comercialización destinada al consumo humano.

2.3. DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO EN EL PAPALOAPAN.

Partiendo de que el desarrollo regional es un proceso y un fin en las tareas de administración y promoción del crecimiento y el bienestar del país, una de las zonas con más expectativas para el desarrollo regional y tecnológico en el estado de Oaxaca, es la región del Papaloapan, en donde, además de practicarse varias actividades comerciales, agrícolas, ganaderas, etc., se practica también la acuicultura.

El desarrollo regional toma en cuenta varios elementos de un espacio geográfico como es el ser humano. Para que el desarrollo regional se logre es necesario que todos los elementos que conforman la región cambien en algún sentido como por ejemplo: que el hombre adquiera conocimientos técnicos, que la sociedad desee lograr el progreso, que los recursos naturales estén disponibles o alcanzables y que se desarrolle la capacidad de explotarlos o transformarlos con la instalación de infraestructura. Si se practica de forma incluyente e integral, el desarrollo regional permite tratar y solucionar problemas como la pobreza, el desempleo y la productividad de una manera más eficiente que si se trataran de resolver a escala nacional.

Anteriormente las innovaciones tecnológicas en la región del Papaloapan se enfocaban principalmente solo para algunos cultivos como el de la piña (*Ananás Comosus*) encaminando programas tecnológicos para incrementar rendimientos en la producción y que trajeran como consecuencia el desarrollo de la región. Sin embargo, debido a la complejidad en los métodos y técnicas, además de la infraestructura necesaria y el nivel socio-académico de los productores, la mayoría de estos últimos optaron por no adoptar las nuevas tecnologías (Polo, 2022).

Actualmente el foco de atención para la aplicación de paquetes tecnológicos por parte de los programas de gobierno estatal y federal, se enfocan hacia la acuicultura, considerando a la tilapia (*Oreochromis spp.*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) como nichos actuales de trabajo referentes al ámbito alimentario. Es así que, la generación y aplicación de tecnologías se centra principalmente en la producción y abastecimiento de alevines, la sustentabilidad de la actividad acuícola, la generación y utilización de energía limpias para la recirculación y recuperación del agua de cultivo, el valor agregado de las especies, la conservación y manejo postcosecha, entre otras que ayuden a salir del rezago tecnológico (CONACYT, 2014).

2.4. ACUICULTURA EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN

La acuicultura a nivel mundial ha crecido a un ritmo promedio del 9.2% anual desde la década de 1970, comparado con el 1.4% de la pesca de captura y el 2.8% de los sistemas de producción de carne terrestre.

Después del arroz, los productos forestales, la leche y el trigo, los peces son el quinto producto agropecuario más importante y el mayor recurso de proteína animal disponible para los humanos, proveen el 25% de la proteína animal en países desarrollados y más del 75% en los países en vías de desarrollo (FAO, 2019).

Además de su contribución en la actividad económica, el empleo y a la generación de divisas, la producción acuícola desempeña una función importante, pues contribuye a la seguridad alimentaria al satisfacer la demanda de pescado y productos pesqueros para consumo humano, resaltando la aportación de los requerimientos proteicos en la dieta. Ejemplo de ello es el incremento en la cantidad de pescado procedente de la acuicultura destinada a consumo humano, el cual ha pasado del 14% en 1996 al 50% en 2014, esperando un aumento del 62% para el 2030 (FAO, 2005).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) informó que la pesca y acuicultura tuvieron entre 2013 y 2017 un crecimiento promedio anual de 10.3 por ciento, cifra superior respecto al mismo periodo del sexenio anterior, actividad que se obtiene mediante el aprovechamiento sustentable de los recursos. La dependencia indicó que, en los últimos cinco años, el crecimiento de la acuicultura en México fue de 16 por ciento anual en promedio, frente al seis por ciento a nivel mundial, con una producción nacional el año pasado de 404 mil toneladas, 59 por ciento más que en 2012.

La región del Papaloapan cuenta con una importante infraestructura hídrica representada por las presas Miguel Alemán y Miguel de la Madrid Hurtado (Cerro de oro), las cuales generan energía eléctrica que abastece a la misma región, así como parte de Veracruz y Puebla.

Los diferentes cuerpos de agua en la región del Papaloapan, por sus condiciones climatológicas, presentan un gran potencial para la producción de tilapia del Nilo (CONAPESCA, 2014), actividad que se practica en los embalses de las presas, cuyas superficies llegan a ser hasta de 70,000 hectáreas, de las cuales se ocupa aproximadamente el dos por ciento para cultivo, por lo

que aún hay oportunidad de expandir el área de producción actual y con ello incrementar la producción y los ingresos económicos que actualmente ascienden a los 45 millones de pesos anuales en el estado.

En el año de 1964 con la construcción del centro acuícola de Temascal, se dio impulso a una nueva actividad que beneficiaría a las etnias chinanteca y mazateca en la región del Papaloapan, la actividad pesquera. En aquellos tiempos, el proceso de adaptación de especies acuícolas no fue sencillo. Después de los intentos poco exitosos de introducir lobina negra y mojarra, en 1966 se inició la reproducción de tilapia nilótica en los estanques del Centro Acuícola de Temascal con buenos resultados.

En 1971, a través del Instituto Nacional Indigenista (en aquel tiempo INI), el Centro Acuícola se dedicó a capacitar a las comunidades para la elaboración de sus propias redes y tendales. El gobierno entró a estabilizar precios a través del “Puerto Piloto” de Alvarado para frenar a los acaparadores, a la vez que el Centro Acuícola, por medio de sus oficinas en Salina Cruz, extendía licencias de pesca a permisionarios, lo que se conocía como “era del cooperativismo”. De 1972 a 1974, la vida de la Presa vio surgir tres sociedades cooperativas que aglutinaban de 500 a 700 personas, con sedes en los Municipios de San Pedro Ixcatlán y San Miguel Soyaltepec.

En los años de 1970 a 1980 la actividad pesquera obtuvo su mayor auge rebasando las 1,100 toneladas métricas (según cifras oficiales de SEPESCA), sin embargo, con base en la competencia desleal entre las cooperativas por los mercados y por los nichos de pesca, se generaron enfrentamientos entre líderes lo que hizo decaer la actividad en ese tiempo. A finales de la década de los ochenta la actividad cooperativa estaba extinta.

Después de aquella decaída, poco a poco fueron surgiendo nuevos grupos familiares, los cuales, no solo se enfocaron en la pesca, sino que esta vez, utilizando sus pocos recursos económicos junto con los apoyos de programas federales (Acuicultura de Fomento), dieron comienzo a una de las actividades más productivas para la región, la pesquería acuacultural. Es así que desde hace casi 20 años, agrupaciones familiares chinantecas y mazatecas, dedicadas a la agricultura,

comercio, ganadería traspatio o de trabajos temporales, decidieron dejar sus actividades económicas e instalar jaulas flotantes para la engorda de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), utilizando los embalses de las presas Miguel de la Madrid Hurtado (presa cerro de oro) y Miguel Alemán (presa de Temascal) como medio de cultivo, lo cual ha traído desde aquel tiempo, beneficios y mejoras en la calidad de vida de ellos y sus familias.

Actualmente la actividad acuícola que se desarrolla en la región del alto Papaloapan en el estado de Oaxaca, agrupa a más de 1000 productores integrados como Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca, A.C. y es considerada como una de las actividades económicas con mayores expectativas para el crecimiento y desarrollo de la región y del estado (SAGARPA, 2017).

2.5. TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia del Nilo, es un pez del grupo de los Teleósteos, orden Perciforme, perteneciente a la familia *Cichlidae*, subfamilia *Pseudocrenilabrinae*, originario de África y del medio oriente. El cultivo de la tilapia del Nilo data de hace más de 4000 años y tiene como punto de origen el antiguo Egipto (FAO, 2009).

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 idóneas varían entre 20 y 35 °C. Es un pez omnívoro que se alimenta de fitoplankton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a detritus. La tilapia del Nilo puede filtrar alimentos tales como partículas suspendidas, incluyendo el fitoplancton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, si bien la mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie sobre las capas de perifiton. 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 alevines hasta que se absorbe el saco

vitelino. La incubación y crianza se completa en un período de 1 a 2 semanas, dependiendo de la temperatura.

Por lo regular esta especie habita en zonas tropicales, ya que las condiciones ambientales son favorables para su reproducción y rápido crecimiento, características que se han considerado de gran importancia para su cultivo en diferentes partes del mundo. Se puede cultivar en estanques o jaulas flotantes, tolera altas variaciones de los parámetros físico-químicos como temperatura, oxígeno disuelto, etc., y permite su manipulación en las diferentes etapas de su desarrollo (FAO, 2005).

Debido a su gran adaptación a las condiciones ambientales y la amplia gama de alimento que puede consumir, ha sido de las especies más cultivadas a nivel mundial, utilizando para su cultivo agua dulce y en algunas variedades agua salobre e incluso pueden adaptarse para el cultivo en agua de mar (Jiménez & Arredondo, 2000).

La diseminación de la tilapia del Nilo ocurrió durante la década de 1960 y hasta los años 80. En 1979, llegaron a México los primeros ejemplares de *Tilapia nilótica* (*O. niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama en Hidalgo, de donde fueron enviados al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. En México, la Tilapia del Nilo se ha distribuido en una gran cantidad de cuerpos de agua continentales, representando así un recurso más en las actividades piscícolas (SAGARPA, 2008).

Las Tilapias han colonizado hábitats diversos, pues pueden adaptarse a aguas con baja concentración de oxígeno, por lo que también es común que habiten en aguas de poca corriente (lénticas), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas (SAGARPA, 2008). La tilapia del Nilo posee una gran capacidad de adaptación a diferentes temperaturas, rápido crecimiento, alta eficiencia en la conversión de alimento, mayor tolerancia a baja calidad de agua, además de resistente al ataque por parásitos y a algunas enfermedades, tales características permiten cultivarla y manejarla con relativa facilidad. En términos generales la tilapia del Nilo puede vivir más de 10 años y alcanzar un peso de hasta 5 kg.

2.6. CULTIVO DE TILAPIA (*O. niloticus*) EN EL ESTADO DE OAXACA

Según datos del plan estratégico sectorial 2016-2022 del programa de Desarrollo Rural para los subsectores agrícola, pecuario, pesca y acuicultura, del Gobierno del estado de Oaxaca, la producción acuícola pasó de 409 a 779 unidades de producción de especies acuícolas en el año 2016, sumando en total una superficie de 2,020 hectáreas de cultivo, de las cuales 170 son específicamente de producción de tilapia.

Al 2020 se tienen registrados 1500 acuicultores, los cuales cultivaron 491 mil toneladas de producto, en ese año, con un valor de 24.9 millones de pesos, siendo la trucha, la tilapia y el camarón las principales especies consolidadas, los cuales se producen en 10 cultivos en desarrollo y 78 mil hectáreas en presas.

Las principales unidades de producción se concentran en las regiones de la Cuenca del Papaloapan, Istmo, Valles Centrales, Mixteca baja, Costa y Cañada.

En la región del bajo Papaloapan, la producción de tilapia del Nilo asciende a más de 1000 ton/año únicamente la obtenida por productores de la presa Miguel de la Madrid Hurtado (SAGARPA, 2013), lo cual representa una derrama económica de más de 45 millones de pesos.

2.7. COMERCIALIZACIÓN DE LA TILAPIA DEL NILO.

A nivel mundial, la producción y comercio de pescado han aumentado considerablemente en los últimos decenios, gracias a las mejoras en la tecnología, transporte, comunicación y persistencia de la demanda. Debido a la naturaleza altamente perecedera del pescado, menos del 20% del comercio del pescado consiste en producto procesado.

Con una producción de 4,407.2 miles de toneladas al año, la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) es una de las principales especies producidas en la acuicultura mundial (FAO, 2022)

Estados Unidos es el principal importador de filete de tilapia de países como Jamaica, Colombia y Costa Rica, dominando China como el principal exportador de este producto. De acuerdo con datos de la FAO (2016), no solo la tilapia, sino en general el pescado se comercializa en mayor

porcentaje como alimento congelado, desde hace cuatro décadas se incluyen en las líneas de comercialización el pescado preparado y en conserva, también harinas y aceites derivados. En general la comercialización se basa principalmente en las presentaciones según la figura 2.2

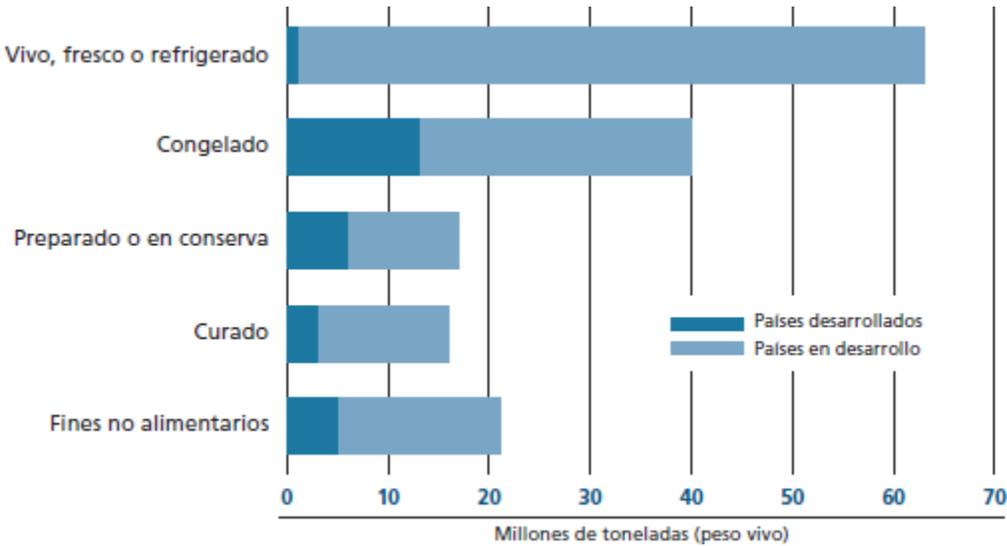


Figura 2.2. Comercialización de la producción de tilapia a nivel mundial (FAO, 2005).

En México se consume cerca de 200 mil toneladas de tilapia al año, siendo el 100% destinada al consumo humano en presentaciones de entera eviscerada (62.2%), viva (24.3%) y en filete fresco (13.5%). En la actualidad en México, el valor agregado se centra en el filete ya sea fresco y congelado, y en la mayoría de los casos los desechos (piel, escamas y esqueleto) no son utilizados, constituyendo una fuente de contaminación ambiental (Vivanco *et al.*, 2010; Basualdo, 2012).

Aunque la comercialización de la tilapia se presenta principalmente en el mercado nacional, también se exportan alrededor de cuatro mil 340 toneladas a países como Costa Rica y Suiza, con un valor de 31.9 millones de dólares.

Un componente importante de la creciente industria de tilapia es la proliferación de presentaciones del producto. Las exportaciones de tilapia inicialmente fueron de pescado congelado entero procedente de la Provincia China de Taiwán, pero el mercado tubo preferencia por el filete. Actualmente el filete fresco o congelado se puede obtener en diferentes tamaños y

paquetes, con piel, sin piel, congelados individualmente, ahumado y en grado sashimi; reciben tratamiento de inmersión en monóxido de carbono o en ozono. Aún se puede obtener tilapia entera o eviscerada, pero en estas formas se vende principalmente en mercados locales.

Recientemente han surgido interesantes subproductos, como los hidrolizados proteicos de residuos de pescado por acción enzimática con propiedades bioactivas y tecnofuncionales en alimentos (Espinoza & Castillo, 2022), así también artículos con piel de tilapia para su aplicación en ropa y accesorios, gelatina de la piel para medicamentos de lenta liberación y arreglos florales elaborados con escamas secas y teñidas de colores.

A nivel mundial, la producción y comercio de pescado han aumentado considerablemente en los últimos decenios, gracias a las mejoras en la tecnología, transporte, comunicación y persistencia de la demanda. Debido a la naturaleza altamente perecedera del pescado, menos del 20% del comercio del pescado consiste en producto procesado.

2.8. VALOR NUTRITIVO DE PRODUCTOS ACUÍCOLAS

El pescado y los productos pesqueros, como muchos otros productos de origen animal, cuentan con el reconocimiento de ser fuente de proteínas biodisponibles de alta calidad y micronutrientes singulares, vitaminas y minerales que son vitales para el desarrollo físico y cognitivo, desde una etapa fetal y hasta la niñez, además se consideran importantes y necesarios para mantener una buena nutrición y salud durante la adolescencia y la edad adulta (FAO, 2022).

En general los productos acuícolas, constituyen una excelente fuente de nutrientes: sus proteínas son de alto valor biológico; su contenido en minerales (Ca, Mg, P), oligoelementos y vitaminas es variado, además de significativo. Desde el punto de vista nutricional, la tilapia del Nilo es un pez que destaca por su alto contenido de proteínas de alto valor biológico 100 g de esta especie aporta en promedio 18-23 g de proteína, 70 g de agua, 2-4 g de lípidos totales de los cuales los ácidos grasos saturados de 6.5 %, ácidos grasos monoinsaturados 13.9 %, ácidos grasos poliinsaturados de 80.4 % y ácidos grasos insaturados de 94.3 %, 128 Kcal de energía, 191-285 mg de fosforo, 15-33 mg de calcio, 1-3 mg de hierro y 302 mg de potasio (Izquierdo *et al.*, 2001; Crespo, 2009; Mera, 2015, Antonio *et al.* 2021).

Tanto el pescado de agua dulce como las especies marinas contienen menor cantidad de sodio que la carne de res, inclusive, contienen 2 o 3 veces más potasio, esto puede resultar interesante en la dieta de personas que sufren de enfermedades cardiovasculares.

Aunque el músculo de pescado es deficiente en vitamina C, es fuente de vitaminas del complejo B como es el caso de la tiamina, riboflavina, así como niacina.

De acuerdo con el contenido de nutrientes presentes en el pescado, sobre todo en cuanto a su contenido de ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, los ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (un omega 6), y los de tipo omega 3 como el ácido linolénico (ALA), eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), el consumo de pescado reduce el riesgo de padecer problemas cardiovasculares, actúa positivamente sobre el sistema inmunitario y potencia las funciones cerebrales.

Por su fácil digestibilidad, valor proteico, valor de sus lípidos, su riqueza en ciertos minerales y vitaminas y su escaso contenido de carbohidratos, el pescado aporta grandes beneficios en el metabolismo y mantenimiento correcto del cuerpo humano, por lo que es considerado un alimento de primera calidad y necesidad para todas las edades (Díaz-Ortega, 2020).

2.9. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ALIMENTACIÓN EN EL ESTADO DE OAXACA Y EN MÉXICO

Diversos países en desarrollo han experimentado cambios significativos en las condiciones socioeconómicas y en la urbanización en las últimas décadas, lo que ha ocasionado un impacto importante en la dieta de sus habitantes.

Algunas encuestas de alimentación realizadas en México reportaron que el consumo de alimentos de origen animal se incrementó, al igual que los azúcares sintéticos y grasas saturadas; por el contrario, el consumo de frutas y verduras disminuyó y, en menor medida, también se registró un decremento en el consumo de cereales integrales y leguminosas, además se ha observado un cambio drástico en la dieta tradicional por los alimentos industrializados (Delgado y Rodríguez, 2019).

Nuestro país enfrenta dos realidades contrastantes y alarmantes, por un lado, México ocupa la primera posición a nivel mundial en obesidad y, por otro lado, la desnutrición continúa afectando a la población, especialmente a niños con menos de cinco años que habitan sobre todo en zonas rurales del sur (Gómez y Velázquez, 2019).

La alimentación está en función de un sin número de variables, por un lado la rutina y la rapidez con la que se vive han dejado de lado la importancia que tiene el aporte nutrimental que confieren los alimentos a nuestro organismo y la dieta para la mayoría de las personas se basa en alimentos industrializados sin ningún aporte nutritivo, por el contrario, se ha visto que la ingesta de estos productos aparte del nulo aporte de nutrientes inhibe algunos mecanismos biológicos y fisiológicos en el organismo, ocasionando con ello un serio trastorno metabólico (Pérez *et al.*, 2012).

Por otra parte, la disponibilidad de los alimentos o la insuficiencia alimentaria varía con base en la región, esto se refiere a que México cuenta con riqueza de suelos y especies de cultivo de diferentes familias botánicas que son fuente importante de nutrientes, sin embargo, muchos lugares no son aprovechados para la generación de alimentos debido a la falta de tecnología e infraestructura adecuada al terreno y al tipo de cultivo.

Algunos de los factores que más inciden en la ingesta de alimentos son los emocionales, sociales, culturales y económico, siendo este último el más influyente de todos (Mundo-Rosas *et al.*, 2021; Ramírez-Maces *et al.*, 2023).

De lo anterior podemos enfatizar que el factor económico es determinante en la compra, y en consecuencia en la disponibilidad de alimentos, caso particular en el estado de Oaxaca, en donde aún existen zonas en que el hombre es el único responsable del ingreso familiar y a las mujeres no se les permite realizar actividades de crecimiento profesional, trayendo como consecuencia bajos ingresos familiares y una disminución en el poder adquisitivo para alimentos (López-García, *et al.*, 2019)

Otro de los factores que determinan la ingesta y en consecuencia una mala alimentación, en algunos lugares, es el desconocimiento acerca de la composición y constituyentes en general de los alimentos, pues, en la actualidad aún existen muchos lugares y personas en México que desconocen los beneficios que tiene estos sobre la salud humana.

2.10. NECESIDADES NUTRICIONALES

Todo organismo debe consumir biomoléculas como carbohidratos y proteínas. Los carbohidratos son la fuente principal de energía en cualquier organismo, las proteínas son las encargadas de llevar a cabo el funcionamiento metabólico todos los organismos.

Una buena alimentación necesita incorporar a su dieta al menos ocho de los veinte aminoácidos diferentes que constituyen todas las proteínas. Esos ocho aminoácidos esenciales deben ir acompañados de otros de esa lista que ya no son tan imprescindibles y que pueden intercambiarse entre sí. Junto a las proteínas, se necesitan otras sustancias para la edificación de las estructuras corporales, como el calcio, el fósforo, el yodo, el hierro y otras ferroproteínas. Las personas necesitan aportes vitamínicos de las cuatro vitaminas liposolubles y de las nueve hidrosolubles.

En conjunto, las necesidades nutritivas del organismo humano pueden reducirse a unas cincuenta sustancias químicamente individualizadas que, en proporciones adecuadas y en cantidad suficiente, constituyen lo que se llama "dieta bioquímica" (Díaz, 2007).

Por su parte los lípidos son compuestos necesarios en la dieta, pueden proporcionar energía, o principalmente son elementos esenciales de las membranas celulares, facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles (E, A, y D), e influyen en la modulación de las funciones inmunitarias y los procesos inflamatorios. Los ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (AL) y el ácido α -linolénico (AAL), son precursores de otros ácidos grasos, que en conjunto, brindan muchos beneficios al organismo, como la reducción en el riesgo de deficiencias en la visión y el desarrollo neural de bebés y niños, confieren flexibilidad, fluidez y permeabilidad selectiva a las membranas lo que favorece la salud cardiovascular, así también efectos en la prevención y tratamiento de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, artritis, inflamaciones, desórdenes autoinmunes y cáncer (Feliu et al 2021).

Por sus características en cuanto a composición bioquímica y nutrimentales, actualmente, la demanda de alimentos saludables y nutritivos, como los alimentos acuáticos, ha aumentado en los últimos años.

2.11. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN

Con base en los cambios alimenticios hacia alimentos industrializados por parte de la mayoría de las personas y familias, se ha observado un incremento en enfermedades crónicas degenerativas, donde destacan la diabetes mellitus tipo 2 que afecta aproximadamente al 12.0% de la población adulta en México y es una de las principales causas de mortalidad (Villavicencio-Ruiz *et al.*, 2019). Así la mala alimentación puede ser un factor de riesgo para generar sobrepeso, obesidad, trastornos alimentarios y problemas psicológicos que pueden repercutir en la salud futura y la calidad de vida (Amaya-Hernández *et al.*, 2021).

Otro de los padecimientos es la obesidad, la cual se presenta en la actualidad con mayor incidencia en niños (Ferrer-Arocha *et al.*, 2020) y no importando los niveles socioeconómicos, ellos tienden a preferir alimentos rápidos o denominados chatarra, como las hamburguesas, pizzas, hotdogs, pollo frito, etc.

La carencia nutricional además genera otras enfermedades como escorbuto, pelagra o raquitismo; otras están relacionadas con ella (bocio endémico, tiroidismo o algunas anemias); un tercer grupo estarían provocadas por ciertos alimentos que producirían intoxicaciones agudas (setas) o crónicas (almortas). Por todo ello, una alimentación defectuosa, desequilibrada o monótona puede causar daños en órganos o sistemas muy diferentes sin que, a veces, exista evidencia de que hayan sido causados por la alimentación (Morán *et al.*, 2021; Zambrano-Vera *et al.*, 2022).

Los problemas o enfermedades no siempre son directamente por el tipo de comida ingerida, también, es decir no siempre es por defecto sino en ocasiones es por exceso. De acuerdo con esto, es importante tener en cuenta las necesidades calóricas con base en las dimensiones corporales y ocupación.

Después de la pandemia por el COVID-19, el sector salud ha lanzado emergencias epidemiológicas por diabetes mellitus y obesidad provocadas principalmente por una mala alimentación y sedentarismo. Es así que el tema de la alimentación saludable se ha convertido en tendencia regional, nacional y mundial.

3. PROBLEMÁTICA

A pesar de que el estado de Oaxaca cuenta con riquezas tanto en territorio, arquitectura, cultura, gastronomía, tradiciones, dialectos y lenguas, etc., el desarrollo en cada una de sus regiones ha sido lento y aún faltan más trabajos por hacer para colaborar en el desarrollo regional del estado. Caso particular el de la región del Papaloapan, la cual, a pesar de contar con grandes extensiones para la agricultura, exuberante y vasta variedad de cultivos, practicar la ganadería, extensas cuencas hidrográficas, entre otras que sirven para el desarrollo regional y tecnológico, estas no han sido suficiente y eficientemente explotadas para este fin, caso específico podemos citar la acuicultura, actividad que se ha practicado desde el año 1964 en la región del Alto Papaloapan y aunque ha crecido lentamente, aún existen algunas limitantes que han impedido el despegue total de esta importante práctica y su contribución en mayor medida en el desarrollo de la región. El problema principal de la práctica acuícola en la región del Papaloapan, es que, a pesar de ser las presas Miguel de la Madrid Hurtado (Cerro de Oro) y Miguel Alemán excelentes zonas para el desarrollo y crecimiento de la acuicultura, los más de 1000 acuicultores ubicados en estas zonas e integrados como Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca A.C. (CESPTO, A.C.), han tenido que enfrentarse a diferentes problemas en cada uno de los eslabones de la cadena productiva de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) con la que trabajan, inclusive en algunos casos no logran identificar específicamente las dificultades. La falta de trabajos de innovación hacia esta cadena productiva en la región del Papaloapan ha evitado el cierre de la cadena productiva, una disminución en el consumo y con ello bajos ingresos económicos para los acuicultores y sus familias, ocasionando también una mínima aportación de la acuicultura en el desarrollo social, tecnológico y alimenticio de la región del Papaloapan.

4. JUSTIFICACIÓN

La generación de la tecnología faltante para el desarrollo regional no es imposible, si se colabora y se trabaja en sinergia para el aprovechamiento tanto del recurso humano como de las materias y recursos de una determinada región, con base en esto, podemos mencionar que actualmente la acuicultura resulta ser, además de una fuente de alimentos con alto contenido proteico para las comunidades rurales, un factor de desarrollo para la región que la práctica.

Oaxaca produce más 1000 ton/año de tilapia del Nilo y ocupa el quinto lugar de producción de esta especie entre los estados del Sureste del país, siendo el Alto Papaloapan quien aporta casi el 40 % de esta producción. Esta situación junto con el gran potencial hídrico coloca a la región del Papaloapan como una importante zona con altas expectativas para la contribución en el desarrollo regional y tecnológico de la región misma y del estado. Con base en esto, la generación de tecnología específica a cada los eslabones de la cadena de valor de la tilapia, traería beneficios sociales, económicos y tecnológicos para los acuicultores, sus familias y la región.

Las alternativas para el procesamiento de la tilapia con la obtención de productos derivados, generaría beneficios directos a los involucrados en la actividad acuícola, ya que con esto se diversificaría la actividad evitando que los acuicultores solo se dedicaran a aspectos productivos, añadiría valor a esta materia prima, conservaría la tilapia evitando grandes pérdidas postcosecha y podría ubicar esta materia en lugares difícil de practicar su cultivo, además contribuiría en la generación de alimentos altamente nutritivos , con el objeto de subsanar problemas nutricionales de elevada prevalencia a nivel local, regional o mundial (Valencia-Ortíz, 2014).

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Generar información y tecnología específica que contribuyan a mejorar y enriquecer los eslabones de la cadena productiva de tilapia del Nilo en la región Papaloapan en el estado de Oaxaca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar el contexto general de la práctica acuícola en la región del Alto Papaloapan.
2. Determinar las características físicas, químicas y sanitarias de la tilapia (*O. niloticus*) cultivada en la región del Alto Papaloapan.
3. Realizar tratamientos postcosecha
4. Estandarizar la formulación y técnica para la elaboración de un producto alimenticio a base de tilapia del Nilo (*O. niloticus*).
5. Identificar las características bioquímicas, fisicoquímicas y microbiológicas del producto formulado a base de tilapia del Nilo (*O. niloticus*).
6. Identificar el comportamiento en anaquel del producto formulado.
7. Realizar un estudio de mercado del producto elaborado.
8. Entrega de resultados a productores.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. MATERIA PRIMA

Para el desarrollo de este trabajo, se utilizaron ejemplares de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de diferente talla comercial, cultivada mediante sistema semi-intensivo en jaulas flotantes ubicadas a distancias de 60 o hasta 120 m del embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado (Cerro de Oro), San Lucas Ojitlán, Oaxaca, México (18°0'2.50"N 96°15'49.68"O). Dichos ejemplares (monosexo-machos), se alimentan al boleo 3 veces al día con concentrado extruido flotante en migajas y pellets con alto valor proteico (28 a 45%).

6.2. LUGAR DE ANÁLISIS

Los análisis realizados en el desarrollo de este trabajo se llevaron a cabo en el laboratorio de Bioquímica del Instituto Tecnológico de Oaxaca, el laboratorio Químico-Biológico de la Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, en el Taller de procesamiento de tilapia perteneciente al Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca, A.C., y en el embalse de la Presa Miguel de la Madrid Hurtado, San Lucas Ojitlán, Oaxaca, México.

6.3. MÉTODOS

Los métodos utilizados en este trabajo se establecieron con base en la estrategia experimental que se muestra en la figura 6.1. En general, la metodología se basó primeramente en conocer el contexto general de la práctica acuícola en la región del Alto Papaloapan, seguido a esto, se caracterizó la muestra y se eligió la talla comercial a utilizar. Posteriormente, se propuso un tratamiento postcosecha de aturdimiento y se formuló y estandarizó un método para la obtención de un producto derivado de tilapia, el cual se caracterizó en cuanto a sus componentes bioquímicos. Se monitorearon algunas características microbiológicas y fisicoquímicas del producto derivado de tilapia durante el almacenamiento y se realizó un estudio de mercado para el nuevo producto.

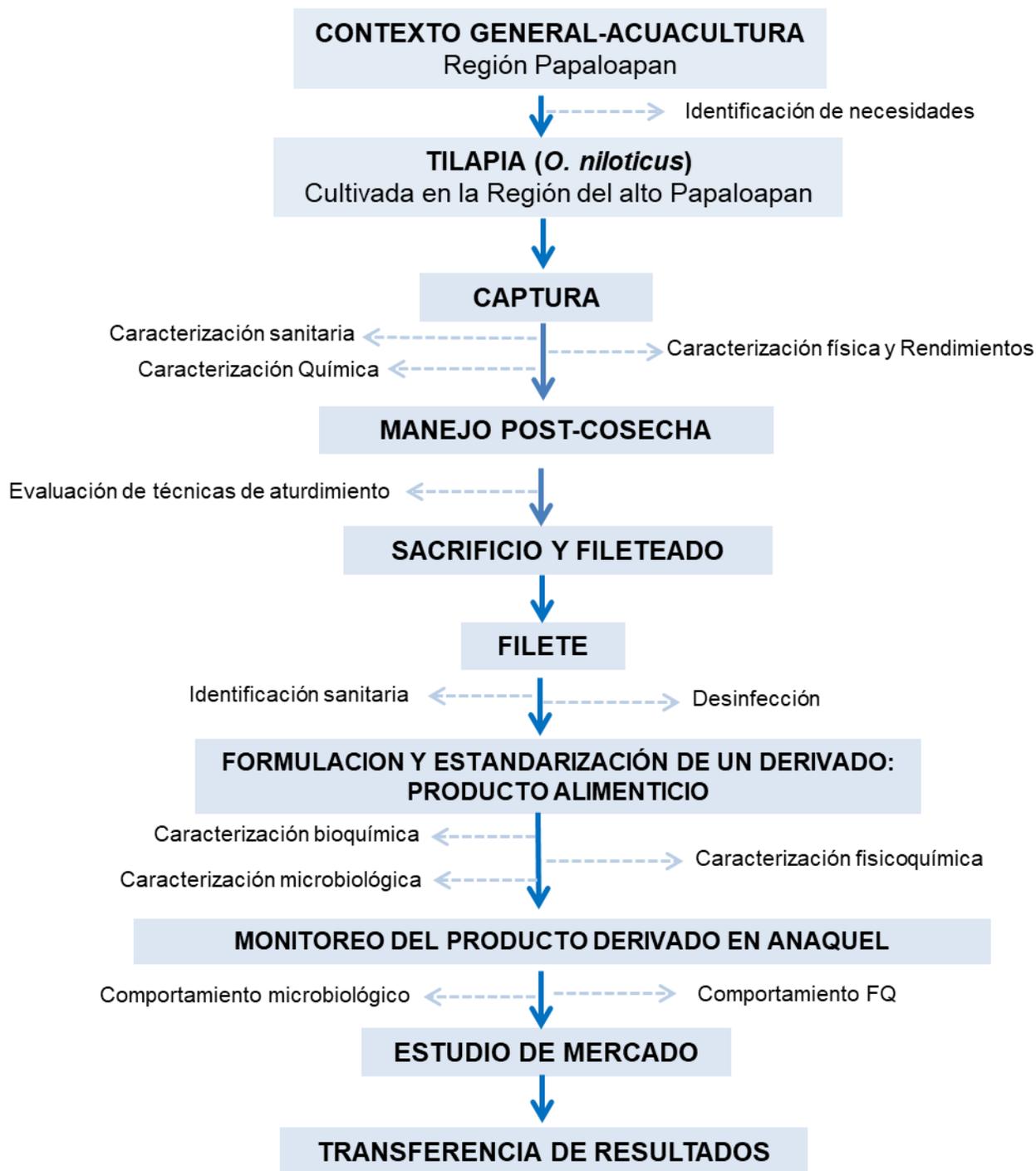


Figura 6.1. Estrategia experimental de análisis, procesamiento y transferencia de tecnología para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región del alto Papaloapan en el estado de Oaxaca.

6.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ACUICULTURA EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN, OAXACA, MÉXICO.

Con la finalidad de conocer la situación y crecimiento de la acuicultura en la región del alto Papaloapan, así como de identificar algunas dificultades que los productores presentan en cada uno de los eslabones de la cadena de valor de tilapia del Nilo en la región del Papaloapan, se entrevistó y aplicó un cuestionario individual a 70 productores pertenecientes al Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca, A.C. (C.E.S.P.T.O., A.C.), cuya actividad acuícola la practican tanto en la presa Miguel de la Madrid Hurtado (Cerro de Oro) como en la Presa Miguel Alemán (San Pedro Ixcatlán).

Conformada por 74 preguntas, la encuesta, en la primera sección solicitó información relacionada con aspectos personales-generales de cada productor, esto es, domicilio, edad, número de integrantes en la familia, escolaridad, antigüedad en la actividad acuícola, permisos vigentes, etc. La segunda sección solicitó información relacionada con la producción-engorda de la tilapia del Nilo: número de jaulas inicial y actual, medidas de las jaulas, número de biometría por ciclos, número de ciclos, peces por siembra, gastos de engorda, etc. La tercera sección solicitó información referente a la venta o comercialización de la cosecha: clientes definidos, precios de venta, margen de ganancia, kilos por ciclo, presentaciones de venta, método de conservación postcosecha, etc. La cuarta sección consideró el porcentaje de la cosecha destinada al autoconsumo, presentación de consumo, etc. La quinta sección se dirigió a investigar todo lo referente a los gastos de alimentación durante la producción-engorda de la tilapia, esto fue, tipo de alimento, cantidad de alimento por día, costos, marcas, etc. La última sección enfatizó la sanidad aplicada durante el desarrollo de la actividad acuícola y algunos otros aspectos que pudieran afectar la inocuidad de la cosecha: casos de enfermedades, tratamientos antisépticos, etc.

Los resultados de las entrevistas se concentraron en una base de datos, se contabilizaron y se presentaron como porcentajes.

6.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

Para caracterizar las muestras a utilizar en este trabajo, con aro se recolectaron al azar, ejemplares de tilapia del Nilo de diferente talla directamente de las jaulas de producción.

6.3.2.1. Caracterización física y rendimiento

30 ejemplares de tilapia del Nilo de tres diferentes tallas comerciales de cultivo (chica, mediana y grande, fueron capturadas e inmediatamente aturdidas, posterior a esto, se determinó con ayuda de un vernier digital marca HANNA la longitud total, longitud patrón y altura máxima (Figura 6.2). Utilizando una balanza digital marca SCIENTIFIC, se determinó el peso total húmedo de cada muestra (Misto & Alanes, 2018).

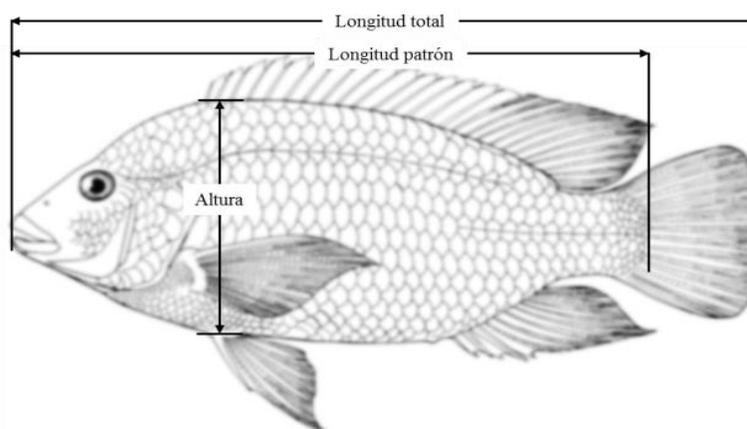


Figura 6.2. Características físicas medidas en la tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

Las tilapias fueron sacrificadas, escamadas, evisceradas y separadas en filete, piel, cabeza con esqueleto, escamas y vísceras. Se determinó el peso individual de cada una de las partes en una balanza digital marca OHAUS, con la finalidad de evaluar el rendimiento de canal (pescado sin vísceras y sin escamas), rendimiento en filete y rendimiento de desechos (incluye escamas, piel, cabeza con esqueleto y vísceras), para diferentes tallas de cultivo, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Rendimiento en canal} = (\text{Peso eviscerado} / \text{peso total}) \times 100$$

$$\text{Rendimiento en filete} = (\text{Peso del filete} / \text{peso total}) \times 100$$

$$\text{Rendimiento desechos} = (\text{Peso desechos} / \text{peso total}) \times 100$$

Todas las determinaciones de este apartado se realizaron en el lugar de la captura de los peces específicamente en los andadores de las jaulas de producción.

6.3.2.2. Caracterización químico proximal

El análisis químico-proximal es un aspecto importante en la caracterización de las muestras, sobre todo en pescado, ya que la calidad química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies, así como entre los individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y época del año.

Preparación de la muestra

De las jaulas de producción, se capturaron 3 ejemplares de tilapia del Nilo de talla comercial grande. Estas se sacrificaron y fueron llevadas inmediatamente al lugar de análisis a una temperatura de 2°C. En el laboratorio, cada tilapia se separó en filete, piel, cabeza con esqueleto y vísceras. Cada una de las muestras separadas fueron saneadas con agua purificada, posterior a esto, se trataron térmicamente a una temperatura de 80 °C durante 30 minutos, en un baño térmico eléctrico marca Scorpion Scientific, con la finalidad de inactivar enzimas y desinfectar las muestras para su posterior análisis.

Las muestras individuales se sometieron a deshidratación con aire caliente a 60 °C durante 12 horas en un deshidratador eléctrico marca AVANTCO.

Una vez deshidratadas, las muestras se pasaron por un molino eléctrico de rodillos marca Sagaon Tech y se tamizaron en malla de 100 µm. Las muestras en polvo se empaquetaron a vacío en una empacadora marca TORREY y posterior a esto se analizaron por triplicado en cuanto a sus componentes químicos.

Determinaciones

La determinación de Humedad se realizó con base en el método 925.09 de la AOAC (1997), el cual consistió en un secado de la muestra, fresca y deshidratada, en una estufa a 100 °C durante 5 horas, obteniéndose el porcentaje de Humedad (%H) por diferencia.

El material mineral (Cenizas) se cuantificó mediante la incineración a 550 °C por 2 horas de la muestra en un crisol hasta la obtención de un residuo inorgánico correspondiente a la fracción de cenizas, con base en lo descrito en el método 923.03 de la AOAC (1997).

La extracción de sustancias grasas se llevó a cabo por el calentamiento continuo a reflujo de la muestra durante cuatro horas utilizando éter de petróleo como solvente, determinando así, transcurrido el tiempo, el porcentaje de extracto etéreo de acuerdo con el método 920.39 de la AOAC (1997). La muestra obtenida al final de la extracción de grasas se utilizó para la determinación de proteínas.

La determinación de proteínas se llevó a cabo por digestión del nitrógeno de la muestra (previamente desengrasada) con ácido sulfúrico y posterior arrastre de vapor con ácido bórico. La titulación se efectuó con ácido clorhídrico estandarizado, de acuerdo con lo descrito en el método 954.01 de la AOAC (1997).

Los carbohidratos serán cuantificados por diferencia, resultante de restar a 100 los porcentajes calculados anteriormente para cada componente. Es importante señalar que en la cifra obtenida del porcentaje de carbohidratos se asume están incluidos los carbohidratos digeribles, fibra, así como también vitaminas, pigmentos y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados y no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis químico proximal.

Una vez obtenidos los porcentajes para cada componente en base seca, los resultados de cenizas, proteínas, lípidos y carbohidratos fueron corregidos con la humedad de las muestras frescas para expresarlos en base húmeda y con esto poder mostrar el porcentaje de cada componente en el alimento en fresco.

6.3.2.3. Caracterización sanitaria

Determinación de la calidad microbiológica de la tilapia cultivada en el embalse Miguel de la Madrid Hurtado, San Lucas Ojitlán, Oaxaca.

Se realizó la determinación de la carga microbiana en muestras de tilapia, con la finalidad de tener una noción del peligro sanitario (NOM-242, 2009), o los tratamientos de saneamiento y desinfección necesarios previos al procesamiento.

Preparación de las muestras para su análisis microbiológico

Nueve ejemplares de tilapia del Nilo, de tres diferentes tallas comerciales (tres chicas, tres medianas y tres grandes), se recolectaron directamente de las jaulas de producción, se aturdieron y se colocaron dentro de bolsas ziploc. Las bolsas fueron transportadas a una temperatura de 2 °C hasta el laboratorio de análisis. Llegadas al laboratorio, las tilapias se escamaron y se separarán en filete, piel y desechos (escamas, cabeza, esqueleto y vísceras).

El análisis microbiológico se realizó en filete con piel para las tres tallas comerciales de tilapia (chica, mediana y grande, según la clasificación de sus pesos húmedos) y únicamente para la talla comercial grande se realizó también el análisis microbiológico de manera individual para cada parte de la muestra (piel, filete, escama, etc.).

Las muestras por analizar se trataron de acuerdo con la metodología descrita en la NOM-110 (1994) y se analizaron por triplicado en cuanto a sus cargas microbianas.

Determinaciones

Para la determinación de mesófilos aerobios, se utilizó la técnica de vaciado en placa de vidrio (cajas Petri), utilizando 1 mL de cada dilución preparada previamente y añadiendo agar para métodos estándar, el cual se preparó con base en las recomendaciones del proveedor. Se sembró una placa por dilución realizada de cada muestra y se incubó durante 48 ± 2 horas a temperatura de 35 ± 2 °C. Transcurrido el tiempo de incubación se retiraron las placas de la incubadora y con ayuda del contador de colonias se contaron las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) obtenidas en cada placa. Se registraron únicamente las UFC que se encontraron en el intervalo de 25 a 250 colonias y se calculó la cuenta promedio en cada dilución por gramo de muestra con base en lo descrito en la NOM-092 (1994).

La determinación de coliformes totales se realizó sembrando en agar de rojo violeta bilis lactosa 1 mL de cada dilución previamente realizada para cada muestra, aplicando para ello la técnica de vaciado en placa y preparando previamente el medio de cultivo según las indicaciones del proveedor. Las placas sembradas se incubaron de manera invertida durante 24 ± 2 horas a temperatura de 35 ± 2 °C. Transcurrido el tiempo de incubación, con ayuda del contador de colonias se seleccionaron las placas que contenían entre 15 y 150 UFC con colonias color rojo

oscuro rodeadas de un halo de precipitación color rojo claro o rosa y elevación convexa con diámetros de 0.5 a 2.0 mm.

Se calculó el número de coliformes por gramo de muestra, multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución correspondiente y se reportaron como las UFC/g en placa de agar rojo violeta bilis lactosa, incubadas a 35°C durante 24±2 horas (NOM-113, 1994).

Para la siembra y conteo de mohos-levaduras se sembró 1 mL de cada dilución, previamente realizada para cada muestra, en agar papa y dextrosa ajustada a pH de 3.5 con ácido tartárico y preparado conforme a las especificaciones del proveedor.

Las placas de vidrio se sembraron mediante la técnica de vaciado en placa y se incubaron de forma invertida durante 5 días a temperatura de 25 ± 1°C. Transcurrido el tiempo de incubación se contaron las placas que contenían entre 10 y 150 colonias para mohos y levaduras y se multiplicó cada resultado por el inverso de la dilución.

El resultado de esta determinación se reportó como las UFC/g de mohos y levaduras en agar papa y dextrosa acidificada e incubados a 25 ± 1 °C (NOM-111, 1994).

Determinación de la calidad parasitológica de la tilapia cultivada en el embalse Miguel de la Madrid Hurtado, San Lucas Ojitlán, Oaxaca.

El análisis parasitológico, se realizó con la finalidad de identificar la presencia de parásitos que pudieran estar presentes en la materia prima a utilizar para el desarrollo de este trabajo y evaluar el riesgo sanitario que pudiera repercutir en la calidad del producto formulado (NOM-242, 2009). De acuerdo con esto, directamente de las jaulas de producción, se recolectaron 36 ejemplares de tilapia del Nilo de tres tallas comerciales (12 de talla chica, 12 medianas y 12 grandes), las cuales se sometieron a análisis parasitológico.

La localización de ectoparásitos se realizó mediante la observación directa de los peces en el microscopio estereoscópico a un aumento de 20X. La localización de endoparásitos consistió en la necropsia, extracción del músculo y cada uno de los órganos por separado, y el análisis de estos en el microscopio estereoscópico tomando en cuenta la técnica descrita por Lamothe (1997) y Salgado (2009), que consistió en colocar cada muestra en cajas Petri, utilizando

solución salina al 0.6 % como diluyente, desgarrarla con la ayuda de una pinza de disección de doble cero y observarla a un objetivo de 20X en el estereoscopio.

Una vez realizada la localización externa e interna de los parásitos, estos últimos se recolectaron para realizar la identificación, iniciando con la fijación que consistió en retirar la mayor cantidad de solución salina de la caja de Petri en la que se encontraban los parásitos y se agregó formol caliente (90 °C) al 10 %. Los parásitos se colocaron entre dos placas de vidrio y se mantuvieron durante 24 horas en refrigeración (5-8 °C). Transcurrido el tiempo los parásitos se retiraron y se colocaron en alcohol al 70% para su tinción (Lamothe, 1997).

La tinción de parásitos se realizó siguiendo las técnicas de para-carmín de Mayer y tricrómica de Gomori descritas por Salgado, (2009), que consistieron en lo siguiente:

Para la tinción por paracarmín de Mayer, los parásitos se lavaron en alcohol al 70 y 96 % durante cinco y diez minutos respectivamente y se tiñeron con paracarmín de Mayer durante ocho minutos, pasado esto, los parásitos fueron retirados del colorante y se pasaron a alcohol al 96 % para retirar el exceso de colorante, se diferenciaron en alcohol al 96 % acidulado con HCl al 2 % hasta que los bordes se observaron pálidos. Observando al microscopio estereoscópico, los parásitos se lavaron con alcohol al 96 % de 1 a 2 minutos para inactivar el HCl y en alcohol concentrado (99 %) de 20 a 25 minutos y se aclararon en salicilato de metilo y finalmente se montaron en bálsamo de Canadá.

La tinción por tricrómica de Gomori consistió en lavado de los parásitos en alcohol al 96 % durante cinco minutos y su tinción en alcohol al 96 % con dos gotas de solución madre (tricrómica de Gomori) durante 25 minutos. Los parásitos teñidos se lavaron en alcohol al 96 % durante cinco minutos y se diferenciaron en alcohol al 96 % acidulado con HCl al 2 %. Seguido a esto, se realizó la inactivación del HCl lavando el parásito con alcohol al 96 % durante cinco minutos y se deshidrataron en alcohol absoluto durante 20 minutos. El parásito teñido se aclaró en salicilato de metilo y finalmente se montaron en bálsamo de Canadá. Una vez realizadas las tinciones, los parásitos se observaron en el microscopio para realizar su identificación preliminar, tomando como referencia el Atlas de los helmintos parásitos de cíclicos de México (Vidal *et al.*, 2002).

6.3.3. MANEJO POSTCOSECHA

De acuerdo con que el manejo postcosecha son todas las etapas por las que pasa una materia prima desde su cosecha hasta su comercialización y consumo, cuidando siempre la eficiencia, rapidez e inocuidad en el proceso, el presente trabajo planteó establecer, con base en referencias existentes (González, 2012, Pérez-Linares *et al.*, 2015; Damián-Ramírez *et al.*, 2022), un manejo adecuado de aturdimiento para la tilapia capturada.

Aturdimiento

Para la evaluación de los tratamientos de aturdimiento, se utilizaron 15 ejemplares de tilapia de talla grande. Las tilapias capturadas se introdujeron en contenedores de 1 m², los cuales, contenían las siguientes soluciones propuestas:

Tratamiento A: Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO₃) al 2.5% m/v.

Tratamiento B: Solución de vinagre (contiene CH₃COOH) al 2.5. % v/v

Tratamiento C: Solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 2.5% m/v

Tratamiento D: Solución de clavo molido al 2.5% m/v

Tratamiento E: Agua a una temperatura de 2±0.5 °C.

La evaluación de cada tratamiento se realizó por triplicado, directamente en el lugar de captura. El método elegido fue el que tardó menor tiempo en aturdir las muestras sin afectar las características sensoriales de apariencia.

Desinfección del filete

Tres ejemplares de tilapia de talla grande se recolectaron de las jaulas de producción, se aturdieron por hipotermia, se sacrificaron por punción en la cabeza y se filetearon sin piel (NOM-251, 2009; NOM-242, 2009)

Los filetes obtenidos de cada ejemplar fueron analizados microbiológicamente por triplicado en cuanto a su carga de mesófilos aerobios, siguiendo la metodología descrita en el numeral 6.3.2.3 de este trabajo.

Conociendo la carga microbiana de los filetes, estos se sometieron a cinco tratamientos de desinfección durante cinco minutos, utilizando para ello aditivos naturales que no causaran reacciones o efectos negativos sensoriales de apariencia en los filetes.

Tratamiento A: Solución de clavo al 5 % m/v en agua

Tratamiento B: Solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% v/v

Tratamiento C: Solución de ácido cítrico (C₆H₈O₇) al 5% m/v en agua

Tratamiento D: Solución de orégano al 5% m/v en agua

Tratamiento E: Solución de vinagre (CH₃COOH) al 5 % v/v en agua

6.3.4. FORMULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO A BASE DE TILAPIA DEL NILO (*O. NILOTICUS*)

Tomando en cuenta el procedimiento básico para la elaboración de embutidos (Colmenero & Carballo, 1985; Montoya, 1997) y con base en las características bioquímicas (contenido de proteínas y lípidos) y sensoriales de los filetes de tilapia (textura y dureza), se propuso la formulación y se estableció un método para la generación de un embutido tipo chorizo rojo mexicano a base de filetes de tilapia del Nilo. La formulación propuesta (Tabla 6.1) consideró evitar el uso de aditivos químicos como conservadores y extensores.

Tabla 6.1. Formulación del embutido de tilapia del Nilo, tipo chorizo rojo mexicano

Insumo	% presente
Filete de tilapia	85
Chiles secos	10
Cebolla	2
Ajo	1
Especias	1.5
Sal	0.5

Por otra parte, el método de preparación consideró operaciones de proceso (Figura 6.3) lo menos invasivos posibles para asegurar las características nutrimentales originales de la materia prima (filete de tilapia).

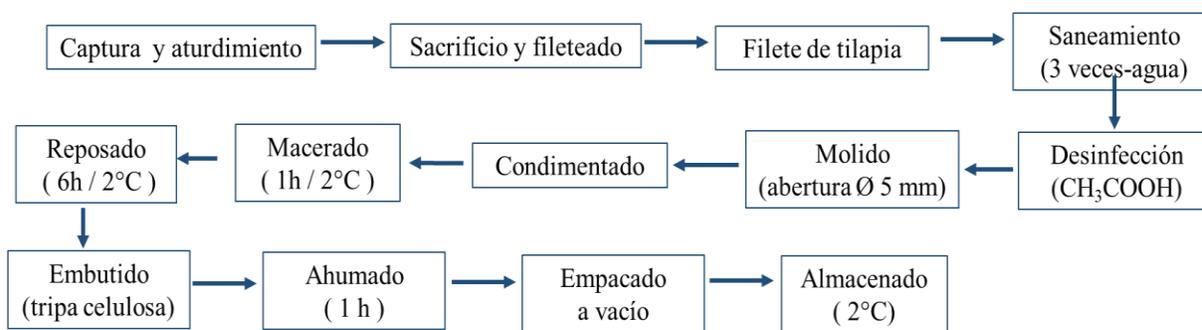


Figura 6.3. Metodología general para la elaboración del embutido de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) tipo chorizo rojo mexicano.

Caracterización química-bioquímica

Se tomaron muestras de tres lotes de chorizo rojo de tilapia del Nilo recién elaborado y se sometieron a deshidratación durante 12 horas (60 °C). Se pasaron por un molino eléctrico de rodillos marca Sagaon Tech y se tamizaron en malla de 100 µm. Cada lote deshidratado se analizó por triplicado en cuanto a sus componentes químicos.

El porcentaje presente de humedad, proteínas, lípidos y carbohidratos en las muestras, se determinaron siguiendo los métodos descritos en el apartado 6.3.2.2 para cada componente mencionado.

El contenido de sodio se cuantificó sometiendo 2 g de muestra a digestión con ácido nítrico concentrado durante 2 h. La muestra digerida fría se filtró y se lavó tres veces con agua desionizada y se analizó por espectrofotometría de absorción atómica a 589.6 nm, utilizando un estándar certificado de Na (1000 µg/mL) y utilizando llama de aire-acetileno, oxidante (NOM-086, 1994).

Caracterización fisicoquímica

Se recolectaron tres lotes frescos de chorizo rojo de tilapia del Nilo de aproximadamente 200 g cada uno. Cada lote se analizó por triplicado como se describe a continuación:

El pH se determinó utilizando un medidor de pH con electrodo de vidrio previamente calibrado con soluciones buffer, sobre una solución al 1 % preparada con la muestra en agua destilada, de acuerdo con el procedimiento de uso descrito en el manual de operación del equipo.

La acidez se determinó siguiendo la metodología descrita en la NMX-F-102-S-1978, en donde se tituló una muestra (10 % m/v en agua destilada) con NaOH al 0.1N, utilizando fenolftaleína como indicador.

La actividad de agua (a_w), se determinó utilizando un Higrómetro electrónico Aqualab 3TE (Decagon Devices, Pullman, Washington, USA) sobre una muestra de aproximadamente 5 g, siguiendo las recomendaciones descritas en el manual del equipo.

La determinación del color se realizó utilizando un colorímetro triestímulo marca HANNA directamente sobre la muestra, siguiendo las indicaciones del manual del equipo. Se identificó únicamente los valores del componente cromático “a” interno y externo en el producto.

Caracterización microbiológica

Se recolectaron tres lotes frescos de chorizo rojo de tilapia del Nilo de aproximadamente 200 g cada uno y se analizaron por triplicado cada uno en cuanto a la carga de mesófilos aerobios, coliformes totales y hongos, siguiendo las metodologías descritas en el numeral 6.3.2.3.

6.3.5. MONITOREO DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MESÓFILOS AEROBIOS EN UN PRODUCTO DERIVADO DE TILAPIA DEL NILO.

Con la finalidad de identificar de forma preliminar la mejor condición de almacenamiento y la vida útil del producto derivado de tilapia (NMX-FF-002-SCFI-2011, NOM-251-SSA1-2009, NOM-130-SSA1-1995, NMX- F-357-S, NMX-F-045-1982), se recolectaron tres lotes de chorizo rojo de tilapia del Nilo recién procesado. Cada lote de aproximadamente 8 kg se dividió en 30 paquetes, los cuales se empacaron a vacío con peso aproximado de 300 g cada uno. De los 30 paquetes de cada lote, 15 fueron almacenados en refrigeración (4 °C) y 15 en congelación (-18 °C).

Cada tercer día, durante un total de 30 días, se retiraron tres paquetes de cada tratamiento de almacenamiento y se analizaron por triplicado en cuanto a la carga de mesófilos aerobios, pH y a_w , siguiendo la metodología descrita en los numerales 6.3.2.3 y 6.3.4.2 de este trabajo. El análisis correspondiente al día cero, se realizó con las muestras recién recolectadas.

Inmediatamente después de extraer un paquete de su almacenamiento, este se sometió inicialmente al análisis microbiológico y posteriormente al análisis fisicoquímico, con la finalidad de evitar cualquier alteración en la carga microbiana. El sobrante de cada paquete después de ser analizado se desechó. Los métodos utilizados para el desarrollo de este apartado son los mencionados y descritos en la NMX-FF-002-SCFI-2011 vigente y aplicable a productos de la pesca-pescados de agua dulce refrigerados destinados a consumo humano.

6.3.6. ESTUDIO DE MERCADO

Con la finalidad de identificar la posible aceptación del chorizo rojo de tilapia del Nilo, formulado en este trabajo, se aplicaron en total 495 encuestas a personas pertenecientes a las regiones del Istmo, Costa, Mixteca, Sierra Sur y Papaloapan, en el estado de Oaxaca. Las encuestas, de 50 preguntas, solicitaban información referente al consumo y preferencia de embutidos, conocimiento de la acuicultura en el estado, compra y consumo de tilapia y de otros productos acuícolas, así como la posible aceptación y precio a pagar por el chorizo rojo de tilapia. Este estudio se aplicó en lugares con afluencia de personas como centros comerciales y parques.

6.3.7. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA A PRODUCTORES DE TILAPIA DE LA PRESA MIGUEL DE LA MADRID HURTADO.

El presente proyecto con sus respectivos resultados, fueron entregados al C.E.S.P.T.O., A.C. por escrito, como parte de la transferencia tecnológica hacia los productores de tilapia del Nilo de la región del Papaloapan.

Las capacitaciones, talleres y acompañamiento técnico, se llevaron a cabo tomando en cuenta la infraestructura disponible en campo y el nivel académico de los productores.

6.3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos recolectados de las entrevistas fueron capturados y analizados empleando estadística descriptiva por medio del editor estadístico de datos IBM SPSS versión 21. Para las variables cuantitativas se calcularon los porcentajes correspondientes. Se realizó el análisis descriptivo con enfoque cuantitativo.

Referente a la caracterización física de las muestras, se calcularon el promedio \pm la desviación estándar de 10 muestras analizadas para cada talla y posteriormente se identificaron las diferencias significativas entre los porcentajes de rendimiento entre tallas mediante un análisis de varianza con un $\alpha=0.05$.

Los análisis químico y microbiológico realizados consideraron el promedio \pm la desviación estándar de tres muestras analizadas por triplicado cada una para cada determinación.

En el análisis parasitológico, los resultados cuantitativos se trataron con el programa Mininitab, utilizando una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis) para determinar las diferencias estadísticas entre los resultados obtenidos, con un nivel de confianza del 95%.

El análisis de los tratamientos de aturdimiento y desinfección del filete consideraron el promedio \pm la desviación estándar de tres muestras analizadas.

Para la evaluación del comportamiento del chorizo rojo de tilapia durante el almacenamiento, las determinaciones se realizaron por triplicado para cada muestra de cada lote. Se calcularon la media y desviación estándar de los resultados que se obtuvieron y se sometieron a un Análisis de Varianza utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 5.1. Se identificarán las mínimas diferencias significativas utilizando el test de "LSD" con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ACUICULTURA EN EL PALOAPAN, OAXACA, MÉXICO.

Actualmente la acuicultura en la región del alto Papaloapan es practicada en su mayoría por hombres (83%) de entre 40 y 49 años (39%), aunque también hay acuicultores de 30-39 (23%), así como jóvenes de 20 años (17%). La mayoría de estos acuicultores (99%) pertenecen a las etnias chinanteca y mazateca, siendo la lengua chinanteca (74%) la que predomina seguida de la mazateca (14%), con domicilios particulares ubicados en Potrero viejo, laguna escondida, nuevo potrero viejo, buena vista, nuevo pescadito de abajo, nuevo monte liberal, nuevo aguacate, etc., localidades consideradas como zonas de muy alta marginación, según el programa de cruzada contra el hambre.

Gracias a la práctica acuícola, cerca del 80 % de estos productores han logrado obtener el recurso para construir su casa de material y acondicionarla, principalmente aquellos con más de 10 años en la actividad, pues entre ellos hay tanto acuicultores de hasta 15 años en la práctica como algunos que van iniciando.

Cerca del 70% de los productores han logrado iniciar en la acuicultura gracias al apoyo de programas de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura como el de acuicultura de fomento, mientras que el porcentaje restante ha iniciado con recursos propios. Más del 65% de los encuestados son pequeños productores, los cuales poseen menos de 25 jaulas de engorda, con un número promedio de 12 jaulas. El 90% de los productores entrevistados con 5 años de dedicarse al cultivo comentaron que han ido incrementando el número de jaulas utilizadas cada año desde que iniciaron con la actividad.

Cerca del 75 % de acuicultores compra menos de 10,000 alevines por ciclo de cosecha y obtiene menos de 5 toneladas de producto, el porcentaje restante compra más de esta cantidad de alevines. De acuerdo con esto, la producción de tilapia varía entre productores, habiendo acuicultores con producciones desde 1 hasta más de 10 toneladas por ciclo de cosecha. El ciclo de una cosecha para la mayoría de los acuicultores va de entre 5 y 6 meses, obteniéndose tallas comerciales de cultivo entre los 300 a los 700 g.

El 82% de los acuicultores vende su producción por talla, lo que les permite una mayor recuperación económica y organización de su producción. De este porcentaje, el 59% utiliza dos tallas para la venta (mediana y grande), mientras que el 41% utiliza 3 (chica, mediana y grande). Los precios de venta por kilo son altamente variables entre productores, pero se encuentran entre los 50 a 70 pesos dependiendo de la talla, siendo las tallas mediana y grande las más compradas por los clientes.

En la actualidad uno de los problemas más importantes con los que se enfrentan los acuicultores es la venta desleal entre ellos, esto es que, algunos por vender más rápido su cosecha venden a un precio más barato el kg de tilapia que la mayoría de los acuicultores, ocasionando con esto mermas postcosecha para los que no la logran vender.

La mayoría de los acuicultores entrevistados (54%) reportaron que no cuentan con un comprador definido y seguro, por lo que realizan ventas por oportunidad ya sea diariamente (30 %), por semana (37 %) o quincenalmente (<3 %). Solo un 30 % reportó vender su producción completa al final del ciclo. Esto ha ocasionado la disminución en los volúmenes de siembra y producción. Sin embargo, esto no resulta tan malo pues ahora planifican mejor su actividad.

En cuanto a la comercialización, el 83 % de los productores entrevistados comercializa la tilapia entera, el 15% entera eviscerada y solo el 2% en presentaciones de entera, eviscerada o viva.

El 87% de los acuicultores reportó que menos del 5% de su producción por cosecha es dedicada al autoconsumo familiar, mientras que el 12% mencionó que el autoconsumo es del 5 al 10% del total de la cosecha. Únicamente el 4% reportó dedicar a la alimentación de la familia porcentajes superiores al 10% del total del cultivo obtenido por cosecha. El autoconsumo familiar se realiza principalmente cada semana (80%), 11% lo consumen quincenalmente y un 9% comentó que la consume mensualmente. En cuanto a la forma de consumir la tilapia, un 97% la consume frita, en caldo y en pilte. Otras formas menos populares de consumir la tilapia (3%) fueron: asada, empapelada y en filete.

Más del 60% de los productores entrevistados comentó que las personas encargadas de la alimentación en las jaulas de cultivo son familiares que no reciben un pago económico, participando en todas las etapas del cultivo todos los miembros de la familia.

Dentro de la práctica acuícola uno de los principales problemas con lo que se enfrentan los acuicultores son los gastos de producción, siendo el precio del alimento y sus fluctuaciones el que más afecta sus ganancias, el cual asciende en ocasiones arriba de los 200,000 pesos por ciclo de cosecha para algunos acuicultores

Las jaulas de engorda utilizadas por los productores son de baja producción, es decir, menores a 18 metros de diámetro y con una profundidad baja, menor a 6 metros. Son ideales para recuperar la inversión, además de ser manejables, sin embargo, debido a las elevadas temperaturas de la presa durante la época de secas, la mortalidad se incrementa, principalmente entre los productores que cultivan grandes volúmenes. En estos casos la mortalidad se eleva a más del 10% del total sembrado.

En lo que respecta a la alimentación en las jaulas de producción, un 96% de los productores encuestados reportó que alimenta siguiendo los protocolos de alimentación establecidos para el cultivo de tilapia (Burgos et al, 2023), utilizando diferentes tamaños de partículas (con diferentes porcentajes de proteína) para diferentes edades. En cuanto al número de raciones al día durante el periodo de cría, un 46% de los productores encuestados reportó alimentar 5 veces al día, seguido de un 32% con 4 veces al día. Un 8% de los productores reportó alimentar más de 5 veces al día, mientras que sólo un 14% mencionó hacerlo 2 o 3 veces por día. En la etapa de cría, lo recomendable es alimentar un mínimo de 4 veces al día, ya que un mayor número de raciones aumenta el crecimiento, favoreciendo su ingesta. De igual forma se reduce el desperdicio, el cual en cultivo en jaulas no puede ser aprovechado posteriormente, ya que escapa hacia el fondo.

A pesar de los buenos resultados relacionados con el crecimiento, un 13% de los productores encuestados reportaron proporcionar alimento secundario además del alimento comercial. Este alimento usualmente se ofrece para reforzar el crecimiento y proporcionar nutrientes extras, así como en algunos casos mejorar el sabor. Este alimento lo proporcionan dos veces al día, utilizando el 83 % maíz cocido y el 17% yuca cocida.

La alimentación se realiza principalmente utilizando un bote de remos (89%) para reducir

costos, sin embargo, que el 6% utiliza un bote de gasolina. Solo un 5% alimenta desde la orilla. La utilización de un bote de remos reduce costos y permite moverse con mayor libertad entre los bloques de jaulas.

En lo que respecta al porcentaje de peces muertos por ciclo de cosecha, el 54% reportó que la mortalidad es menor al 5% del total de los peces sembrados originalmente. Un 37% reportó una mortalidad mayor al 5%, mientras que solo el 6% reportó una mortalidad superior al 10%. Por último, un 2% de los productores encuestados reportó mortalidades superiores al 15% del total de crías sembradas. Es necesario comentar que un cultivo en jaulas exitoso no debe arrojar una mortalidad superior al 5% al final del ciclo.

Para contrarrestar la aparición de enfermedades, el 95% de los productores encuestados reportó aplicar diferentes sustancias como una medida profiláctica. Las principales sustancias utilizadas son la sal (49%), el ajo (40%) y la oxitetraciclina (8%). Estas tres sustancias resultan excelentes candidatos para eliminar la aparición de infecciones micóticas, bacterianos o bien eliminar parásitos del cuerpo del pez.

7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TILAPIA DEL NILO (*O. NILOTICUS*) CULTIVADA EN EL EMBALSE DE LA PRESA MIGUEL DE LA MADRID HURTADO.

Desde tiempos remotos, el hombre ha buscado el sustento de vida en los recursos naturales que tiene a su alrededor y alcance, sin embargo, para poderle dar un proceso adecuado y un uso correcto a estas materias primas, ha tenido la necesidad de investigar sus características y condiciones que aseguren su correcta explotación, pero sobre todo la inocuidad al uso o al consumo. De acuerdo con esto y tomando en cuenta que hasta el momento no hay mucha información relacionada con las características físicas, químicas y sanitarias de la tilapia del Nilo que se cultiva en la región del alto Papaloapan, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en el análisis de ejemplares de tilapia del Nilo.

7.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y RENDIMIENTOS

Terminado el ciclo de producción, el cual varía en el número de meses entre productores, los acuicultores obtienen y manejan diferentes tallas para la comercialización (Tabla 7.1), las cuales varían en cuanto a sus medidas físicas.

Tabla 7.1. Características físicas de tilapia del Nilo cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado

CARACTERÍSTICA FÍSICA	TALLA COMERCIAL		
	CHICA	MEDIANA	GRANDE
Tiempo de engorde (meses)	3-4	4-5	5-6
Peso total (g)	248.5±5.9	356,1±8.3	560.1±33.6
Longitud total (cm)	23,8±0.6	27±1.4	33,8±0.4
Longitud patrón (cm)	19,1±1.0	22±0.7	27,5±0.7
Altura máxima (cm)	84,8±4.6	93,4±2.5	110,8±2.3
Peso filete (g)	95,5±10.6	139,4±0.9	263,4±1.7
Peso esqueleto + cabeza (g)	137,2±8.0	193,9±6.2	347,4±34.5
Peso piel (g)	9,7±1.2	12±0.2	20,8±1.0
Peso escamas (g)	6.5±0.4	6.6±0.3	6.8±0.4

Los resultados son el promedio de 10 muestras analizadas para cada talla ± su desviación estándar.

Es importante comentar que la venta por tallas garantiza una mayor recuperación económica. El 55% de los productores comentó utilizar las tres tallas, el 36% utiliza únicamente las tallas grande y mediana y, el 9% utiliza las tallas mediana y chica para la venta.

Con base en los resultados de las medidas físicas de las muestras de este trabajo, se puede establecer en general que, del peso total en gramos de un ejemplar de Tilapia del Nilo, el 2.3±0.43% de su peso corresponde a las escamas, el 3.19±0.4% corresponde a la piel, el 9.57±1.49% a las vísceras, el 26.63±3.57% corresponde a la cabeza, el 28.69±7.81% al esqueleto y el 34.76±2.06% corresponde al filete.

Las medidas físicas mostradas en las tilapias cultivadas en la presa Miguel de la Madrid Hurtado, resultaron adecuadas respecto al tiempo de engorda en jaulas, de acuerdo con lo establecido para el cultivo de tilapia (García & Calvario, 2008). Las cifras mostradas resultaron similares en la misma especie cultivada durante cuatro y cinco meses en jaulas flotantes en otros lugares (Alvarado-Ruíz, 2015; Isiordia-Pérez *et al.*, 2021)

Los porcentajes obtenidos en rendimientos para el filete, desechos y canal indicó que, no existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los valores obtenidos y comparados entre las tres tallas comerciales (Figura 7.1). De acuerdo con estos resultados, se establece que cualquiera de las tres tallas puede ser utilizada para procesamiento. Sin embargo, de acuerdo con la facilidad en el fileteado y la sinéresis del filete durante el procesamiento, es recomendable trabajar con tilapia de talla comercial grande con peso superior a los 500 g.

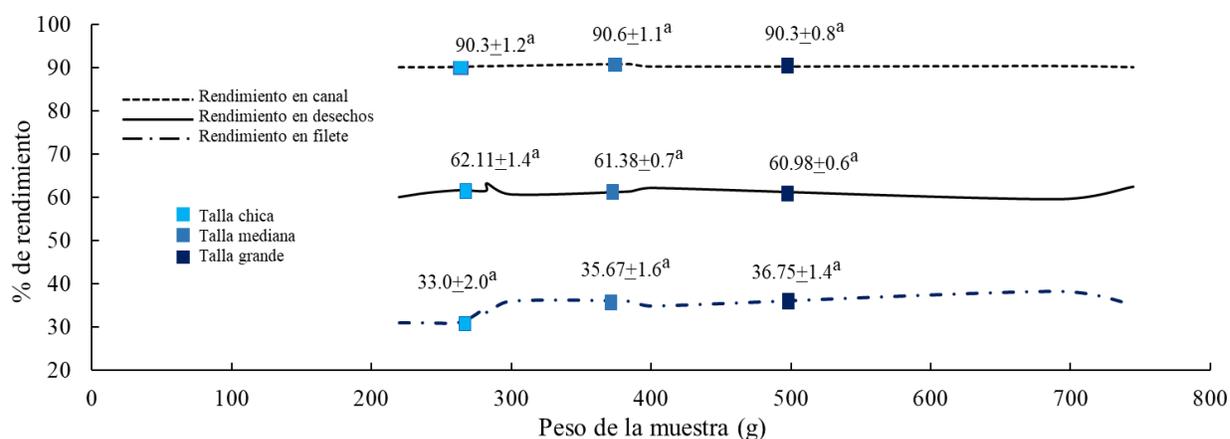


Figura 7.1. Rendimientos de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en tres tallas comerciales. Los valores de cada punto representan el promedio de 10 muestras analizadas \pm desviación estándar. Letras diferentes en una misma línea, indica diferencia estadística significativa entre tallas comerciales.

7.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

En la actualidad se sabe que el pescado es una fuente rica de nutrientes al contener biomoléculas de alto valor nutritivo, es por ello la importancia de conocer con exactitud la cantidad de cada componente y dirigir su uso y forma correcta de procesamiento. De acuerdo con esto, la tabla 7.2 muestra los resultados del análisis químico proximal de una muestra de tilapia del Nilo de talla comercial grade, con peso superior a los 500 g.

Tabla 7.2. Componentes bioquímicos presentes en 100 g de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de talla comercial grande

MUESTRA	% PRESENTE				
	HUMEDAD	PROTEÍNAS	LÍPIDOS	CENIZAS	CARBOHIDRATOS
Piel	10,34 ± 0,63	46,06 ± 2,24	14,1 ± 0,46	1,24 ± 0,03	28,26 ± 4,75
Filete	75.56±0.57	22.39±1.02	1.68±0.25	0.95±0.03	<1
Esqueleto*	5,80 ± 0,20	33,43 ± 0,00	42,4 ± 2,70	9,41 ± 0,41	8,96 ± 4,68
Escama	14,13 ± 0,20	34,68 ± 0,61	0,2 ± 0,11	14,02 ± 0,38	36,97 ± 1,84

Los resultados muestran el promedio de tres determinaciones ± desviación estándar

* Incluye esqueleto y cabeza.

Es importante recalcar que las proteínas son de las moléculas más importantes de ingesta para el ser humano, ya que son la base para el correcto funcionamiento del cuerpo debido a las propiedades funcionales biológicas que posee (Vázquez-Martínez *et al.*, 2022), teniendo en cuenta esto, podemos observar que, independiente de la humedad, las proteínas resultaron ser el componente que se encuentra en mayor cantidad en cada una de las partes que conforma la muestra, siendo la piel la de mayor porcentaje, la cual es considerada una fuente importante de colágeno .

El porcentaje presente de proteínas resultó mayor que en otras fuentes convencionales de carne reportadas en algunas referencias, como el 26% presente en la carne de res o el 32.3 % en la carne de pollo (Ormaza *et al.*, 2022).

Aunque en este trabajo no se realizó un análisis para identificar la calidad de las proteínas presentes, de acuerdo con Izquierdo *et al* (2000), se puede comentar que las proteínas presentes en la tilapia están conformadas principalmente por 8 de los aminoácidos esenciales, tales como la Histidina (1.625 %), Treonina (0.807 %), Tirosina (1.898 %), Metionina (0.555 %), Valina (1.413 %), Fenilalanina (1.117 %), Isoleucina (1.583 %), Leucina (1.454 %), Lisina (0.486 %).

El contenido de lípidos resulto variable entre las partes que conforman la muestra, observando que el mayor contenido de este material graso se concentra en el esqueleto y la cabeza.

A pesar de que el contenido de lípidos en el filete resulta similar al contenido presente en carnes de otras fuentes (Farfán *et al.*, 2000), se puede resaltar la diferencia en la calidad de esta biomolécula, ya que, de acuerdo con Izquierdo *et al.*, (2000), la carne de tilapia presenta un mayor número de ácidos grasos insaturados y polinsaturados a diferencia de los presentes en fuentes cárnicas convencionales.

En cuanto al contenido de cenizas presentes en las muestras de la tilapia analizada en este trabajo, el porcentaje presente en el filete resultó semejante al encontrado para la misma especie cultivada en otros lugares (Hernández-Orellana *et al.*, 2022). De acuerdo con Trull & Ortiz (2022), los macrominerales contenidos en el pescado, representados por las cenizas, son principalmente el sodio, potasio, calcio y magnesio. Así también algunos elementos traza esenciales como el manganeso, fierro, cobalto, cobre, zinc, níquel, molibdeno y cromo, así también algunos no esenciales como el aluminio, titanio, vanadio y la plata. Las escamas resultaron ser la parte con mayor componente mineral, siendo la hidroxiapatita el componente principal (Osorio *et al.*, 2022, Bermúdez *et al.*, 2021).

El contenido de carbohidratos en el músculo de la tilapia al igual que para la mayoría de los peces, es muy bajo, sin embargo, este tipo de biomolécula se encuentra presente en mayor porcentaje en las escamas, piel y esqueleto, encontrándose principalmente como polisacárido estructural en estas muestras como por ejemplo el quitosano (Boarín-Alcalde & Graciano-Fonseca, 2016).

7.2.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Con base en la disponibilidad de nutrientes presentes en el pescado y el medio en el que este se desarrolla, la vulnerabilidad a la contaminación y reproducción de agentes patógenos es alta (Rondón *et al.*, 2020), lo que repercute tanto en la salud del mismo pez como en la rentabilidad del cultivo, además de convertirse en un riesgo sanitario para el consumo humano. Tomando en cuenta esto, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico y parasitológico realizados a la tilapia cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.

Los resultados en cuanto a la carga microbiana demuestran que la talla comercial chica es la más susceptible de contaminación microbiana, como se observó en las cuatro determinaciones realizadas (Tabla 7.3). Referente a la contaminación de cada una de las partes que conforman la tilapia, se observó que la piel es la de mayor contaminación.

Tabla 7.3. Unidades Formadoras de Colonias presentes en ejemplares de tilapia del Nilo cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado.

MUESTRA	DETERMINACIONES			
	MESÓFILOS AEROBIOS	COLIFORMES TOTALES	HONGOS	<i>S. AUREUS</i>
	UFC/ g muestra			
Referencia*	10'000,000	< 10	-	1000
Tilapia chica**	1390	130	660	150
Tilapia mediana**	540	120	180	150
Tilapia grande**	520	100	90	100
Completa***	1220	260	1400	1300
Piel	2455	1330	1570	450
Branquias	995	1255	1180	250
Escamas	395	815	1160	1450
Agua de cultivo	250	700	335	400

Los resultados son el promedio de 5 muestras analizadas.

*Parámetros y límites establecidos en la NOM-027-SSA1-1993, 242-SSA1-2009 y NMX-FF-002-SCFI-2011

**Solo se analizó el músculo

***Incluye escamas, piel, branquias y músculo

Los valores en cuanto a las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) presentes en el músculo de las tres tallas comerciales analizadas, no excedieron el límite permisible para mesófilos aerobios y *Staphylococcus aureus* de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana 242 (2009), caso contrario a la contaminación observada para coliformes totales en todas las muestras analizadas.

Los resultados demuestran la presencia de tres principales clases de microorganismos: a) Los microorganismos asociados con la vida útil del producto y aquellos indicadores de alteración, representados por los mesófilos aerobios y hongos, b) Los microorganismos indicadores de higiene representados por las coliformes totales y, c) los microorganismos patógenos en donde se encuentra el *Staphylococcus aureus*, cuya presencia representa peligrosidad en la salud humana.

7.2.4. CARACTERÍSTICAS PARASITOLÓGICAS

La parasitosis fue positiva en el 94% de las muestras analizadas. El 97% de muestras infectadas, mostraron presencia de parásitos únicamente en branquias, mientras que el resto mostró infección en branquias y cavidad bucal. Los órganos internos resultaron negativos de contaminación en el total de muestras. La intensidad y concentración parasitaria promedio para la tilapia de talla comercial cultivada en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado fue de 127.39 parásitos/pez y 0.37 parásitos/g pez, respectivamente.

De acuerdo con los resultados (Tabla 7.4), se pudo identificar que, tanto para la intensidad como para la concentración parasitaria, no existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las tres tallas comerciales analizadas, aunque en las dos determinaciones la cifra menor se observó en la talla mediana.

Tabla 7.4. Intensidad parasitaria en tilapia del Nilo (*O niloticus*) con base en la talla de cultivo

Grupos	Intensidad (parásitos/pez)			Concentración (parásitos/g pez)		
	Mínimo	Máximo	Promedio*	Mínimo	Máximo	Promedio*
Chica	47	301	140.36±83.61a	0.20	1.31	0.56+0.41a
Mediana	0	363	101.15±91.69a	0.00	0.94	0.27+0.24a
Grande	46	413	143.92±111.82a	0.08	0.97	0.31+0.28a

*Los valores presentados corresponden al promedio de 12 peces analizados por talla \pm desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

De acuerdo con el criterio de Verján (2001), la intensidad de infección observada en las tres tallas comerciales puede ser considerada como moderada, debido a que se observaron en promedio más de 100 pero menos de 200 parásitos/pez.

Las muestras contaminadas no mostraron anomalías en su apariencia física, lo que hace suponer que la intensidad y la concentración parasitaria no tienen relación directa con el aspecto físico de los peces.

Las especies identificadas en la mayoría de las muestras fueron, *Cichlidogyrus sclerosus*, *Cichlidogyrus tilapiae*, *Cichlidogyrus halli*, *Cichlidogyrus thurstonae* y *Scutogyrus longicornis*, son especies ya reportadas en México, sin embargo, no habían sido reportadas en la región muestreada. De acuerdo con estos resultados, se puede establecer que, los peces cultivados en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado se consideran aptos e inocuos para consumo humano, debido a que cumplen con la normatividad establecida en México (NOM-242-SSA1-2009), en donde se indica que el pescado apto para el consumo humano debe estar libre de *Gnathostoma*.

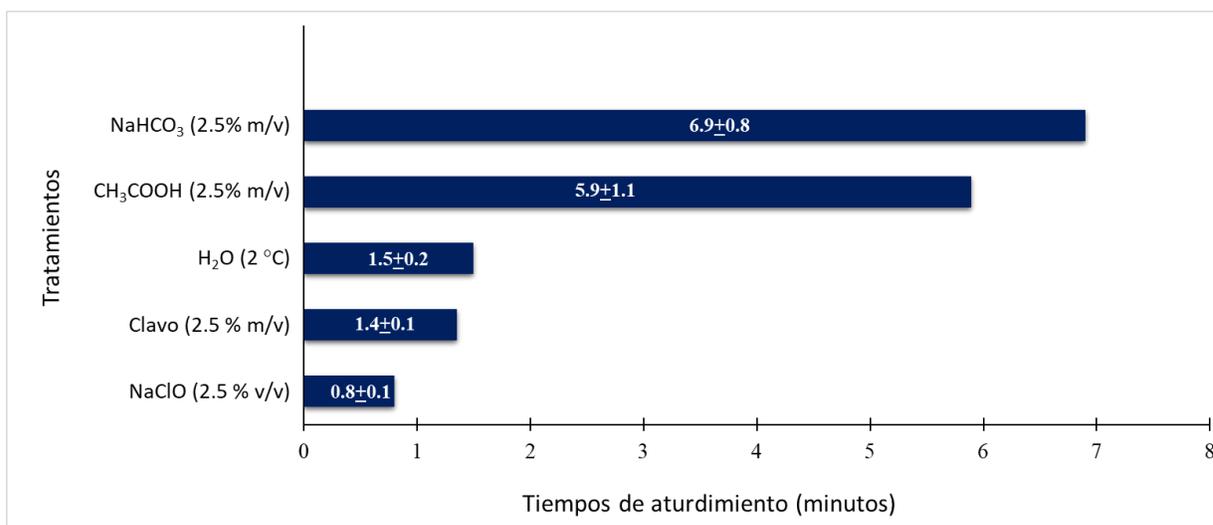
Aunque los parásitos identificados no representan un problema para la salud pública, si se relacionan con infecciones virales y bacterianas en los sitios de fijación (Rodríguez *et al.*, 2001), lo cual se puede manifestarse en un bajo desempeño productivo o un mal aspecto de los peces cultivados si no es atendido a tiempo. Así también, aunque la mayoría de los parásitos se identificaron en branquias, el cual es un órgano desechado al consumo, se debe considerar que el músculo aún debe someterse a un tratamiento adecuado de saneamiento, desinfección y cocimiento, con la finalidad de asegurar la inocuidad para el consumo (NOM-251).

7.3. ATURDIMIENTO DE LA TILAPIA DEL NILO (*O. niloticus*)

Actualmente los productores de tilapia en el embalse de la presa Miguel de la Madrid, no utilizan ningún método de aturdimiento previo al sacrificio de los peces ni tampoco algún método de conservación durante el transporte; una vez que los peces alcanzan la talla comercial requerida para su comercialización, estos son capturados y depositados en taras para su transporte, lo que

ocasiona la muerte de los peces por asfixia. De acuerdo con la FAO (2019), es una obligación aturdir y sacrificar de una forma humanitaria a los animales destinados al suministro de productos comestibles y de subproductos útiles, por lo que, tomando en cuenta la inocuidad y eficiencia en el proceso, después de cosechados, los peces deben mantenerse vivos en recipientes con agua limpia a 18 °C, evitar el agotamiento para reducir la autólisis, utilizar un sedante para tranquilizarlos y realizar el sacrificio con la mayor rapidez posible e inmediatamente ser procesados (FAO, 2014).

La figura 7.2 muestra los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos propuestos para el aturdimiento de tilapia del Nilo con peso promedio de 300-350 g, en donde se puede observar que el menor tiempo para aturdir a los peces fue la solución de cloro al 2.5. %, sin embargo, esta solución modificó la coloración de la piel de la tilapia, generando un color blanco opaco. Esto coloca a la solución de clavo o la fría a 2°C, como las mejores opciones para el aturdimiento de los peces.



Los resultados muestran el promedio de 3 ejemplares analizados por triplicado

Figura 7.2. Tiempos de aturdimiento en tilapia del Nilo (*O. niloticus*)

7.4. DESINFECCIÓN DEL FILETE DE TILAPIA DEL NILO (*O. niloticus*)

El aseguramiento de la inocuidad en materias primas destinadas a procesamiento es indispensable en cualquier sector debido a que asegura un producto derivado de calidad. De acuerdo con esto y con base en la importancia de llevar a cabo medidas de saneamiento y

desinfección, la figura 7.3 muestra los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos aplicados al filete de tilapia, en la cual podemos observar que el mejor tratamiento de desinfección fue la inmersión del filete en una solución de ácido acético al 2.5% m/v en agua durante 2.5 minutos, con lo cual se redujo un 99.9% la carga microbiana inicial, seguido de los tratamientos de clavo y el cloro.

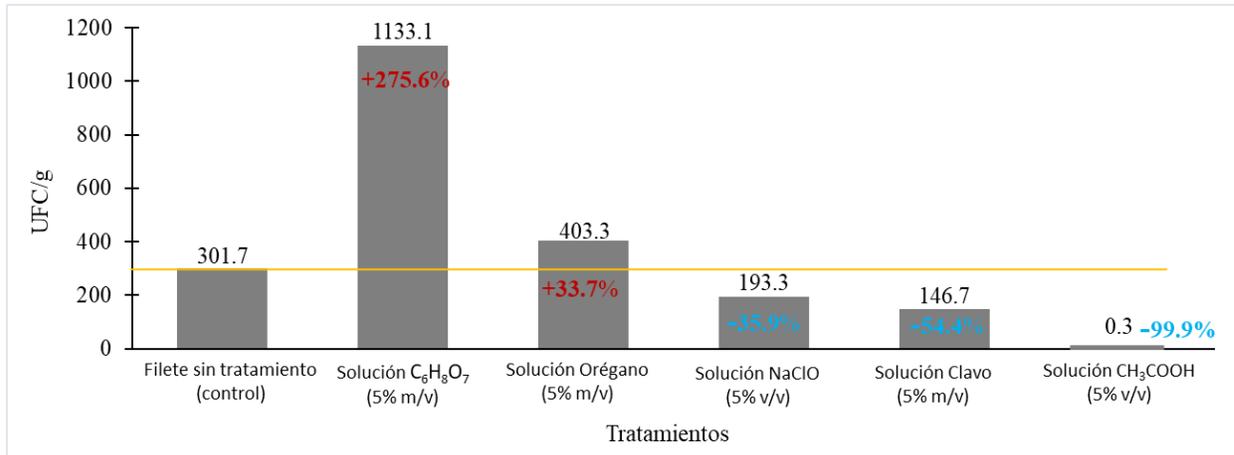


Figura 7.3. Unidades Formadoras de Colonias presentes en filete de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) bajo diferentes tratamientos de desinfección.

A pesar de que en algunas referencias enfatizan la utilización del ácido cítrico como buen agente desinfectante, antiséptico y/o bacteriostático (Maldonado & Delgado, 2012), en esta investigación se demostró que este ácido por el contrario aumenta de manera alarmante la carga microbiana presente de mesófilos aerobios en el filete de tilapia del Nilo.

7.5. CARACTERÍSTICAS DE UN EMBUTIDO DE TILAPIA DEL NILO (*O. niloticus*) TIPO CHORIZO ROJO MEXICANO

En la industria de alimentos, la caracterización físicoquímica, bioquímica y microbiológica de un producto alimenticio, nos puede orientar hacia qué mercado dirigirlo, identificar la logística para ubicarlo de una manera correcta, los beneficios biológicos que brinda al consumidor, la calidad sanitaria, pero, sobre todo, nos ayuda a predecir su vida útil y su comportamiento durante el almacenamiento y tomar decisiones en cuanto a las mejores vías de comercialización.

7.5.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS-BIOQUÍMICAS

Tomando en cuenta los resultados de la caracterización bioquímica del chorizo rojo de tilapia del Nilo (Tabla 7.5), se puede considerar este producto como un embutido fresco, al presentar una humedad por arriba del 50%, semejante al reportado por Carreño et al., 2016 para algunos chorizos frescos elaborados con carne de otro tipo de peces, sin embargo, resultó mayor al reportado por González et. al. (2013) para chorizos que se comercializan en la zona centro de México cuya humedad resultó menor a la de este trabajo (36-42%), al igual que el reportado por Cobos *et al.*, (2014) para chorizo de conejo, cerdo y cordero (44-47%).

Tabla 7.5. Porcentaje presente de componentes bioquímicos en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Determinación	% Presente
Humedad (%)	71.57 \pm 0.12
Cenizas (%)	2.93 \pm 0.01
Proteína (%)	17.14 \pm 0.01
Grasa Total (%)	2.75 \pm 0.20
Carbohidratos (%)	5.23 \pm 0.02
Fibra (%)	0.38 \pm 0.01

Representan el promedio de tres muestras analizadas por triplicado en cada determinación \pm desviación estándar.

El contenido de proteínas, lípidos y fibra resultó mayor en el chorizo de tilapia al compararlo con otros embutidos de fuentes convencionales (Leines-Medina *et al.*, 2018; Pino-Falconí *et al.*, 2020), considerándolo así una fuente rica de nutrientes.

El contenido de carbohidratos presentes en el chorizo rojo de tilapia representa en su mayoría a los ingredientes, condimentos y especias utilizadas en su elaboración, pues como se observó en apartados anteriores, el porcentaje presente de este componente es menor al 1% en el filete, materia prima principal utilizada en la formulación de este embutido.

7.5.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Los valores de pH y a_w identificadas en el chorizo de tilapia del Nilo (Tabla 7.6), lo colocan como un producto sensorialmente apto para el consumo humano y estable para su almacenamiento, ya que valores de pH inferiores a 4.5 propician sabores ácidos y desagradables en los alimentos y valores de pH superiores a 6.0 ocasionan el desarrollo de bacterias que alteran el producto durante su conservación (Quintana *et al.*, 2023). González et al (2010) comentan que, los embutidos con una a_w mayor de 0.95, son microbiológicamente perecederos, siempre y cuando el pH sea mayor a 6.0, algo que no sucede en el embutido de este trabajo.

Tabla 7.6. Características fisicoquímicas en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*)

Característica	Valor presente*
pH	4.80±0.00
Actividad de agua (a_w)	0.92±0.01
Acidez (%)	0.07±0.01
Color “a” Interno	17.05+0.50
Color “a” externo	20.33+0.58
Luminosidad (L) interno	42.45+2.89
Luminosidad (L) externo	40.40+3.53

*Representan el promedio de tres muestras analizadas por triplicado en cada determinación±desviación estándar.

La variación observada entre los valores del componente cromático “a” externo e interno, podría atribuirse a la funda que se utilizó al embutir el chorizo, ya que esta, le confiere cierta opacidad y por lo tanto menor luminosidad como se observa el valor externo en L. lo anterior provoca en consecuencia una apariencia más oscura que se traduce en un valor mayor en el componente cromático “a” externo.

7.5.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

La cantidad y tipo de microorganismos presentes en el chorizo dependen de múltiples factores, como los ingredientes no cárnicos, la temperatura de procesamiento, tratamientos de procesamiento, condiciones de higiene y manipulación, empaque y condiciones de almacenamiento, los cuales pueden aportar microorganismos al producto terminado (Jiménez-Edeza *et al.*, 2020). En productos cárnicos en la mayoría de los casos, son los tratamientos de procesamiento, los que reducen el número de bacterias presentes.

De acuerdo con los resultados de la carga microbiana presente en el chorizo rojo de tilapia (Tabla 7.7), se puede comentar que, un recuento bajo de mesófilos aerobios no implica la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa o representa la presencia de patógenos.

Tabla 7.7. Calidad microbiológica del chorizo rojo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*)

CARACTERÍSTICA	REFERENCIA	VALOR DETERMINADO*
		UFC/G
Mesófilos aerobios	10000**	103.30±5.70
Coliformes totales	-	Negativo
Hongos	<10***	206.6±11.54
<i>Staphylococcus aureus</i>	100***	Negativo

*Representan el promedio de tres muestras analizadas por triplicado en cada determinación +desviación estándar.

**NOM-213-SSA1-2018.

***NOM-122-SSA1-1994.

Los mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, provocando el deterioro fisicoquímico de éstos, debido a la utilización en su metabolismo de los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos disponibles, originando mal olor, alterando el sabor y el color en la superficie de los productos contaminados. La identificación y cuantificación de este tipo de microorganismos puede ser utilizada como indicador de temperaturas inadecuadas y elevada humedad, por lo que tomando en cuenta la carga de hongos presentes en el chorizo de tilapia, es importante realizar

tratamientos térmicos adecuados para el producto final e identificar el tipo de empaque que evite la humectación del producto.

7.6. MONITOREO DEL CHORIZO ROJO DE TILAPIA DEL NILO (*O. niloticus*) DURANTE EL ALMACENAMIENTO

El chorizo es un embutido crudo que se comercializa en todo México y su elaboración se realiza tanto con técnicas artesanales e industriales. Con base en sus características, este alimento se debe almacenar y comercializar en condiciones de refrigeración, sin embargo, no siempre se cuenta con la tecnología adecuada para este fin o resulta limitada, por lo que el monitoreo de sus características durante el almacenamiento es fundamental para elegir sus mejores condiciones de conservación y decidir el tiempo apto para su consumo.

De acuerdo con el comportamiento de las UFC de mesófilos aerobios en el chorizo de tilapia durante su almacenamiento (Figura 7.4), se puede establecer que el mejor tratamiento de conservación para este producto es la congelación. Sin embargo, después del día seis, los dos tratamientos exceden el límite permisible en cuanto a la carga microbiana mesofílica, establecida en la NOM 213 (2018).

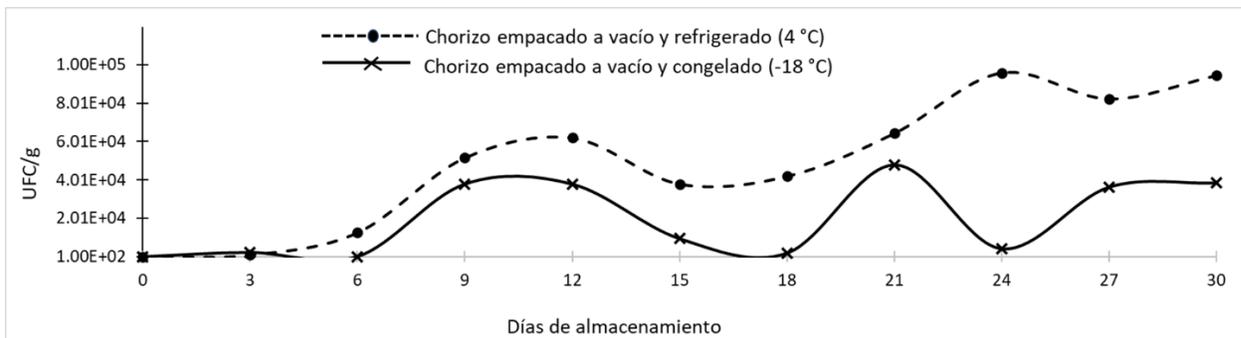


Figura 7.4. Variación de mesófilos aerobios en chorizo rojo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) a dos temperaturas de almacenamiento.

El pH es uno de los parámetros fisicoquímicos más importantes en los productos alimenticios, tanto por que interviene en las características sensoriales del producto, como también el efecto conservador que puede tener. Durante el almacenamiento del chorizo rojo de tilapia, se pudo

observar que el tratamiento de refrigeración tuvo menores variaciones en los valores de pH (Figura 7.5) con respecto a la congelación. Sin embargo, los menores valores de pH se presentaron en la congelación.

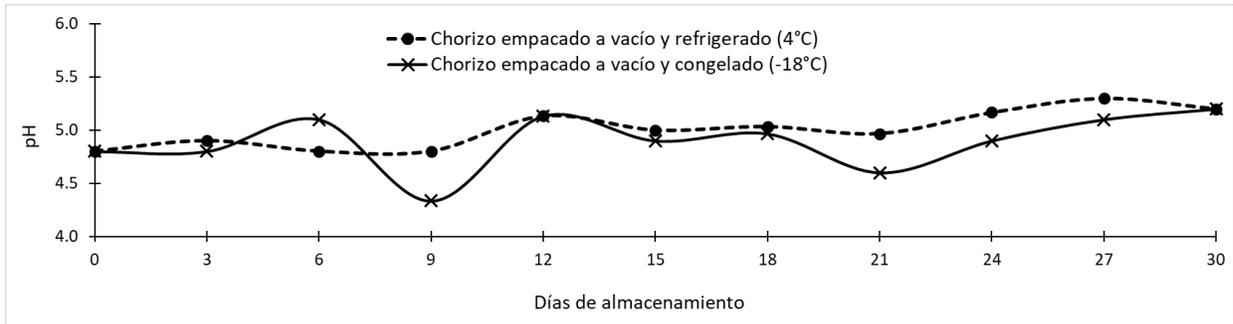


Figura 7.5. Variación del pH en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) a dos temperaturas de almacenamiento.

Respecto a la actividad de agua observada durante el almacenamiento (Figura 7.6), se pudo observar que esta disminuye durante la refrigeración, aunque en la congelación se observa una estabilidad en este parámetro fisicoquímico.

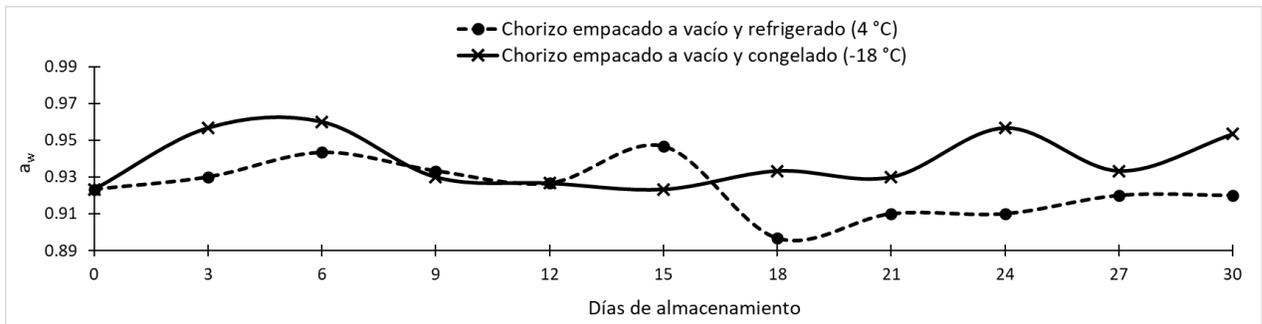


Figura 7.6. Variación de la actividad de agua (a_w) en el chorizo rojo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) a dos temperaturas de almacenamiento.

7.7. ESTUDIO DE MERCADO PARA EL CONSUMO DE TILAPIA DEL NILO (*O. niloticus*) Y DERIVADOS

El 92% de los encuestados consumen pescado, el resto aseguró no hacerlo por la contaminación del agua, el precio alto y por el olor-sabor. El pescado más consumido es la mojarra con un 63%, seguido del huachinango y el atún; identificándose que dicho consumo es de 1 a 2 kg.

Del porcentaje que consume tilapia, el 65% hace la consume semanal, el 23% quincenal y el 10% mensualmente. El 70% hacen la compra de tilapia en los mercados locales, el resto en pescadería. Las principales presentaciones de compra son entera fresca eviscerada (70%), 20% en filete sin piel, el 8% la compra viva y el resto en postas. El 95% de las personas que consumen tilapia lo hacen en casa, de los cuales el 62% la consumen frita, el 14% en caldo y el resto en otras presentaciones.

El 80% de los encuestados consumen embutidos, principalmente por la rapidez y practicidad de estos productos, siendo la salchicha, el jamón y el chorizo los más adquiridos. Los encuestados prefieren embutidos elaborados con pavo (51%), cerdo (30%) y res (15%), consumiéndolos quincenal (52%), mensual (31%) y semanal (16%). En el 56% de las encuestas se observó que la televisión es el principal medio por el cual los consumidores conocen los embutidos, sus características, precios y decisiones de compra. El 31% comentó que son las degustaciones en los supermercados las que convencen en la compra.

El 82% de las encuestas prefieren comprar los embutidos en los supermercados, seguido del 13% que prefiere hacerlo en las tienditas de la esquina. Los encuestados compran los embutidos principalmente a granel, seguido de por empaque y finalmente por pieza.

El 99% de los encuestados comentó que comprarían algún embutido hecho con tilapia, siempre y cuando fueran de marca Oaxaqueña y que estuvieran libre de conservadores químicos.

El 34% podría evitar comprar embutidos de pescado por el sabor, el 19 % por el olor y el 15% por la textura.

En cuanto a la preferencia, el 31% de los entrevistados comprarían jamón de tilapia, el 28 % prefiere el chorizo, el 26 % la carne para hamburguesa y el 15% compraría salchicha. El 67 % pagaría arriba de los 70 pesos, el 22% arriba de los 90 pesos y el 9% arriba de los 100 pesos y el 2% no le importaría el precio. El 67% del total de individuos encuestados consumiría productos derivados de tilapia del Nilo siempre y cuando conserven sus propiedades nutritivas, mientras que el 24% estaría dispuesta a probarlos.

7.8. TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la entrevista y cuestionario aplicado a los productores de tilapia descrito en el numeral 6.3.1., de este trabajo, se identificaron algunas deficiencias en cuanto al registro y control de la práctica acuícola, principalmente en los eslabones de producción, procesamiento y comercialización. De acuerdo con esto, se generaron algunos formatos de control aplicables a la actividad (Figura 7.7), las cuales fueron entregados y explicados a algunos productores, así como lo referente al manejo postmortem y procesamiento de la tilapia del Nilo (Figura 7.8).

a)

COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS NOA # 11 LITE # 14 COL. NUEVA FLORENCIA SAN DIAS BAUTISTA TUSTEPIC OAXACA C.P. 68000
www.cesaproducto.com Tel: 01 287 87 1 05 82 Cel: 044 287 108 12 64

BITÁCORA DIARIA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA (*O. niloticus*) EN JAULAS FLOTANTES Y COMERCIALIZACIÓN
Fecha (día/mes/año): _____ Nombre o RNP del Acuicultor: _____

HORA	NÚMERO DE RACIONES	PESO DE CADA RACIÓN (g)	ETAPA DEL ALIMENTO*	TALLA**		MARCAS DEL ALIMENTO	NÚMERO DE JAULAS ALIMENTADAS	OBSERVACIONES
				AL	J AD			

* H: harina, M: mixtura, D: desarrollo, F: finalización. ** AL: alevin, J: juvenil, AD: adulto

HORA	NÚMERO DE PECES ANALIZADOS	PESO TOTAL PROMEDIO (g)	TALLA		APROXIMADO DE PECES POR JAULA	BIOMASA POR JAULA (kg)	NÚMERO TOTAL DE JAULAS DE ESA TALLA	OBSERVACIONES
			AL	J AD				

c)

COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS NOA # 11 LITE # 14 COL. NUEVA FLORENCIA SAN DIAS BAUTISTA TUSTEPIC OAXACA C.P. 68000
www.cesaproducto.com Tel: 01 287 87 1 05 82 Cel: 044 287 108 12 64

BITÁCORA MENSUAL PARA EL CULTIVO DE TILAPIA (*O. niloticus*) EN JAULAS FLOTANTES Y COMERCIALIZACIÓN
Nombre o RNP del Acuicultor: _____

FECHA (dd/mes/aa)	ALEVINOS COMPRADOS (kg)	VENDEDOR	PROCEDENCIA	COMPRO		PESO APROXIMADO DEL ALEVÍN	% APROX DE MACHOS COMPRADOS	OBSERVACIONES
				PRECIO POR KG	COSTO TOTAL			

FECHA (dd/mes/aa)	kg SEMBRADOS	JAULAS SEMBRADAS	TIPO DE JAULA			VOLUMEN APROX DE LA JAULA	IDENTIFICACIÓN O NÚMERO DE JAULA	OBSERVACIONES
			HEX	CUAD	CIRC			

HEX: hexagonal, CUAD: cuadrada, CIRC: circular

FECHA (dd/mes/aa)	CANTIDAD VENDIDA (kg)	TALLA			PRECIO POR kg	PESO APROX POR PEZ (g)	PRESENTACIÓN		CLIENTE	OBSERVACIONES
		CH	MED	GDE			VIVA	EVISCERADA / FILETE		

b)

COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS NOA # 11 LITE # 14 COL. NUEVA FLORENCIA SAN DIAS BAUTISTA TUSTEPIC OAXACA C.P. 68000
www.cesaproducto.com Tel: 01 287 87 1 05 82 Cel: 044 287 108 12 64

BITÁCORA SEMANAL PARA EL CULTIVO DE TILAPIA (*O. niloticus*) EN JAULAS FLOTANTES Y COMERCIALIZACIÓN
Nombre o RNP del Acuicultor: _____

DÍA	FECHA (dd/mes/aa)	NÚMERO DE PECES MUERTOS POR JAULA	TALLA		IDENTIFICACION DE LA JAULA	PARTE FISICA DANADA		OBSERVACIONES
			AL	J AD		006	PRE: BRANQUIAS / ALETAS	

FECHA	TRATAMIENTO		SUSTANCIA	DOSIS APLICADA	FORMA DE TALLA TRATADA		NÚMERO DE JAULAS TRATADAS	OBSERVACIONES
	PRE	MEDICAM			AL	J AD		

d)

COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS NOA # 11 LITE # 14 COL. NUEVA FLORENCIA SAN DIAS BAUTISTA TUSTEPIC OAXACA C.P. 68000
www.cesaproducto.com Tel: 01 287 87 1 05 82 Cel: 044 287 108 12 64

BITÁCORA POR CICLO DE PRODUCCIÓN: CULTIVO DE TILAPIA (*O. niloticus*) EN JAULAS FLOTANTES
Nombre o RNP del Acuicultor: _____

FECHA (dd/mes/aa)	TALLA BASE	TALLA A CAMBIO	DESDOBLES			TIPO DE JAULA	OBSERVACIONES
			ORIGINAL DE JAULAS	JAULAS FINAL			

1: hexagonal; 2: cuadrada; 3: circular

FECHA (dd/mes/aa)	TIPO DE JAULA	LAVADO	MANTENIMIENTO DE JAULAS			OBSERVACIONES
			REMENDA	CAMBIO DE MALLA	CANTIDAD DE JAULAS	

Figura 7.7. Bitácoras, a) Diaria, b) Semanal, c) Quincenal y d) Mensual, para el control de la actividad acuícola en el embalse de la Presa Miguel de la Madrid Hurtado.



Figura 7.8. Entrega de resultados a productores de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) y acompañamiento técnico en campo.

VIII. CONCLUSIONES

La adopción de los resultados generados en este trabajo ha contribuido de manera positiva en el control de las actividades primarias de los eslabones de producción, procesamiento y comercialización, de la cadena productiva de tilapia del Nilo en la región del Papaloapan.

En el aspecto productivo, la generación de bitácoras de control ha ayudado a los productores a identificar mejor las necesidades en la práctica y la posible optimización de los recursos con que cuentan.

El manejo postcosecha, el conocimiento de la calidad sanitaria, así como la agregación de valor para la tilapia, ha beneficiado al eslabón de procesamiento, permitiendo a los productores identificar los tratamientos necesarios que deben aplicar y una opción de conservarla por más tiempo.

La generación de un producto derivado de tilapia ha aumentado las líneas de comercialización, ha colocado a los productores de la región como pioneros en la industrialización de la tilapia, ha diversificado la acuicultura en la región y representa una opción saludable para los consumidores de embutidos.

Independiente de los avances obtenidos con este trabajo, aún falta más trabajo por hacer, como por ejemplo la transferencia tecnológica, la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de los desechos generados por la acuicultura, la creación de cooperativas que se dediquen a la integración de la producción en la región y que eviten la venta desleal, entre otras.

IX. REFERENCIAS

- Alvarado-Ruíz, C. (2015). Comparación del crecimiento de machos y hembras de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivadas en jaulas. *Uniciencia*, 29(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.29-1.1>
- Amaya Hernández, A., Ortega Luyando, M., & Mancilla Díaz, J.M. (2021). Cómo, qué y por qué ocuparnos de la alimentación. *Journal of Behavior and Feeding*, 1(1), 51-59. <http://www.jbf.cusur.udg.mx/index.php/JBF/article/view/15>
- Antonio-Estrada, C., Kido-Cruz, M.T., Borrás-Enríquez, O.A., & Alcántar-Vázquez, J.P. (2021). Disposición a pagar del consumidor de derivados de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el estado de Oaxaca. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 31(58), 2-22. <https://doi.org/10.24836/es.v31i58.1127>
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. Ed. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- Basualdo, R.L.J. (2012). SAGARPA-CONAPESCA. *Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México*. Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. Primera Edición. México. 181 p.
- Bermúdez García, V.S., Huaman Mujica, K., Castañeda-Vía, J.A., Landauro, C.V., Quispe, J., & Tay Chu Jon, L.Y. (2021). Obtención de hidroxiapatita a través de residuos biológicos para injertos óseos dentales. *Revista Estomatológica Herediana*, 31(2), 111-116. <https://dx.doi.org/10.20453/reh.v31i2.3971>
- Boarín-Alcalde, L., & Graciano-Fonseca, G. (2016). Alkali process for chitin extraction and chitosan production from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) scales. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 683-688.
- Burgos, C.B.A., Nieto, C.C.A., Bosquez, M.A.L., Vera, H.W.A. & Rodríguez, T.J.M. (2023). Caracterización de la frecuencia de alimentación en diferentes raciones en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*), con base en indicadores de crecimiento (longitud y peso). *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(2), 449-462.
- Carreño, M.O., Cabrera, D.E., Bado, N.B., & Codina, G. (2016). Alternativas tecnológicas para enfrentar la invasión del pez león (*Pterois volitans*, linnaeus 1758) en el caribe colombiano. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 2, 28-34.
- Cobos, V.J.E., Soto, S.S., Alfaro, R.R.H., Aguirre, A.G., Rodríguez, P.B.R., & González, T.R.

- (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Nacameh*, 8(1), 50-64.
- Colmenero, F.J., & Carballo, S. (1985). Principios básicos de elaboración de embutidos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 20 p.
- CONACYT (2014). Agenda de Innovación de Oaxaca. <https://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/07/4.1-Agenda-del-%C3%A1rea-de-Alimentaci%C3%B3n.pdf>
- CONAPESCA. (2014). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Mazatlán, Sin, México. www.conapesca.gob.mx/wb/cona/9_de_noviembre_de_2014_san_lucas_ojitlan_oaxaca.
- COPLADE. (2020). Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca. 2020. Diagnóstico. Plan de Desarrollo Regional Papaloapan. Oaxaca, Méx.
- Crespo, G.G.M. (2009). Desarrollo de un prototipo de medallón de tilapia (*Oreochromis sp*) evaluando dos tipos de empanizado y dos niveles de harina de soya. Proyecto de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana. Zamora, Honduras. 27 p.
- Damián Ramírez, S., Carreras Solís, R. del S., Ibarra Gutiérrez, A., Martínez González, G.A., Linares Grimaldo, J.L., & Ángel Hernández, A. (2022). Influencia del bienestar animal durante el manejo pre-sacrificio en la calidad de la carne. *Jóvenes en la ciencia*, 14, 1–13. <https://doi.org/10.15174/jc.2022.3474>
- Delgado, Y.G., & Rodríguez, E.B.V. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria*, 20(1). DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- Díaz-Ortega, J.L. (2020). Propiedades Nutricionales y Funcionales de los alimentos. 1ª edición. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Perú. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/>
- Espinoza, D., & Castillo, A. (2022). Avances tecnológicos en la obtención, identificación y producción de hidrolizados proteicos de residuos de pescado por acción enzimática: propiedades bioactivas y tecnofuncionales, aplicación en alimentos, mercado y regulación. *Scientia Agropecuaria*, 13(2), 135-148. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.012>
- FAO. (2009). *Oreochromis niloticus*. In Cultured aquatic species fact sheets. https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletlapia.htm

- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Consultado Agosto, 2023. <https://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>
- FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Consultado Agosto del 2023. <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- FAO. 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Visión general del sector acuícola Nacional. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es
- FAO. 2022. El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. Hacia la transformación azul. Consultado Agosto del 2023. <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>
- Farfán, N., Juárez, D., Rossi, A., & Sammán, N. (2000). Composición química de carne de ganado bovino criollo. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(4), 400-404.
- Ferrer Arrocha, M., Fernández Rodríguez, C., & González Pedroso, M.T. (2020). Factores de riesgo relacionados con el sobrepeso y la obesidad en niños de edad escolar. Revista Cubana de ediatría, 92(2).
- García, M. A. J., Ordoñez, M. J., & Briones, S. M. (2004). Biodiversidad de Oaxaca. UNAM. México, D.F. pp. 609.
- García, O.A., & Calvario, M.O. (2008). Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. Mazatlán, Sinaloa, México. 158 p.
- Gomez, D.Y., & Velázquez R.E.B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. Revista Digital Universitaria (RDU), 20(1), 1-11. <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- Gonzalez, A. (2012). Efecto del aturdimiento y desangrado sobre el bienestar y la calidad en lubina (*Dicentrarchus labrax*). Tesis de maestría. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- González, M.I., Suárez, H., & Martínez, O. (2010). Influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jamón de cerdo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 23(3), 336-348.
- González-Ramírez, M.G., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J., Aguilar-Gallegos, N., & Forero-Larrañaga, O.A. (2019). Desarrollo de proveedores de hule natural en la cuenca

del río Papaloapan, México: avances y limitaciones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 259-276.

González-Tenorio, R., Totosaus, A., Caro, I., & Mateo, J. (2013). Caracterización de Propiedades Químicas y Fisicoquímicas de Chorizos Comercializados en la Zona Centro de México. *Información Tecnológica*, 24(2), 3-14.

Hernández-Orellana, A.M., Martínez-Hernández, E.G., & Carranza-Estrada, F.A. (2022). Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis sp.*) cultivadas en tres lagos de El Salvador. *Agrociencia*, 21, 24-33.

INEGI. (2016). Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2016. Consultado agosto del 2023. https://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/mapas2016/Oax_mapas.pdf

Isiordia-Pérez, E., Isiordia-Cortez, A., Cuevas-Rodríguez, B.L., Ruiz-Velazco, J., & Bautista-Covarrubias, J.C. (2021). crecimiento y sobrevivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivada en jaulas flotantes rectangulares. *Acta Pesquera*, 7(13): 62-68.

Izquierdo, C.P., Torres, F.G., Barboza M.Y., Márquez, S.E., & Allara, C.M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos y contenido de aminoácidos esenciales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 187-194.

Izquierdo, P., Torres, G., Allara, M., Márquez, E., Barboza, Y., & Sánchez, E. (2001). Análisis proximal, contenido de aminoácidos esenciales y relación calcio/fosforo en algunas especies de pescado. *Revista Científic*, 11(2), 95-100.

Jiménez B.M. L., & Arredondo F, J. L. (2000). Manual técnico para la reversión sexual en Tilapia. *Desarrollos Tecnológicos*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, D. F., 37.

Jiménez-Edeza, M., Castillo-Burgos, M., Germán-Báez, L.J., & Castañeda-Ruelas, G.M. (2020). Venta a granel de embutidos: una tendencia de comercialización asociada al riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos en Culiacán, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 848-858. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5274>

Lamothe, A.R. (1997). Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. AGT Editor. 1ª edición.

Leines-Medina, D., Hernández-Benavides, D.M., Hernández-Aguilar, J.A. & Rodríguez-Acosta, E. (2018). Embutidos de conejo, un producto alimenticio de mayor aporte nutricional. *Tectzapic*, 4(1), 21-30. <https://www.eumed.net/rev/tectzapic/2018/01/embutidos-conejo.html>.

López-Hernández, W.A., Garza-Bueno, L.E., Cruz-Galindo, B., & Nieto-Ángel, R. (2019). Competitividad del limón persa en la región del Papaloapan, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 921-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.408>

- Maldonado, M.L., & Delgado, G.E. (2012). Evaluación de dos desinfectantes químicos sobre *E. coli* presente en canales de pollo. @ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 10(1), 80-86.
- Martínez-Castro, C.J., Cotera-Rivera, J. Arceo-Merales, O.L., Damien-Forsythe, E., & Kido-Cruz, M.T. (2015). Agentes y márgenes de comercialización del ganado bovino para abasto en Loma Bonita, Oaxaca. Revista Mexicana de Agronegocios, 36, 1188-1198.
- Mera, M.C.R. (2015). Efecto del aceite esencial de orégano (*Oreganum vulgare* L.) como agente antimicrobiano en la conservación de la carne de dos especies de Tilapia: negra (*Oreochromis mossambicus*) y roja (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 113 p.
- Misto, S.M., & Alanes, O.L.E. (2018). Biometry of the Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in the consumer markets of La Paz. Revista Estudiantil AGRO – VET, 2(2), 199-204.
- Montoya, F. (1997). Manual para Preparar Productos Cárnicos Ahumados en Forma Artesanal. Red de Agroindustria Rural de Venezuela, Universidad Nacional Experimental del Táchira, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 71 p.
- Morán, G.S.P., Rojas, M.E.V., Contreras, D.J.L., & Coronel, A.P.M. (2021). hipertensión arterial. Tesla Revista Científica.
- mossambicus*) y roja (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 113 p.
- Mundo-Rosas, V., Unar-Munguía, M., Hernández-F., M., Pérez-Escamilla, R., & Shamah-Levy, T. (2019). La seguridad alimentaria en los hogares en pobreza de México: una mirada desde el acceso, la disponibilidad y el consumo. Salud Pública de México, 61(6), 866-875. <https://doi.org/10.21149/10579>
- NMX-002. (2011). Norma Mexicana NMX-FF-002-SCFI-2011-Productos de la pesca - pescados de agua dulce refrigerados – especificaciones (Cancela a la NMX-FF-002-1994-SCFI).
- NMX-045. (1982). Norma Mexicana NMX-F-045-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Análisis.
- NMX-102. (1978). NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma Mexicana. Dirección General de Normas.
- NOM-086. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

- NOM-092. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-109. (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-110. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-111. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113 (1994). NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-130. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- NOM-213. (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- NOM-242. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.
- NOM-251. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
- Ormaza, M.M.C., Velázquez, R.V., Holguín, W.D.V., Tumbaco, M.V., & Indacochea, N.O. (2022). Composición orgánica de los alimentos que garantizan la soberanía alimentaria en la parroquia San Jacinto del Búa. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 6(2), 29-46.
- Osorio, R. T., Vázquez, F.M., & Romero, S.A. (2022). Evaluación de hidroxiapatita natural a partir de escamas residuales: un enfoque sostenible Evaluation of natural hydroxyapatite from residual scales: a sustainable approach. In Ediciones UTEG 56 pp. Título: Congreso de Desarrollo, Ambiente y Sociedad Perspectiva Multidisciplinar Volumen III. 11 p.
- Pérez, I.O., Nazar, B.A., Salvatierra, I.B., Pérez-Gil, R.S.E., Rodríguez, L., Castillo, B.M.T., & Mariaca, M. R. (2012). Frecuencia del consumo de alimentos industrializados modernos en la dieta habitual de comunidades mayas de Yucatán, México. Estudios Sociales, 20 (39), 156-184.

- Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., Estrada-Angulo, A., Sánchez-López, E., Barreras-Serrano, A., Bolado-Sarabia, J.L., & Ríos-Rincón, F.G. (2015). Indicadores de bienestar animal durante el aturdimiento de bovinos sacrificados en establecimientos Tipo Inspección Federal del noroeste de México. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(3), 375-380. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000300015>
- Pino-Falconí, P.R., Zambrano-Núñez, T.M., Romero-Machado, E.R., & Villamar-Manrique, S.A. (2020). Empleo de diversos niveles de extracto proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en elaboración de chorizo. *Polo del Conocimiento*, 47(5), 304-337.
- Polo, V. D. (2022). Factores que limitan la incorporación de tecnologías agrícolas en productores de piña en la región de la cuenca baja del Papaloapan. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Veracruz, Méx.
- Quintana, S. C., Torres, O. N., Mora, M. L., & Sjostrom, P. D. (2023). Salmonella spp como contaminante de la carne de pollo: una revisión. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(5), 187-204.
- Ramírez-Maces, H.O., Tadeo-Robledo, M., Villegas-Aparicio, Y., Aragón-Cuevas, F., Martínez-Gutiérrez, A., Rodríguez-Ortiz, G., & de la O-Olán, M. (2023). Diversidad biológica del sistema milpa y su papel en la seguridad alimentaria en la sierra mixe, Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 105-105.
- Rodríguez G., M., Rodríguez C., D., Monroy G., & Mata S., J. 2001. Manual de Enfermedades de Peces. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuicola Universidad Autónoma Metropolitana*. 3(15), 1-15.
- Rondón, J., Ramos, D., Vilca, M., Salazar, E., Mendoza, Y., & González, R. (2020). Caracterización sanitaria e identificación de los puntos de contaminación microbiológica en la cadena de comercialización pesquera en el puerto de Pucallpa, Ucayali, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1), 1-13.
- SAGARPA. (2008). Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. Veracruz, México. 143 p. Consultado Agosto 2019. <http://www.funprover.org/publicaciones.asp>
- SAGARPA. (2013). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Acuicultura. Carta Nacional Acuicola. www.inapesca.gob.mx/portal/publicaciones/carta-nacional-acuicola.
- SAGARPA. (2017). Desarrolla SAGARPA potencial comercial de nueve especies acuícolas y pesqueras. México. Consultado Agosto 2020. <http://www.sagarpa.gob.mx/>
- Salgado, M.G. (2009). Atlas de Helmintos de peces de agua dulce de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Trulls, H., & Ortiz, M.L. (2022). Minerales mayoritarios y elementos traza en carne de pescado de agua dulce y salada. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 12 (1), 32-42. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2022.12.01.32>
- Valencia, V. R. G., Ortíz, H. L. 2014. Disponibilidad de alimentos en los hogares mexicanos de acuerdo con el grado de inseguridad alimentaria. *Revista salud pública de México*, 56(2), 154- 164.
- Vasquez Martinez, D. S., Alba López, M., Estudillo León, A., Jaramillo Tovar, J. G., & Rodríguez Antonio, O. J. (2022). Nutrición, la clave para un mejor rendimiento cognitivo. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(17), 18-27. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7957>
- Verján, N., Iregui, C. A., Rey, A. L., & Donado, P. 2001. Sistematización y caracterización de las lesiones branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de cultivo clínicamente sana: algunas interacciones hospedador-patógeno-ambiente. *Revista AquaTic*, 15, 1-22.
- Vidal, M.V.M., Aguirre, M.M.L., Sholz, T., González, S.D., & Mendoza, F.E.F. (2002). Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Instituto Politécnico Nacional. México D. F. 182.
- Villavicencio-Ruiz, M., Sánchez-Pérez, S.G., Ramírez-Reyes, M.Y., Ventura-Cortes, M.J., Tinoco-Jeronimo, P., & Cortes Barragán, B. (2019). Sobrepeso e ingesta alimentaria en escolares de la zona Costa del Estado de Oaxaca. *Nure investigación*, 16(99), 1-12.
- Vivanco, A. M., Martínez, C.F.J. & Taddei, B.I.C. (2010). Análisis de competitividad de cuatro Sistema-Producto estatales de tilapia en México. *Estudios Sociales*, 18 (35), 165-208.
- Zambrano Vera, V. L., Luzuriaga Cabrera, J. J., Chinga Bazurto, V. O., & Delgado Carrillo, M. J. (2022). La diabetes infantil y sus consecuencias en el desarrollo físico y emocional. *Revista Científica Biomédica Higía De La Salud*, 6(1). <https://doi.org/10.37117/higia.v6i1.694>

X. ANEXOS



EL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A:

Antonio Estrada Carolina

Por su participación como **PONENTE** con el tema: "Transferencia tecnológica para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región Papaloapan, Oaxaca, México." en las XV Jornadas Políticas (Acceso Universal al Conocimiento y Retribución Social para la Atención de los Programas Nacionales Estratégicos de la República Mexicana), realizadas en modalidad virtual los días 30 y 31 de agosto de 2022.

Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca, a 30 de agosto de 2022.

"La Técnica al Servicio de la Patria"



CIIDI R OAXACA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD OAXACA

DR. SALVADOR ISIDRO BELMONTE JIMENEZ
DIRECTOR

Folio: D/SA/DI/86/2022



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN

A

Carolina Antonio and Iván Antonio García Montalvo

Por su valiosa participación en el primer CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CONFORMACIÓN DE REDES DE INVESTIGACIÓN DEL TecNM con la conferencia:

“Investigación y Transferencia Tecnológica para el Procesamiento Semi-industrial de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la región Papaloapan, Oaxaca, México.”

24 y 25 de octubre del 2022 en el INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO-MÉXICO.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE POSGRADO,
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

DR. JESÚS OLAYO LORTIA

DIRECTOR DE POSGRADO INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DEL TecNM Y PRESIDENTE DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CONFORMACIÓN DE REDES DE INVESTIGACIÓN INNOVATEC 2022.



CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CONFORMACIÓN DE REDES DE INVESTIGACIÓN DEL TecNM

ESTATUS: Bajo revision (IRANIAN JOURNAL OF FISHERIES SCIENCES)

1 Dynamics of the infestation rate and concentration of ectoparasites in Nile tilapia *Oreochromis*
2 *niloticus* (PERCIFORMES: CICHLIDAE) of different sizes in Oaxaca, Mexico.

3

4 Carolina Antonio Estrada. Graduate Studies and Research Division, Instituto Tecnológico de
5 Oaxaca. National Technological Institute of Mexico. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, Mexico.

6 carolina_ibq210780@hotmail.com

7 Eleazar Gutiérrez Cubillas. Institute of Agroengineering, Universidad del Papaloapan. Loma
8 Bonita, Oaxaca, 68400. Mexico. eleguce910823@hotmail.com.

9 Iván Antonio García Montalvo. Graduate Studies and Research Division, Instituto
10 Tecnológico de Oaxaca. National Technological Institute of Mexico. Oaxaca de Juárez,
11 Oaxaca, Mexico. snipermontalvo@gmail.com.

12 Correspondence author: Carolina Antonio Estrada (carolina_ibq210780@hotmail.com).

13

14 **Abstract**

15 In aquaculture, the productive performance and the benefits that can be obtained depend not
16 only on a successful genetic line of the species and/or the technicalisation of the system, but
17 also on the management during culture, where parasites are some of the most problematic
18 agents, especially when external factors cannot be controlled, as is the case in cage culture.
19 Samples of Nile tilapia were collected from floating cages in a reservoir in the south-east
20 Mexico. The prevalence, load, and parasite concentration were analyzed at different sizes and
21 geographic points of culture, and infesting parasites were identified. In juvenile fish, the
22 prevalence was higher. The infestation rate (76.6 parasites/fish) increased with increasing size,
23 contrary to the concentration (87.2 parasites / g of gills). The point sampled with higher water
24 hardness, lower chlorine concentration, lower dissolved O₂ and lower temperature resulted in
25 higher infestation rate. Monogeneans were found in the gill arches and hirudineans in the oral

CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DEL CULTIVO DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN, OAXACA, MÉXICO

Carolina Antonio Estrada¹, César Julio Martínez Castro², Héctor Hugo Sánchez Hernández³, Marco Antonio Sánchez Medina⁴, Iván Antonio García Montalvo⁵

¹Estudiante de Doctorado. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. carolina_ibq210780@hotmail.com, (951)5015016 ext. 1143. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja 125, Oaxaca de Juárez, Oax. C.P. 68030. **Autor corresponsal.**

²Doctor en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico. Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita. Instituto de Agroingeniería. c_julios4@hotmail.com, 2818729230 ext. 221. Av. Ferrocarril S/N. Loma Bonita, Oax. C.P. 68400.

³Doctor en Ciencias Ópticas. Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita. Instituto de Agroingeniería. hehusan@hotmail.com, 2818729230 ext. 221. Av. Ferrocarril S/N. Loma Bonita, Oax. C.P. 68400.

⁴Doctor en Ciencias. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. mmedinaito@gmail.com, (951)5015016 ext. 1143. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja 125, Oaxaca de Juárez, Oax. 68030.

⁵Doctor en Ciencias Médicas y Biológicas. Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. snipermontalvo@gmail.com, (951)5015016 ext. 1143. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja 125, Oaxaca de Juárez, Oax. C.P. 68030.

Resumen – La acuicultura tiene potencial para contribuir a la seguridad alimentaria de México. Existen zonas de este país donde la actividad se realiza con resultados alentadores para lograr desarrollo sustentable de comunidades rurales. No obstante, se carecen de estudios que muestren los aspectos básicos en los cuales se practica la actividad. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de una encuesta aplicada a acuicultores de tilapia de tres municipios de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca, México, referentes a cinco características: productores, jaulas, producción, comercialización y consumo, y aspectos generales de la práctica acuícola. Se aplicó una encuesta a 70 acuicultores empleando el método de muestreo no probabilístico de bola de nieve. Los resultados destacan que la producción la realizan principalmente hombres (83%) con edades de 19 y hasta 75 años. La mayoría habla lengua indígena (88%). Los acuicultores utilizan jaulas flotantes rectangulares (97%), las cuales han incrementado en número desde el inicio de la actividad con respecto al momento en que se aplicó la encuesta. El costo de alimentación representa del 61 al 70% del costo total. La mayor parte de la tilapia cosechada por ciclo se destina para venta, aunque los productores manifestaron destinar en promedio el 1.7% al autoconsumo. Un amplio porcentaje (96%) sigue protocolos de alimentación. Se concluye que, la producción acuícola de tilapia en la región del Papaloapan ha contribuido a lograr diversos objetivos socioeconómicos de interés nacional en comunidades consideradas con pobreza extrema y rezago social, como la generación de autoempleos que mejoran los ingresos de los acuicultores y el nivel de vida de sus familias. Además, tiene el potencial para aumentar la oferta de alimentos altamente nutritivos como la tilapia, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y el desarrollo social, tecnológico y económico del estado de Oaxaca y del país.

Palabras Clave: Acuicultura, tilapia, características personales, producción, comercialización.

Abstract – Aquaculture has the potential to contribute to Mexico's food security. This activity is being implemented in some areas of the country with positive results in terms of sustainable development of rural communities. However, studies showing the basic aspects in which the activity is practiced are lacking. This paper presents the results obtained from a survey of tilapia farmers in three municipalities of the Papaloapan Cuenca, Oaxaca, Mexico, regarding five characteristics: producers, cages, production, marketing and consumption, and general aspects of the aquaculture practice. A survey was applied to 70 fish farmers using the non-probabilistic snowball sampling method. The results show that production is mainly concentrated in men (83%) between the ages of 19 and 75 years old. The predominance of indigenous speakers (88%). The fish farmers use rectangular floating cages (97%), which have increased in number since the beginning of the activity compared to the time of the survey. The cost of feed represents 61-70% of the total cost. Although most of the tilapia harvested per cycle is destined for sale, producers reported that an average of 1.7% is for personal consumption. In addition, a large percentage (96%) follow feeding protocols. It is concluded that tilapia aquaculture production in the Papaloapan region has contributed to achieving various socioeconomic objectives of national interest in communities considered to be in extreme poverty and social straggle, such as generating self-employment that increases the income of fish farmers and the standard of living of their families. Furthermore, it has the capacity to increase the supply of highly nutritious foods such as tilapia, thus contributing to food security and the social, technological, and economic development of the state of Oaxaca and the country.

Key words –Aquaculture, tilapia, personal characteristics, production, marketing.

INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA TILAPIA DEL NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EN OAXACA, MÉXICO

Carolina Antonio Estrada¹, Iván Antonio García Montalvo²,
Alma Dolores Pérez Santiago³, Marco Antonio Sánchez Medina⁴

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Recibido: 28/10/2022 Aceptado: 15/12/2022 Publicado: 30/12/2022

Resumen.- La acuicultura, considerada como base para la seguridad alimentaria, es una actividad con grandes expectativas para el crecimiento económico y desarrollo de la región que la práctica, por lo que la contribución en investigación con la consecuente transferencia tecnológica hacia esta actividad, coadyuva para lograr los beneficios esperados. Se caracterizó físicamente la tilapia que se cultiva en el embalse de la presa Miguel de la Madrid Hurtado, además se establecieron métodos para el aturdimiento y desinfección. Se estandarizó la formulación y procedimiento para la obtención de un producto derivado, el cual se caracterizó bioquímica-nutritionalmente, se analizó bajo dos condiciones de almacenamiento y se identificó su posible aceptación a través de un estudio de mercado. Los resultados fueron adoptados por el 95 % de los acuicultores integrantes del Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca, A.C. mediante talleres de capacitación con acompañamiento técnico en campo.

Palabras Clave: Transferencia tecnológica, tilapia, acuicultura, Papaloapan.

RESEARCH, INNOVATION AND TECHNOLOGY TRANSFER FOR NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) IN OAXACA, MEXICO

Abstract.- Aquaculture, considered as the basis for food security, is an activity with great expectations for the economic growth and development of the region that practices it, so the contribution in research with the consequent technology transfer to this activity contributes to achieve the expected benefits. The tilapia grown in the reservoir of the Miguel de la Madrid Hurtado dam was physically characterized and methods for stunning and disinfection were established. The formulation and procedure for obtaining a derivative product were standardized, which was characterized biochemically and nutritionally, analyzed under two storage conditions, and its possible acceptance was identified through a market study. The results were adopted by 95% of the fish farmers who are members of the Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca, A. C., through training workshops with technical accompaniment in the field.

Keywords: Technology transfer, tilapia, aquaculture, Papaloapan.

Introducción

Hace dos décadas, por la falta de ingresos económicos, agrupaciones familiares chinantecas y mazatecas dedicadas a la agricultura, ganadería traspatio, comercio o trabajos temporales, decidieron dejar estas actividades e instalaron jaulas flotantes para la engorda de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), utilizando los embalses de las presas Miguel de la Madrid Hurtado (presa cerro de oro) y Miguel Alemán (presa de Temascal) como medio para el cultivo, lo cual ha traído, aunque lentamente desde aquel tiempo, beneficios y mejoras en la calidad de vida de ellos y sus familias. Hoy en día, la actividad acuícola que se desarrolla en la Cuenca del Papaloapan, se practica por más de 1500 acuicultores, cuya producción aporta cerca del 89 % de lo que se produce en total en el estado (1,102 toneladas/año), lo que convierte a la acuicultura en una de las actividades con gran futuro económico en la región (CONAPESCA, 2020).

Con el pasar de los años, los acuicultores han tenido que enfrentarse a diversos problemas relacionados con todos los eslabones de la cadena de valor de esta especie, dentro de los cuales podemos mencionar los volúmenes de producción reducidos (altos costos de producción y baja rentabilidad), la poca vinculación entre sectores para la validación de tecnologías, problemas sanitarios durante la engorda, entre muchos otros que se han ido resolviendo parcialmente con la experiencia de los acuicultores. Sin embargo, desde sus inicios y hasta la actualidad se han visto mayormente

¹Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico. Departamento de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Oaxaca. carolina_ibq210780@hotmail.com (**Autor correspondiente**).

²Profesor-Investigador. Departamento de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Oaxaca. snipermontalvo@gmail.com

³Profesor-Investigador. Departamento de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Oaxaca. aperez_santiago@hotmail.com

⁴Profesor-Investigador. Departamento de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Oaxaca. mmedinaito@gmail.com



COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS MZA # 12, LOTE # 14, COL. NUEVA FLORENCIA, SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA. C.P. 68380
eros_castell2@hotmail.com. Tel 01 287 87 1 05 82. Cel. 044 287 108 12 64
RFC, CES0812174L4

Tuxtepec, Oaxaca a 31 de enero del 2020.

ASUNTO: Constancia de recepción de primer reporte técnico.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio se hace **CONSTAR** que, con fecha 10 de Enero del año 2020, el grupo de trabajo integrado por: la M.C. **Carolina Antonio Estrada**, Dr. **Héctor Hugo Sánchez Hernández**, Dr. **José Antonio Yam Tzec**, Ing. **Eleazar Gutiérrez Cubillas** y Dr. **Iván Antonio García Montalvo**, ha entregado a este Comité un PRIMER REPORTE TÉCNICO: CONTEXTO GENERAL DE LA PRÁCTICA ACUÍCOLA EN EL EMBALSE DE LA PRESA MIGUEL DE LA MADRID HURTADO (CERRO DE ORO), SAN LUCAS OJITLÁN OAXACA, MÉXICO, como resultado del proyecto que tienen a su cargo: INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO PARA EL PROCESAMIENTO SEMI-INDUSTRIAL DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) Y LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DERIVADOS CON VALOR AGREGADO EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN, OAXACA, MÉXICO.

Agradeciendo la labor que realizan para el crecimiento positivo de nuestra actividad y para los fines que a ustedes convengan, se extiende la presente a los treinta y uno días del mes de enero del año dos mil veinte.

Atentamente


Biól. Erasmo Castellanos López

Presidente del Consejo Directivo

Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca A.C.



COL. PALMERAS MANZANA 12 LOTE 14,
COLOMBIA: NUEVA FLORENCIA
MUNICIPIO SAN JUAN BAUTISTA
TUXTEPEC
RFC CES0812174L4

C.c.p. Archivo



COMITÉ ESTATAL DE SISTEMA-PRODUCTO TILAPIA DE OAXACA A.C.
PALMERAS MZA # 12, LOTE # 14, COL. NUEVA FLORENCIA, SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA. C.P. 68380
eros_castell2@hotmail.com. Tel 01 287 87 1 05 82. Cel 044 287 108 12 64
RFC. CES0812174L4

Tuxtepec, Oaxaca a 28 de enero del 2022.

ASUNTO: Constancia de recepción de tercer reporte técnico.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio se hace **CONSTAR** que, con fecha 10 de enero del año 2022, el grupo de trabajo integrado por: M.C. **Carolina Antonio Estrada**, Dr. **Héctor Hugo Sánchez Hernández**, Dr. **José Antonio Yam Tzec**, Ing. **Eleazar Gutiérrez Cubillas**, M.C. **Serapio López Jiménez** y Dr. **Iván Antonio García Montalvo**, ha entregado a este Comité un **TERCER REPORTE TÉCNICO: FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE CULTIVO Y CALIDAD SANITARIA DE LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) QUE SE CULTIVA EN EL EMBALSE DE LA PRESA MIGUEL DE LA MADRID HURTADO, SAN LUCAS OJITLÁN OAXACA, MÉXICO**, como resultado del proyecto que tienen a su cargo: **INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO PARA EL PROCESAMIENTO SEMI-INDUSTRIAL DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) Y LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DERIVADOS CON VALOR AGREGADO EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN, OAXACA, MÉXICO.**

Agradeciendo el trabajo que realizan para beneficio de la actividad acuícola y para los fines que a ustedes convengan, se extiende la presente a los veintiocho días del mes de enero del año dos mil veintidos.

Atentamente

Biol. Erasmo Castellanos López

Presidente del Consejo Directivo

Comité Estatal de Sistema Producto Tilapia de Oaxaca A.C.

C.c.p. Archivo